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

**Herausgeber:** Schweizerische Astronomische Gesellschaft

**Band:** - (1959)

**Heft:** 63

**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**

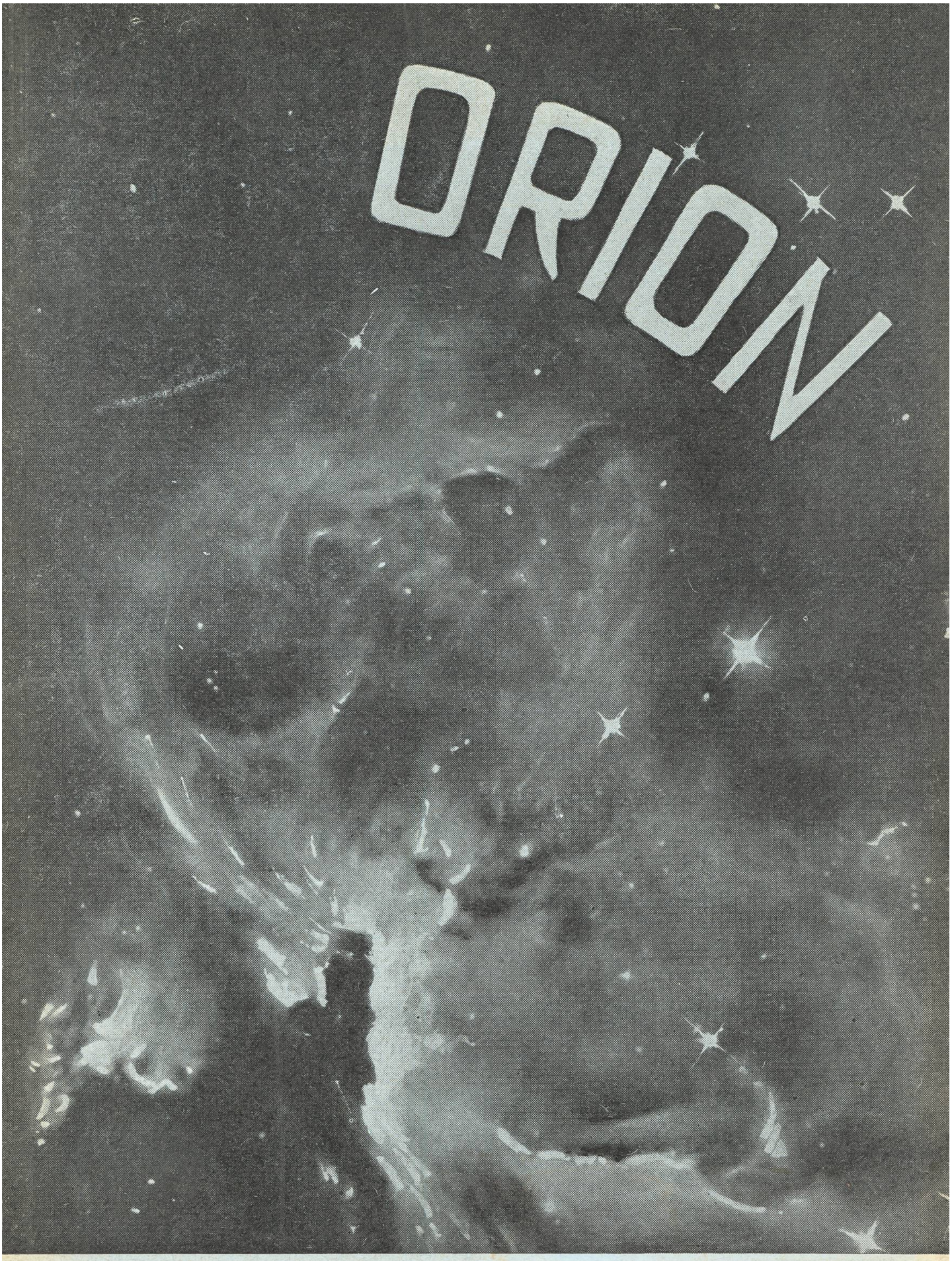
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées 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

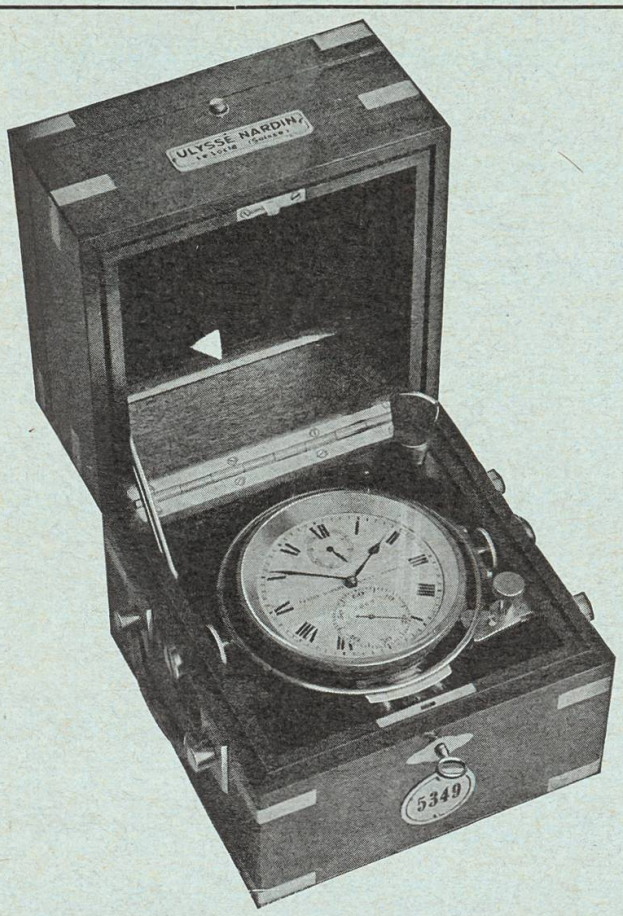
**Download PDF:** 31.08.2025

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




**Mitteilungen der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**
**Bulletin de la Société Astronomique de Suisse**
Erscheint vierteljährlich — Paraît tous les trois mois

**JANUAR — MÄRZ 1959** **No. 63**




**Manufacture des Montres et Chronomètres**

**ULYSSE NARDIN**
**LE LOCLE**

Fondée en 1846
8 Grands Prix
3884 Prix d'Observatoires

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

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.

# ORION

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

**JANUAR — MÄRZ 1959** **Nr. 63**

13. Heft von Band V — 13me fascicule du Tome V

## *A NOS LECTEURS*

Depuis l'Assemblée générale de Neuchâtel, nos membres sont au courant des difficultés financières que cause à la S.A.S. l'impression de notre bulletin « Orion ».

Une augmentation de la cotisation (de deux francs) a été décidée, mais elle ne suffira certainement pas à couvrir le déficit, et à maintenir en même temps le bulletin au niveau qu'il a atteint, avec ses 48 pages et ses nombreux clichés.

Pour ne pas régresser, ce que nous voulons éviter à tout prix, il nous fallait donc chercher un mode d'impression plus économique: l'offset, qui a réalisé d'importants progrès depuis quelques années, nous a paru convenir.

Le présent numéro est tiré par ce procédé: nous espérons qu'il satisfera nos lecteurs. Nous attirons cependant leur attention sur le fait que, dans deux ou trois numéros de transition, ils trouveront des articles imprimés au moyen de caractères différents, ce qui ne se reproduira plus par la suite.

Par la même occasion, la Commission de rédaction a été réorganisée. Elle se compose désormais du

## *AN UNSERE LESER*

Wie Sie wissen — siehe Bericht über die Generalversammlung der SAG 1958 in Neuchâtel — bereiten die hohen Druckkosten des «Orion» unserer Gesellschaft immer schwerere Sorgen.

Wohl wurde für 1959 eine Erhöhung des Mitglieder-Beitrages um Fr. 2. — beschlossen, aber dies genügt keinesfalls, um das Defizit zu decken und zugleich das erfreulich hohe Niveau zu halten, das die Zeitschrift mit ihren 48 Seiten und zahlreichen Illustrationen erreichte.

Da wir unter allen Umständen vorwärts und nicht zurück gehen wollen, suchten wir nach einem sparsameren Druck-Verfahren und fanden es im Offset-Druck, der in den letzten Jahren bedeutende technische Fortschritte erzielt hat.

Die heutige Nummer ist im neuen Verfahren gedruckt. Wir hoffen, dass sie unsere Leser befriedigt. In der Uebergangszeit (etwa 2-3 Nummern), wird ein Teil der Aufsätze in verschiedenen Schriftarten erscheinen, was sich nicht vermeiden lässt.

Bei Anlass des Uebergangs zu einem neuen Druck-Verfahren wurde die Redaktionskommission ebenfalls re-

Président de la S.A.S., qui en fait automatiquement partie, et de MM. R. A. Naef en tant que rédacteur de langue allemande, M. Marguerat, comme rédacteur de langue française, et E. Antonini, président de la Commission.

Chacun de ces membres pourra s'adjoindre les collaborateurs de son choix.

Par la création de nouvelles rubriques, par la publication d'articles toujours plus variés, nous espérons réussir à contenter chacun, ce qui n'est pas toujours facile, en raison de la diversité des goûts de nos lecteurs.

Le Comité S. A. S.
La Commission de rédaction.

organisiert. Sie setzt sich heute folgendermassen zusammen: Prof. Dr. A. Golay, als Präsident der Gesellschaft, wird automatisch Mitglied. Herr Robert A. Naef zeichnet, wie bisher, als Redaktor für den deutschen, Herr M. Marguerat für den französischen Teil, während Herr Antonini, Genf das Präsidium übernimmt. Ein jeder dieser Herren kann nach seiner Wahl geeignete Mitarbeiter heranziehen.

Durch Schaffung neuer Rubriken, durch Veröffentlichung von Aufsätzen der verschiedensten Art, hoffen wir der Lösung des schwierigen Problems näherzukommen, jedem Leser etwas zu bieten und ihn zu befriedigen.

Der Vorstand der SAG
Die Redaktionskommission.

# STERN-POPULATIONEN

Von DANIEL CHALONGE, Institut d'Astrophysique, Paris *

*Einleitung*

Die folgenden Ausführungen haben zum Ziel, die bedeutenden Fortschritte nachzuzeichnen, die unsere Kenntnisse vom Weltall im Laufe der letzten Jahre erfahren haben. Dank den grossen modernen Teleskopen und den vervollkommneten Methoden von Spektroskopie und Photometrie war es möglich, bisher unbekannte Stern-Populationen – Sternfamilien – zu entdecken, ihre Verteilung und Eigenschaften zu studieren.

Gleichzeitig haben die Erkenntnisse der Kern-Physik den Theoretikern wichtigste Grundlagen verschafft, die es erlauben, die Beobachtungstatsachen rasch zu deuten und sie im Rahmen einer Evolution zu sehen. Die Forschung erstreckt sich somit auf den Raum und auf die Zeit, auf die räumliche Verteilung der Sterne und auf ihre Entwicklung.

Dieses Bild der Welt der Sterne und der Entwicklung, die im Verlauf von einigen Milliarden Jahren zum heutigen Universum geführt hat, lässt noch viele Punkte ungeklärt; zahlreiche Verbesserungen werden noch angebracht, manches vielleicht sogar grundlegend umgestaltet werden müssen. Es stellt aber doch eine bemerkenswerte Zwischenbilanz unseres Wissens dar; bereits war es Ausgangspunkt vieler neuer Arbeiten und wird es noch weiter sein.

Auf wenigen Seiten kann freilich nur ein Ueberblick über ein so verwickeltes Problem gegeben werden. Diese Zusammenfassung unserer gegenwärtigen Ansichten über Bau und Entwicklung der Sterngruppen gründet sich auf die kürzlichen Diskussionen über diese Fragen anlässlich der Kolloquien in Rom[1], in Stockholm (1957)[2] und am Kongress der Internationalen Astronomischen Union in Moskau (1958)[3]. Die verschiedenen Entdeckungen werden hier nicht ihrer zeitlichen Reihenfolge entsprechend beschrieben.

*Die Galaxien*

Schon seit langem weiss man, dass die Sterne nicht einfach einzeln

---

*) Vortrag, gehalten an der 16. Generalversammlung der Schweiz. Astronomischen Gesellschaft in Neuchâtel am 29. Juni 1958.

im Universum zerstreut sind, sondern gewaltige Anhäufungen, die Galaxien, bilden. In gewissem Sinne sind diese die Städte im Weltall, jede Milliarden von Sternen umfassend. Ihr gegenseitiger Abstand ist von der Grössenordnung einer Million Lichtjahre, und um jede von ihnen zu durcheilen, braucht das Licht an die 100 000 Jahre.

Abbildung 1 - Grosser Andromeda-Nebel Messier 31 (NGC 224) mit den beiden elliptischen Nebeln Messier 32 (NGC 147, siehe Abbildung 3) und NGC 205. (Aufnahme Palomar, Schmidt-Kamera 48 Zoll.)

Sie haben aber bei weitem weder alle die gleichen Abmessungen noch dieselbe Zusammensetzung: die Sterne, die sie bevölkern und die in vielen vorhandenen Gas- und Staub-Wolken geben ihnen sehr verschiedenes Aussehen, das, wie wir sehen werden, mit ihrer Entwicklung im Zusammenhang steht.

Die bekannteste Form ist die Spirale, z. B. jene des grossen Andromeda-Nebels Messier 31 (Abb. 1). Sie ist auch die Form der Galaxie, der wir selbst angehören, der Milchstrasse.

In einem Spiralnebel häufen sich die Sterne vorwiegend in einer flachen kreisförmigen «Scheibe» (engl. «disc»), die den etwas dickeren «Kern» umgibt. Eingelegt in die Scheibe, symmetrisch zum Kern liegend, zeichnen sich mehr oder weniger deutlich die «Spiralarme» ab.

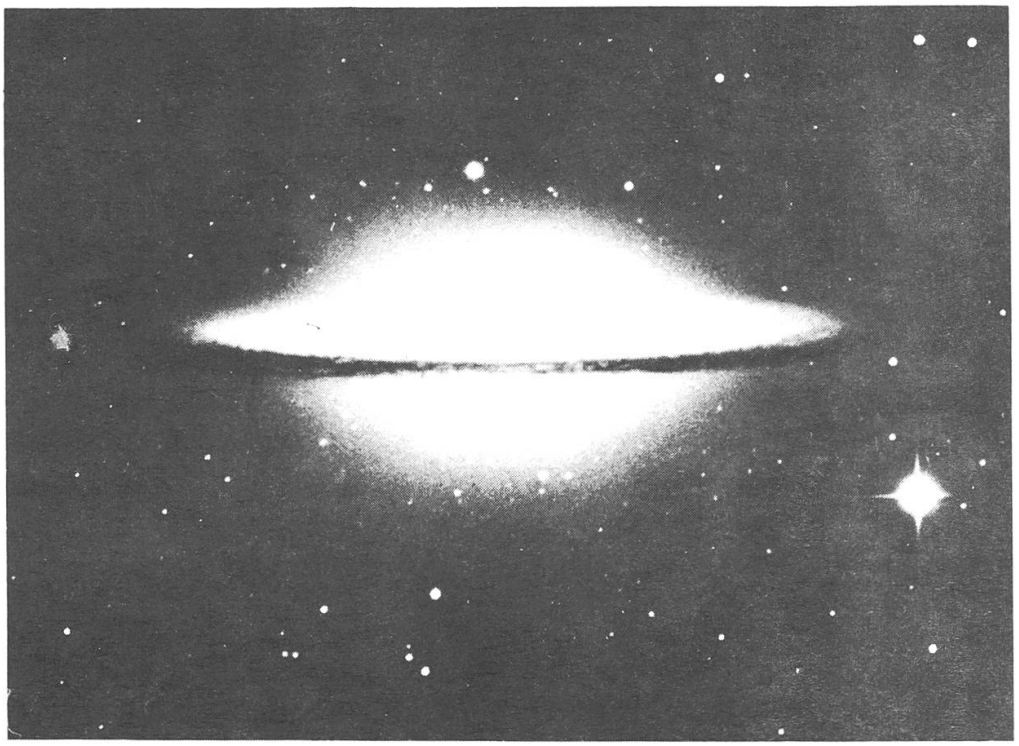


Abbildung 2 - Spiral-Nebel Messier 104 (NGC 4594) im Sternbild Jungfrau. Die einzelnen Teile dieser flach von «oben» gesehenen Galaxie sind deutlich sichtbar: der helle Kern in der Mitte, umgeben von der Scheibe, in die sich die Spiralarme (links und rechts als Knoten angedeutet) einlegen; die Spiralarme enthalten auch die interstellare Materie, die als absorbierende dunkle Masse in Erscheinung tritt; der Halo muss als dünnbesiedelte Fortsetzung des Kerns gedacht werden, die ganze Galaxie einhüllend. (Aufnahme Palomar, Hale-Reflektor.)

Die Scheibe bildet gewissermassen die Mittelebene eines ellipsoidförmigen Raumes, der viel dünner mit Sternen besetzt ist als die Scheibe selbst (Abb. 2). In diesem Gebiet, das als «Halo» (zuweilen als «Aureole») bezeichnet wird, liegen auch die Kugelsternhaufen, dichte kugelförmige Ansammlungen von Millionen von Sternen (Abb. 5). Die Kugelhaufen, von denen wir in unserer Milchstrasse rund 100 kennen, sind sehr klein im Verhältnis zum ganzen Halo.

Ausser den spiralförmigen Galaxien gibt es noch zwei weitere Hauptformen von Weltinseln:

– elliptische Galaxien (Abb. 3), die im wesentlichen die gleiche räumliche Form haben wie der Halo der Spiralnebel;

Abbildung 3 - Elliptische Galaxie Messier 32 (siehe Abb. 1), z.T. in Sterne aufgelöst. Das Fehlen von Scheibe und Spiralarmen ist augenfällig, nur der Halo ist vorhanden (Population II). (Aufnahme Palomar, Hale-Reflektor.)

– unregelmässige Galaxien, die keine Symmetrieachse aufweisen wie die Spiralen und elliptischen Galaxien. Die am südlichen Himmel sichtbaren Magellanschen Wolken sind Beispiele solcher unregelmässiger Zwerg-Galaxien.

*Erforschung unserer Milchstrasse in der Sonnenumgebung*
*Die Population I*

Die Erforschung der Sternwelt hat naturgemäss mit der Untersuchung der scheinbar hellsten Sterne begonnen. Diese bevölkern die nächste Sonnenumgebung und sind ein winziges Muster der galaktischen Scheibe. Seit langem bilden diese Sterne Gegenstand unzähliger Untersuchungen, und wir kennen ihre Eigenschaften ziemlich gut. Sie sind klassifiziert nach «Spektraltypen», gemäss dem Aussehen ihres Spektrums, und nach «Helligkeits-Klassen», je nach ihrer Leuchtkraft, der sog. absoluten Helligkeit. Diese beiden Eigenschaften ermöglichen ihre Einordnung in eine zweidimensionale Klassifikation. Die Einfachheit derselben lässt eine gewisse Einheitlichkeit im Aufbau der Sterne dieser Auswahl vermuten, obschon die einzelnen Vertreter recht unterschiedliche Eigenschaften haben. Tatsächlich zeigt die sorgfältige Analyse ihrer Spektren eine sehr konstante chemische Zusammensetzung.

Oft sind diese Sterne im Raum in, nach Form und Grösse sehr verschiedenen, Haufen gruppiert, wie z. B. die Pleiaden, oder in Gesellschaften, Assoziationen, wie jene der Orion-Sterne, die in der Regel von leuchtenden oder dunklen Wolken, den Gas- oder Staub-Nebeln, umgeben sind *.

Diese sog. offenen Haufen und die Stern-Assoziationen unterscheiden sich hinsichtlich ihres Aussehens und ihrer Zusammensetzung wesentlich von den Kugelhaufen im Halo: ihre Form ist unregelmässig, und sie enthalten viel weniger Sterne als die Kugelhaufen. Die hellsten bekannten Sterne in ihnen gehören zu den Typen, die man mit den Buchstaben O und B bezeichnet. Es sind blaue Ueberriesen. Mit kleiner werdender Helligkeit folgen dann die Typen A (weiss), F, G (gelb), K, M (rot) u.s.w. Jeder Farbe, d. h. jedem Typ, ist ziemlich eindeutig eine Leuchtkraft zugeordnet. So entsteht das sog. Farben-Helligkeits-Diagramm (oder Hertzsprung-Russell-Diagramm, Abb. 4), in welchem jedem Stern ein Punkt genau über seiner Farbe auf der Höhe seiner

*) Die Entdeckung dieser Assoziationen und die Feststellung der Bedeutung ihrer Eigenschaften ist V. AMBARZUMIAN und seinen Schülern zuzuschreiben.

Leuchtkraft zugeordnet ist. Beide Grössen, Farbe und Leuchtkraft, werden heute hauptsächlich photoelektrisch, mit sehr empfindlichen Elektronen-Vervielfachern, bestimmt.

Die untersuchten Sterne lassen sich durch Punkte in den schraffierten Gebieten der Abb. 4 wiedergeben. Die meisten von ihnen liegen im Streifen A-B-C-D, der sogenannten Hauptreihe. Man erkennt leicht links oben die hellsten blauen Ueberriesen, daran anschliessend die weissen und gelben Sterne und rechts unten am Ende der Hauptreihe die leucht-

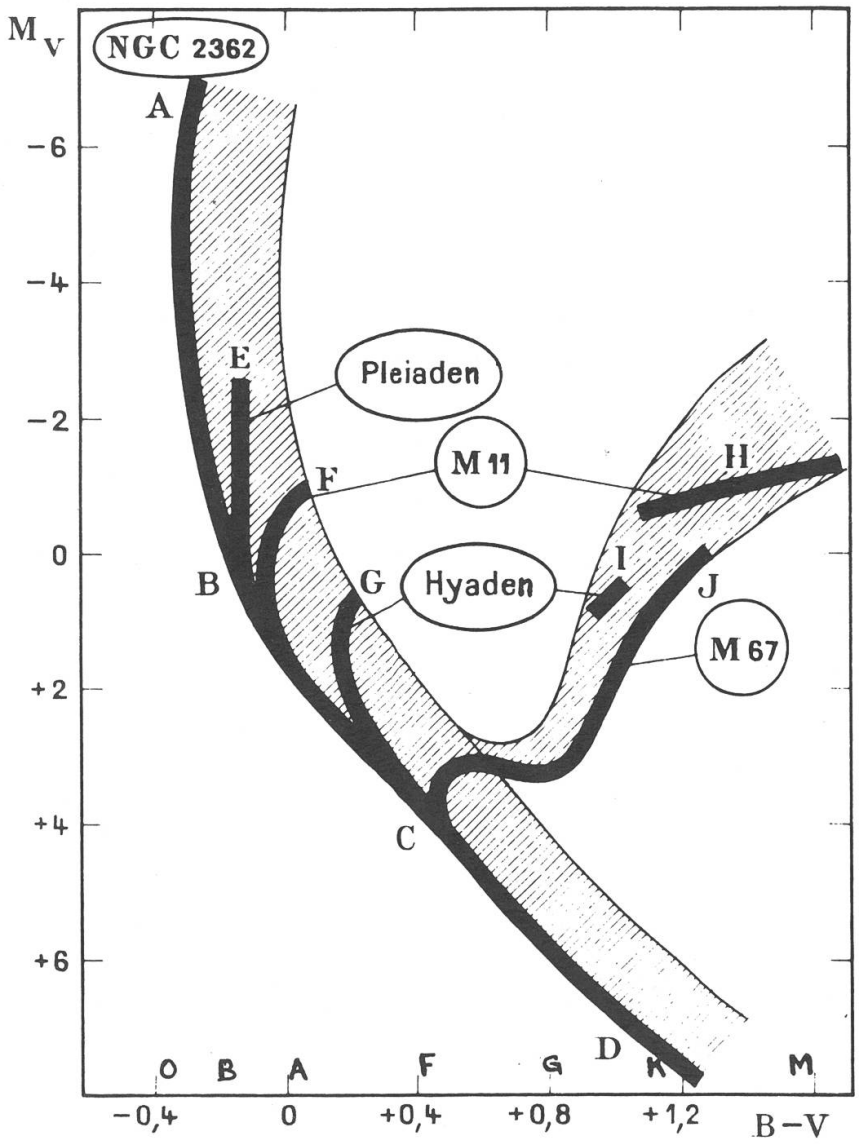



Abbildung 4 - Farben-Helligkeits-Diagramm für Population I. Die Häufungsstellen für Sterne verschiedener offener Haufen sind stark ausgezeichnet. B-V bedeutet die Farbe (Unterschied der Helligkeit in zwei Farben), links weiss-blau, rechts rot; darüber sind die ungefähr entsprechenden Spektraltypen (O, B, A, F, G, K, M) angegeben. (Nach SANDAGE.)

schwachen roten Zwergsterne. Es gibt ausserdem noch gelbe und rote Sterne, die heller sind als die Vertreter gleicher Farbe der Hauptreihe; sie bilden den zweiten, horizontal liegenden Streifen im Farben-Helligkeits-Diagramm: man nennt sie gelbe oder rote Riesen (die roten heller als die gelben), sie bilden den sogenannten Riesen-Ast.

In Abbildung 4 sind die Gebiete in der Hauptreihe und im Riesen-Ast, die von den Sternen offener Haufen besetzt sind, besonders hervorgehoben: der Haufen NGC 2362 (wie auch die nicht dargestellten Gesellschaften von NGC 2264, Orion I, u. a.) besitzt blaue Leuchtriesen vom Typ O und B; die Pleiaden enthalten noch blaue Sterne vom Typ B, aber 50- bis 60-mal lichtschwächer als jene von NGC 2362; in den Hyaden ist Typ B nicht vorhanden, die hellsten Sterne sind vom Typ A, also rund 10-mal weniger hell; die hellsten Vertreter schliesslich vom Haufen M 67 (Hauptreihe) sind gelbe Sterne vom Typ F, also noch 20-mal schwächer, den Typ A gibt es hier nicht mehr. Hingegen ist der Riesen-Ast bei M 67 mehr entwickelt als bei den Hyaden.

Unter sich sind also die offenen Haufen recht verschieden. Mit der Erklärung dieser Unterschiede werden wir uns später befassen.

Ausser den eben betrachteten Sternen verhältnismässig konstanter Leuchtkraft finden sich in der nächsten Sonnenumgebung auch sog. Veränderliche, deren Helligkeit mehr oder weniger regelmässig und mehr oder weniger stark schwankt. Die hellsten unter ihnen gehören zur Klasse der « Cepheiden ».

Erwähnen wir sogleich, dass die eben in grossen Zügen beschriebene Stern-Bevölkerung eine Gesamtheit bildet, die im Weltall häufig anzutreffen ist; BAADE hat ihr den Namen «Population I» gegeben. Die ihr angehörenden Sterne konstanter Leuchtkraft sind gekennzeichnet durch das Farben-Helligkeits-Diagramm der Abbildung 4.

Als hellste Objekte der Population I kennen wir die blauen Ueberriesen, die Cepheiden und die Nebel; sie alle beschreiben nahe der Mittelebene der Scheibe fast kreisförmige Bahnen um das Milchstrassen-Zentrum.

*Erforschung des Halo unserer Milchstrasse*
*Die Population II*

Schon seit längerer Zeit können noch andere Mitglieder unserer Milchstrasse, wenigstens teilweise, untersucht werden. Es sind die uns am nächsten liegenden Kugelsternhaufen im Halo unserer Galaxie.

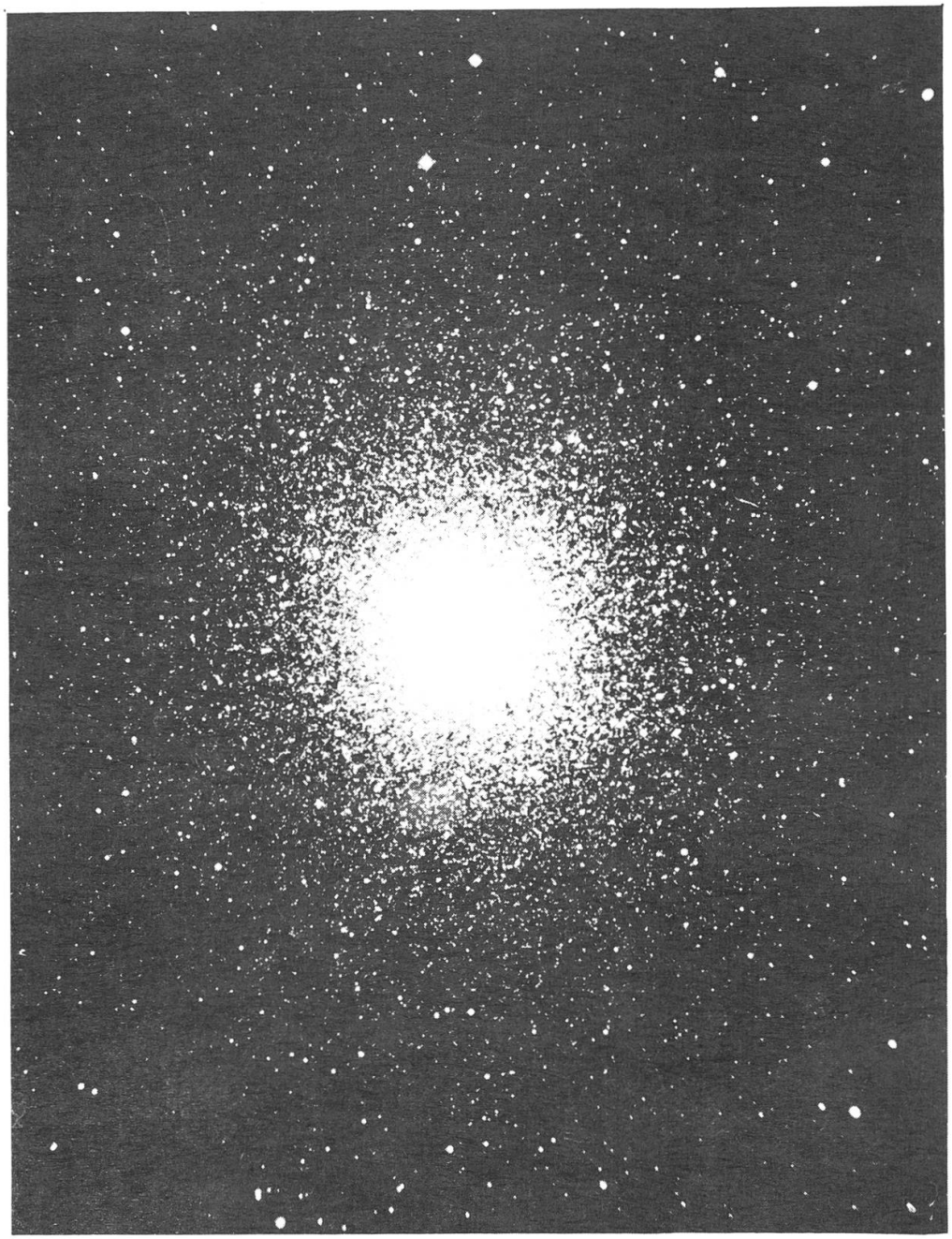


Abbildung 5 - Kugelsternhaufen Messier 13 im Sternbild Herkules, ähnlich dem im Text erwähnten Haufen M 3. (Aufnahme Palomar, Hale-Reflektor.)

Sehr bald erkannte man, dass die Farben-Helligkeits-Diagramme der Kugelhaufen unter sich wohl nahezu gleich sind, sich aber von jenem der Sterne der Sonnenumgebung in der Scheibe unterscheiden. Abbildung 6 gibt ein solches Diagramm wieder, nämlich des von SANDAGE untersuchten Kugelhaufens Messier 3. Die Aehnlichkeit mit jenem von Messier 67 ist augenfällig, enthalten doch beide weder blaue noch

weisse Sterne. Hingegen sind die roten Riesen in M 3 sehr viel heller als jene von M 67; aber immer noch sind diese hellsten Sterne rund 100-mal lichtschwächer als die blauen Uebergiganten von Population I.

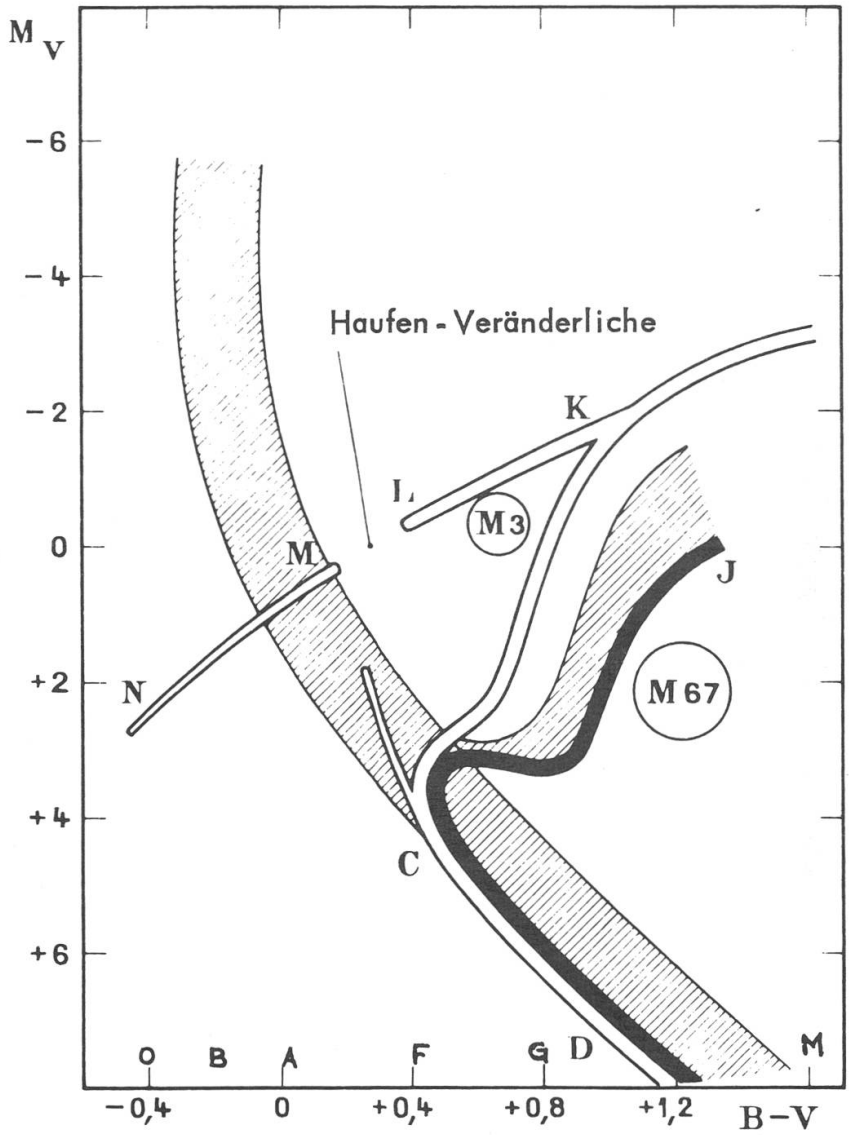



Abbildung 6 - Farben-Helligkeits-Diagramm für den offenen Haufen M 67 (Population I, schwarz ausgezogen) und den Kugelhaufen M 3 (Population II, weisses Gebiet D - C - K - L - M - N). Koordinaten wie Abb. 4. (Nach SANDAGE.)

Ferner enthalten die Kugelhaufen eine besondere Sorte kurzperiodischer veränderlicher Sterne, die sog. Haufen-Veränderlichen, die in offenen Sternhaufen nicht vorkommen.

Auch spektroskopisch bestätigt sich der Unterschied zwischen den Sternen der Kugelhaufen und jenen der Population I, obschon die Spektren der ersteren, ihrer bescheidenen Leuchtkraft und grossen Distanz wegen, nur sehr schwer aufzunehmen sind. Die Spektren der Kugelhaufen-Sterne sind so verschieden von jenen der Population I, dass die vorher besprochene zweidimensionale Klassifikation (Farben-Helligkeits-Diagramm) für sie nicht mehr genügt. Die chemische Zusammensetzung der Haufensterne unterscheidet sich wesentlich von jener der Population I; vor allem ist der Anteil der Metalle am Aufbau der Kugelhaufen sehr viel kleiner (schwache Metall-Linien) als an der Population I.

Wenden wir uns schliesslich noch den im Halo spärlich verteilten Einzelsternen zu. Einige von ihnen nähern sich der Sonne genügend, dass eine spektroskopische Untersuchung möglich ist. Sie sind gekennzeichnet durch ihre gegenüber den andern Sternen scheinbar sehr grosse Geschwindigkeit und durch die starke Elliptizität ihrer Bahnen, die überdies gegen die Milchstrassenebene stark geneigt sind. Dies ist auch ein Hauptmerkmal ihrer Zugehörigkeit zum Halo; sie durchqueren die Scheibe auf ihrem Umlauf nur kurz, während die Bahnen der Mitglieder von Population I ganz in der Milchstrassenebene liegen. Zu diesen Halo-Sternen gehören solche unveränderlicher Leuchtkraft, wie die normalen Unterzwerge und die sehr blauen Unterzwerge von ZWICKY und HUMASON, sowie kurzperiodische Veränderliche vom Typ RR Lyrae. Ihre Spektren unterscheiden sich ebenfalls von jenen der Population I und können in der zweidimensionalen Klassifikation keinen Platz finden. Ihre Metall-Linien sind schwach und deuten, wie bei den Kugelhaufen, auf einen kleinen Metall-Anteil hin.

So erweist sich also die Bevölkerung des Halo (Mitglieder der Kugelhaufen und isolierte Sterne) als von ziemlich einheitlicher Natur, aber von der Population I sehr verschieden. Die hellsten Halo-Sterne, die roten Riesen der Kugelhaufen, sind grössenordnungsgemäss 100-mal lichtschwächer als die blauen Uebergiganten der Population I. Zum grossen Teil rühren diese Abweichungen von der unterschiedlichen chemischen Zusammensetzung her. Gegenüber der Population I weist die Halo-Population einen viel geringeren Metall-Anteil auf (verglichen mit dem Wasserstoff-Anteil); BAADE nennt sie «Population II».

Im folgenden werden wir sehen, dass diese Population II eine sehr weite Verbreitung hat.

*Erforschung der andern Galaxien*

Mit Hilfe der modernen grossen Teleskope wurde auch das Studium benachbarter Galaxien möglich. Dieses hat sich als äusserst fruchtbar erwiesen, da es leichter ist, die Struktur einer Milchstrasse von aussen zu erkennen als die unserer eigenen, die wir immer nur von innen sehen.

HUBBLE gelang 1925 mit dem 100-Zoll-Teleskop von Mount Wilson die Auflösung der Spiralarme des grossen Andromeda-Nebels M 31. Er fand darin blaue Supergiganten, Cepheiden-Veränderliche, Sternhaufen und Nebelwolken, alles für die Population I (z.B. Sonnenumgebung) charakteristische Objekte, was uns vermuten lässt, dass wir selbst in einem Spiralarm unserer eigenen Milchstrasse sitzen.

Die andern Teile von M 31 konnten hingegen erst 1944, (durch BAADE) aufgelöst und darin die roten Riesen, als Charakteristikum der Population II, festgestellt werden. Die roten Riesen, 100-fach lichtschwächer als die blauen Ueberriesen, erforderten sehr lange Belichtungszeiten. Um das Verschleiern der Platten, durch das Leuchten der höchsten Atmosphärenschichten, zu vermeiden, verwendete BAADE eine Kombination von rotempfindlichen Emulsionen und von Rot-Filtern, welche das störende Licht fernhalten. Die roten Riesen erschienen auf den Photographien in der ganzen Ausdehnung der Mittelebene, der Scheibe, des Andromeda-Nebels, also nicht nur im Kern, sondern auch in den Zwischenräumen zwischen den Spiralarmen, ja sogar bis in 2° Entfernung vom Zentrum längs der grossen Achse.

Diese roten Riesensterne der Population II tragen aber nur einen kleinen Teil bei zum Licht, das von der Scheibe (mit Ausnahme der Spiralarme) stammt. Die Gesamtstrahlung der Scheibe, d.h. das von den unzähligen und einzeln nicht sichtbaren Sternen stammende Licht, zeigt nach neuen Untersuchungen von MORGAN, dass diese Sterne hauptsächlich den Spektraltypen F und G (Population I) angehören, also den hellsten Sternen entsprechen, die wir im offenen Haufen M 67 angetroffen haben. Die Scheibe ausserhalb der Spiralarme stellt somit ein Gemisch dar von Riesen der Population II und sehr zahlreichen Sternen der Population I.

Diese Beobachtung, gestützt durch eine Reihe anderer, hat dazu geführt, die Population I in «extreme Population I» der Spiralarme (blaue Ueberriesen, Cepheiden, ...) und in «Scheiben-Population» (z.B. hellste Sterne von M 67), über die ganze Scheibe verbreitet,

aufzuteilen * .

Es scheint immerhin, dass die Populationen I und II in den Zentralteilen der Scheiben verschiedener Spiralnebel unterschiedlich vertreten sind. So besteht der Kern unserer eigenen Milchstrasse mehrheitlich aus Population II, im Gegensatz zu Messier 31.

Gleichzeitig mit M 31 gelang BAADE auch die Auflösung der beiden benachbarten Galaxien Messier 32 (NGC 147, Abb. 3) und NGC 205. Beide scheinen ganz von Population II erfüllt zu sein, wie die elliptischen Galaxien in Sculptor und Fornax, beide von HUBBLE und BAADE einige Jahre früher aufgelöst. Bis jetzt hat keine weitere Untersuchung in den elliptischen Systemen das Vorhandensein von Population I nachgewiesen; diese beschränken sich also anscheinend auf den Halo der Spiralnebel.

Die unregelmässigen Galaxien, die Magellanschen Wolken z. B., bestehen aus vorwiegender Population I, durchsetzt von spärlicher Population II, die aber nicht sehr leicht erkannt werden kann.

*Der interstellare Wasserstoff*

Ausser Sternen begegnet man in den Milchstrassen noch den Nebeln, mehr oder weniger ausgedehnten und mehr oder weniger dichten Wolken von interstellarem Staub und Gas, am häufigsten Wasserstoff.

Die modernen Methoden der Radio-Astronomie eignen sich ausgezeichnet für die qualitative und quantitative Untersuchung dieser Wasserstoff-Wolken, die ihr Vorhandensein durch eine Radio-Strahlung von 21 cm Wellenlänge verraten. Diese Wolken kommen nachweisbar nur mit der Population I zusammen vor; insbesondere variiert ihre Mächtigkeit im gleichen Sinne wie jene der extremen Population I. So kommt es, dass ein beträchtlicher Anteil der Masse einer unregelmässigen Galaxie (ausgeprägte extreme Population I) durch diese Wasserstoff-Wolken geliefert wird, während in den gewöhnlichen Spiralnebeln (kleine Population I) dieser Anteil, lokalisiert in den Spiralarmen, kaum einige Prozent ausmacht. Die elliptischen Nebel, ohne Population I, enthalten praktisch auch keine Wasserstoff-Regionen.

---

*) Die Wahl dieser letzten Bezeichnung ist vielleicht nicht sehr glücklich: auch die extreme Population I gehört zum Bestand der Scheibe, allerdings nur zu einem Teil, den Spiralarmen, während die Scheiben-Population die ganze Scheibe, nicht nur die Spiralarme, überzieht.
Weitere Untersuchungen haben übrigens OORT zum Vorschlag einer noch feineren Unterteilung geführt. Auf die Notwendigkeit einer solchen haben unabhängig voneinander F. ZWICKY und russische Astronomen bereits vor einigen Jahren hingewiesen. Wir gehen aber hier nicht auf diese Einzelheiten ein.

Die Menge der Staub-Wolken schwankt mit jener des interstellaren Wasserstoffs.

In unserer eigenen Milchstrasse haben MORGAN und holländische Radio-Astronomen das Vorhandensein mehrerer Spiralarme mit den für die reine Population I charakteristischen blauen Riesensonnen und den Wasserstoff-Wolken nachgewiesen. Das bestätigt die Meinung, dass unsere Milchstrasse in die Kategorie der Spiralnebel gehört. In den Spiralarmen liegen auch die galaktischen Nebel. Im Gegensatz dazu sind Halo und Kugelsternhaufen frei sowohl von Wasserstoff-Wolken als auch von interstellarer Materie (reine Population II).

*Alter der Stern-Populationen*

Alle diese Feststellungen lassen uns vermuten, dass die beiden Stern-Populationen verschiedenes Alter haben. Tatsächlich enthält ja Population I blaue Riesensterne, die so verschwenderisch strahlen, dass ihr Energievorrat sehr schnell aufgebraucht wird; sie müssen deshalb rasch altern und dann in einen Zustand geringerer Leuchtkraft übergehen. Das setzt aber voraus, dass diese sterbenden Ueberriesen fortwährend durch neue ersetzt werden, die sich aus der hier vorhandenen interstellaren Materie heraus bilden.

Die Population I, vor allem aber die extreme Population I, muss deshalb jung sein und aus der interstellaren Materie stammen.

Im Halo, in den Kugelhaufen und in den elliptischen Nebeln, die keine interstellare Materie enthalten, hat die Neubildung von Sternen seit langem aufgehört, was den Gedanken nahelegt, die Population II sei bedeutend älter als die Population I.

Die Scheiben-Population, mit den leuchtschwächeren Sternen von Population I und den Riesen von Population II, würde einem Zwischenstadium entsprechen.

Diese allgemeinen und ein wenig gewagten Schlüsse, die allein aus der astronomischen Beobachtung gezogen sind, wurden durch die Theorie bestätigt, welche u. a. auch die Kern-Physik zu Hilfe nimmt *. Die Theorie weist nach, dass die offenen Haufen, denen man längs der Hauptreihe von Abbildung 4 begegnet, sehr jung im oberen und älter im unteren Teil sind. Ihr Alter wäre rund eine Million Jahre für NGC 2362,

*) Diese Theorie ist hauptsächlich durch M. SCHWARZSCHILD und HOYLE entwickelt worden.

20 Millionen Jahre für die Pleiaden und 200 Millionen für die Hyaden, bis zu 5 oder 6 Milliarden Jahre für M 67, den ältesten offenen Haufen, den wir heute kennen.

Fünf bis sechs Milliarden Jahre wäre auch das Alter der Kugelsternhaufen und der Grössenordnung nach jenes der Sterne von Population II.

Obschon die Theorie die Sternentwicklung noch nicht sehr weit zu verfolgen vermag, scheint es, dass die weissen Zwerge einen äussersten Zustand des Sterndaseins darstellen, und dass die Mehrzahl der Sterne diesem zustrebt (die weissen Zwerge befinden sich in Abbildungen 4 und 6 im linken untern Teil). Es versteht sich von selbst, dass die weissen Zwerge der Population II zuzuordnen sind.

Die vorangegangenen Ueberlegungen machen uns die Unterschiede zwischen den Populationen I und II verständlich. Es sind Verschiedenheiten der Zusammensetzung und der Verteilung. Sie zeigen auch, dass die beiden Populationen sich in der Scheibe der Spiralnebel treffen, dort, wo Vertreter vergleichbaren Alters beider Populationen vorkommen.

*Entwicklung der verschiedenen Galaxien*
*Noch ungelöste Probleme*

Viele Fragen sind noch ohne Antwort. Die verschiedenen Milchstrassen-Typen, unregelmässige Galaxien, Spiral- und elliptische Nebel, enthalten alle in mehr oder weniger grosser Zahl Vertreter der Population II. Man kann deshalb annehmen, dass in allen die Bildung von Sternen fast gleichzeitig begonnen haben muss. Warum aber erfolgte dieser Vorgang in den erstgenannten Systemen, mit dünner Population II (also alten Sternen) so langsam, und warum war sie so schnell in den letztgenannten, mit reicher, ja ausschliesslicher Population II ?

Wie soll man andererseits die unterschiedliche chemische Zusammensetzung der Populationen I und II erklären, wenn sich eine Reihe ihrer Mitglieder vor fünf oder sechs Milliarden Jahren gleichzeitig gebildet haben sollen ?

Eine etwas genauere Abschätzung dieses Alters von fünf oder sechs Milliarden Jahren wird sicher erlauben, auch die weiter oben genannten Altersangaben zu verbessern. Wenn z. B. die alten Sterne der Population I (Typen F und G des Haufens M 67) eine Milliarde Jahre jünger sind als jene der Population II, würde man auch verstehen, dass die chemische Zusammensetzung der interstellaren Materie sich in dieser

Zeit verändert haben kann. Die Zunahme ihres Metall-Gehaltes könnte durch die Materie bewirkt werden, die von den Sternen in gewissen Entwicklungs-Stadien ausgestrahlt wird*.

*Ausblick auf zukünftige Forschungen*

Das Studium von Sternhaufen und Galaxien als Ganzes allein genügt nicht, diese und zahlreiche weitere Fragen einer Klärung näher zu bringen. Auch die Untersuchung der sie bildenden Einzelsterne muss weitergetrieben werden. Es wäre u. a. wünschenswert, zu einer Klassifikation zu gelangen, die eine Einordnung aller Stern-Typen gestattet; wir haben ja gesehen, dass die Sterne der Population II nicht mit jenen der Population I zusammen in einer zweidimensionalen Klassifikation dargestellt werden können.

Im Farben-Helligkeits-Diagramm (Abb. 6) erkennt man, dass die beiden Populationen (I vertreten durch M 67 und II durch M 3) wohl einen gemeinsamen Teil haben (unterer Abschnitt der Hauptreihe). Ein und derselbe Punkt des Diagrammes kann somit zwei grundverschiedene Sterne repräsentieren, was deutlich die Unvollkommenheit einer solchen Darstellung aufzeigt. Mindestens ein weiterer Parameter ist erforderlich, um diese Sterne ihren Eigenschaften gemäss einzuordnen.

Am Institut d'Astrophysique in Paris wird z. Zt. der Versuch einer Klassifikation mit Hilfe von drei quantitativen und eindeutigen Parametern unternommen**. Bereits ist es möglich, in diesem System nicht nur die Sterne der Population I, sondern auch eine grosse Zahl aus der Population II einzuordnen. Diese Weise der Darstellung, die noch grosser Vervollkommnung bedarf, wird zweifellos das Gemeinsame und die Unterschiede der Stern-Typen klarstellen und uns erlauben, ihre Evolution in der Zeit besser verfolgen zu können[4].

In den vorstehenden Ausführungen wurde auf die veränderlichen Sterne nur hingewiesen, ohne auf die fundamentale Bedeutung ihres Studiums im Zusammenhang mit der Stern-Entwicklung einzugehen. Unerwähnt sind auch jene Sterne geblieben, die so jung sind, dass in ihnen die Energiequellen der Kern-Reaktionen noch nicht erschlossen sind. Unter diesen befinden sich die Veränderlichen vom Typ T Tauri, deren eingehende Untersuchung sich als bedeutungsvoll erweist (sie bilden bereits Forschungsgegenstand der russischen Schule).

*Diese Emission von Materie spielt in der Stern-Entwicklung eine grosse Rolle. In zahlreichen Arbeiten wird versucht, ihren Mechanismus zu ergründen und ihre Bedeutung klarzustellen (A.G. MASEVICH, O. STRUVE u. a.).

** Ueber diese Klassifikation wird in einem nächsten Artikel berichtet.

Gehen wir noch weiter zurück, kommen wir, vor den Sternen, zur interstellaren Materie, aus der sie sich bilden. Deren Eigenschaften sind noch kaum bekannt; nicht nur über ihre Zusammensetzung, auch über ihre Gleichförmigkeit, besteht Unklarheit. L. DIVAN hat Beobachtungstatsachen zusammengetragen, die alle auf einförmige Eigenschaften in allen Richtungen hindeuten[5].

Wie sollen diese positiven Feststellungen mit den Unterschieden im Aufbau der beiden Populationen vereinbart werden? Das kaum begonnene Studium der interstellaren Materie muss mit allen Kräften gefördert werden, wie auch das der Wechselwirkungen der Sterne mit ihrer interstellaren Umgebung, vor allem der Materie-Emission, die eine langsame Veränderung der chemischen Zusammensetzung der interstellaren Materie erklären könnte.

---

Dieser summarische und unvollständige Ueberblick über unsere Kenntnisse vom Bau und von der Entwicklung des Weltalls führt uns das Ausmass des bereits Erreichten vor Augen; im gleichen Zuge ermessen wir, wie unvollkommen das vorläufige Gebäude unseres Wissens noch ist, wie viele seiner Teile noch gebrechlich sind und grosse Anstrengungen verlangen, um gefestigt oder gar umgebaut zu werden.

Die unaufhörliche Vervollkommnung der Technik und der Ausbau der internationalen Zusammenarbeit weisen bereits auf neue, rasche und wesentliche Fortschritte hin.

## LITERATURVERZEICHNIS


1) Ricerche Astronomiche, Vol. 5, Stellar Populations, Specola Vaticana, 1958.
2) Report on the Second I.A.U. Conference on Coordination of Galactic Research, Saltsjöbaden 1957.
3) Colloque sur le diagramme Hertzsprung-Russell, Xème Congrès de l'U.A.I. Moscou 1958.
4) D. CHALONGE, Astronomitscheskii Journal, XXXIII, 1956, 456.
5) L. DIVAN, Ann. d'Astrophys., 17, 1954, 456.

Als wertvolle Hilfe beim Studium dieses Artikels erweisen sich:

STUMPFF, Astronomie, Fischer-Lexikon, 4, 1957 (s. «Orion» 60, 422).

STEINLIN, Sternphotometrie, «Orion» 55, 189; Hertzsprung-Russell-Diagramm, «Orion» 59, 361.

R.A. NAEF, Auslese lohnender Objekte (Jahrbuch «Der Sternenhimmel»).


Uebersetzung von F. EGGER

Die Photographien wurden vom Bilderdienst der SAG zur Verfügung gestellt.

# CLASSIFICATIONS STELLAIRES

par F. RUFENER, assistant à l'Observatoire de Genève

## I. INTRODUCTION

L'observation systématique des astres peuplant l'univers conduit naturellement à faire des comparaisons et à rechercher des systèmes de classifications suffisamment fins pour qu'ils puissent tenir compte de toutes les différences observées.

Ces classifications sont nécessaires car elles suscitent et orientent des recherches qui contribuent au perfectionnement de celles-ci et au développement de nos connaissances des diverses populations stellaires.

Le terme de population est employé à dessein car il évoque les mystères que cherchent à élucider les ethnologues : origine des races humaines, formation et évolution des caractères de ces races, à travers l'observation d'individus vivants.

La totalité des renseignements que nous pouvons obtenir sur la nature de l'univers est contenue dans la lumière que notre œil ou nos instruments peuvent capter.

Parmi les caractères de la lumière stellaire directement accessibles on peut relever :

1) sa direction
2) son éclat
3) sa couleur (structure et composition)

Le premier caractère avait conduit les Anciens à une classification par figure ou constellation. L'étude systématique des positions stellaires a permis l'établissement de catalogues. Actuellement ce premier caractère fournit des renseignements sur les mouvements propres des étoiles et contribue ainsi à établir une dynamique des ensembles stellaires et une classification de ceux-ci.

Les deux autres caractères contiennent les messages relatifs à la nature des étoiles.

Les Anciens ont utilisé l'éclat apparent d'une étoile pour l'attribuer à une des six classes de grandeur qu'ils avaient arbitrairement définies.

Avec les études photométriques, on a abandonné ce classement discontinu au profit de la notion de magnitude qui permet un classement, selon une échelle continue et relative, des étoiles en fonction de leur éclat apparent.

Si $E_0$ est une étoile d'éclat apparent $e_0$ et qu'on lui attribue une magnitude arbitraire $m_0$, toute étoile E d'éclat apparent e aura une magnitude

$$m = m_0 + 2{,}5 \log \frac{e_0}{e}$$

On obtient ainsi un classement qui augmentera de finesse en même temps que la précision des mesures d'éclat.

Il est à remarquer qu'on peut obtenir plusieurs échelles de magnitude suivant la définition expérimentale que l'on donne de l'éclat.

Les premières évaluations de distance stellaire ont introduit la distinction entre éclat apparent et éclat absolu d'une étoile. On obtient la magnitude absolue d'une étoile en calculant ce que deviendrait sa magnitude apparente si l'on plaçait l'étoile à 10 parsecs ou 32,6 années lumière, ou $30{,}84.10^{12}$ km.

On utilise pour cela la relation bien connue

$$M = m + 5 - 5 \log r$$

M = magnitude absolue ; m = magnitude apparente ;
r = distance en parsec.

Nous avons ainsi la possibilité de classer les étoiles proches suivant le critère de la luminosité intrinsèque de celles-ci. Nous retrouverons cet élément de classement et les problèmes qu'il pose.

Quant au dernier caractère, la couleur de l'étoile, il fut longtemps négligé ; maintenant on peut le considérer comme le plus important. La possibilité d'analyser la lumière et de fixer son spectre sur une plaque photographique a déterminé cette prépondérance.

Nous allons examiner dans la suite l'évolution des classifications utilisant la composition de la lumière reçue comme moyen de différenciation. Nous laisserons de côté la détermination spectroscopique des vitesses radiales, complément des mouvements propres pour l'étude cinématique et dynamique des ensembles stellaires.

## II. LES PREMIERES CLASSIFICATIONS SPECTRALES

Le premier essai systématique de classification spectrale fut

l'œuvre du père Secchi qui dès 1868 proposait 4 groupes principaux :

1) les étoiles bleues et blanches dont le spectre fait apparaître quatre raies sombres (raies de l'hydrogène).
2) les étoiles jaunes dont le spectre ressemble à celui du soleil.
3-4) deux groupes d'étoiles rouges présentant dans leur spectre de nombreuses bandes d'absorption plus ou moins larges.

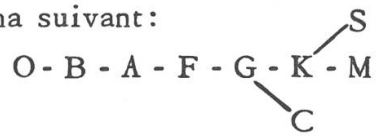
Vogel en 1874 reconnut que le paramètre fondamental de cette classification était une température décroissante.

Les progrès de la spectroscopie stellaire mirent en évidence de nombreux types de spectres ; d'autre part, les travaux de laboratoire permirent d'identifier certaines raies spectrales et de les attribuer à différents éléments chimiques.

L'étape suivante fut l'établissement de la classification de Harvard utilisée pour dresser le catalogue Henry Draper (HD) qui contient près de 300 000 étoiles. Cette œuvre considérable a été capitale pour l'astrophysique. Il faut y associer E. C. Pikering, Mrs Fleming, Miss Maury, Miss Cannon. Nous allons succinctement indiquer les classes et critères de classification adoptés par les astronomes de Harvard. Si l'on désire plus de détails, se référer au début du catalogue HD.

La classification de Harvard est à un seul paramètre, c'est une fonction directe de la température. Chaque spectre est caractérisé par une seule lettre de la séquence principale O-M (des plus chaudes aux plus froides) à laquelle se rattachent deux branches parallèles, les étoiles C et les étoiles S. Pour affiner la classification on a introduit une subdivision décimale des types principaux. Une sous-classe se représente par un indice.

On arrive au schéma suivant :




Donnons une description sommaire des classes principales.

O : Etoile à hélium ionisé. Tous les atomes sont fortement ionisés ; les raies apparaissent en absorption. Température de l'ordre de 35 000° K. Etoile type 6 C Ma.

B : Etoile à hélium neutre. La raie du calcium 2 fois ionisé passe par son maximum d'intensité. Température ~ 25 000° K. Etoile type ε Ori.

A : Etoile à hydrogène : les raies de la série de Balmer de l'hydrogène passent par leur maximum. Température ~ 11 000° K. Etoile type α C Ma.

F : Etoile à hydrogène et raies métalliques. De nombreuses raies métalliques apparaissent entre les raies d'H encore très intenses. Température ~ 7500° K. Etoiles types $\delta$ Gem et $\alpha$ Car.

G : Etoile à spectre solaire. Les raies métalliques deviennent intenses. Température ~ 6000° K. Etoiles types $\alpha$ Aur. et $\beta$ Hya.

K : Etoile à spectre des taches solaires. Les raies de l'hydrogène s'affaiblissent considérablement, les raies H et K du calcium sont à leur maximum d'intensité. Température ~ 5000° K. Etoiles types $\alpha$ Boo et $\alpha$ Phe.

M : Etoile à bandes d'oxyde de titane. La raie du calcium neutre est la plus intense. Température ~ 2500° K. Etoiles types $\alpha$ Ori et $\gamma$ Hyi.

C : Etoiles carbonées.

S : Etoile présentant de nombreuses bandes d'absorption dues à l'oxyde de zirconium.

Il faut remarquer que cette classification est entièrement empirique et basée sur des critères tels que l'observation des rapports d'intensité de 2 raies voisines. Les critères varient d'un bout à l'autre de la séquence. L'observation à plus grande dispersion des étoiles types confirme que l'évolution des raies le long de la séquence principale est fonction de la température.

En complément du catalogue H. Draper, il faut signaler :

I) Le Bergedorfer Durchmusterung (BD) qui contient plus de 170 000 étoiles classées selon une méthode très voisine de celle de Harvard. La comparaison des types spectraux attribués à des étoiles communes aux 2 catalogues a permis d'établir une relation presque linéaire entre les 2 classifications. Sur la moyenne, l'écart systématique est inférieur à 2 dixièmes de classe.

2) Le Potsdamer Durchmusterung (P.D.) qui contient 66 700 étoiles dont la classification peut aussi être rattachée au catalogue HD.

Ces deux catalogues allemands sont intéressants car ils contiennent des étoiles faibles (jusqu'à la 12e magnitude) .

## III. CLASSIFICATIONS SPECTRALES A DEUX PARAMETRES

### *a) Observation du 2e paramètre.*

Lors de la discussion des spectres d'étoiles classées par Harvard, les faits suivants sont apparus :

pour des étoiles du même type spectral, donc a priori de même tem-

pérature, on constate que pour certaines étoiles des critères secondaires divergent.

Dès 1914, Adams a mis ces faits en relation avec une différence de magnitude absolue. Les raies des atomes neutres sont en général plus intenses dans les étoiles de faible luminosité et les raies des atomes ionisés dans les étoiles brillantes. On établit ainsi la nécessité de joindre au type spectral un deuxième paramètre, la magnitude absolue, qui caractérise la luminosité de l'étoile.

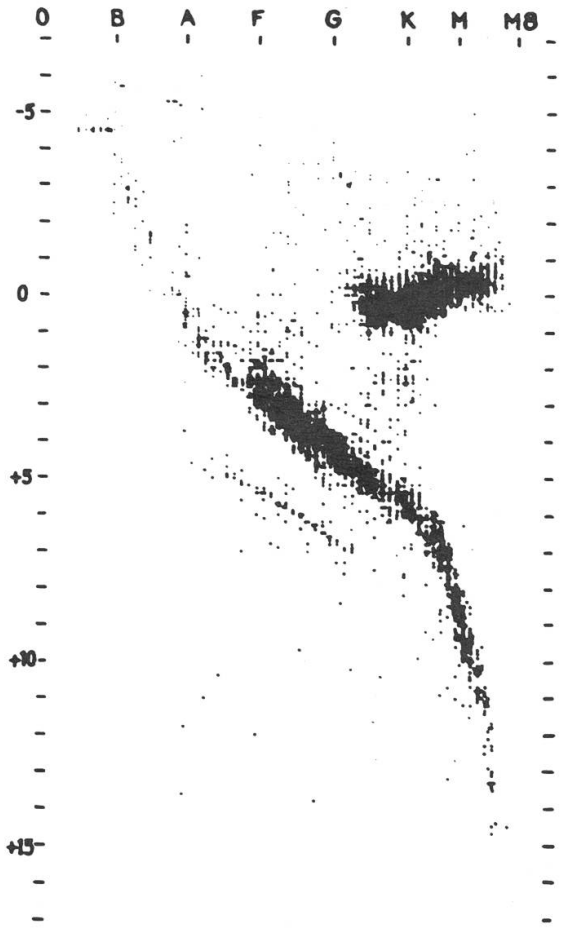



Figure 1 - Diagramme de Hertzsprung-Russel (d'après P. P. Parenago). Sur ce diagramme ne figurent que les étoiles de parallaxe connue.

Ces deux grandeurs, déterminées uniquement pour les étoiles proches, permettent de construire le diagramme d'Hertzsprung-Russel (fig. 1).

Ce diagramme montre la distribution des étoiles en un certain nombre de classes de luminosité.

*b) La théorie de Saha.*

C'est le physicien hindou Meg Nad Saha qui, en 1920, a donné une première interprétation qualitative et quantitative de l'aspect des spectres.

Les gaz atomiques ou moléculaires des atmosphères stellaires sont excités par le rayonnement interne des étoiles. On a mesuré expérimentalement les conditions d'excitation pour lesquelles les atomes, se trouvant ionisés une ou plusieurs fois, produisent les raies spectrales qui les caractérisent. Le calcul des proportions d'atomes portés aux différents états d'ionisation (par suite les abondances relatives des différentes raies caractéristiques dans le spectre) a été fait en appliquant à la réaction réversible

$$\text{atome} \rightleftharpoons \text{ion} + \text{électron}$$

les méthodes de la thermochimie.

Ces proportions dépendent des conditions physiques régnant dans l'atmosphère stellaire. M.N. Saha a fait intervenir la température T et la pression électronique $P_e$ moyennes dans l'atmosphère.

La relation obtenue est de la forme

$$\frac{n_r + 1}{n_r} = K \,.\, T^{\frac{5}{2}} \,..\, e^{-\frac{C}{T}} \,.\, \frac{1}{P_e}$$

$\frac{n_r + 1}{n_r}$ est le rapport du nombre d'atomes r + 1 fois ionisés au nombre d'atomes r fois ionisés d'un même élément.

K et C sont des constantes pour un élément et un indice d'ionisation r donnés.

Cette relation montre

1) que les 2 paramètres ont une influence inverse sur le rapport $\frac{n_r + 1}{n_r}$

Si $P_e$ augmente, $\frac{n_r + 1}{n_r}$ diminue, possibilité de rencontre ion-électron accrue.

Si T augmente, $\frac{n_r + 1}{n_r}$ augmente, l'ionisation s'accentue.

2) que pour un rapport donné $\frac{n_r + 1}{n_r}$ qui peut sensiblement correspondre à un critère de classification spectrale (rapport d'intensité de 2 raies du spectre) on peut avoir différents couples T, $P_e$ caractéristiques.

Cette remarque est fondamentale.

Cette théorie quoique imparfaite, permet d'expliquer l'introduction d'un second paramètre. Expérimentalement, ce deuxième paramètre s'est introduit par la luminosité. De quelle façon les deux caractères, type spectral et magnitude absolue issus de l'observation, peuvent être liés à T et $P_e$ deux grandeurs représentatives de l'état des atmosphères stellaires ? Ce problème est le point de départ de toutes les études modernes sur les atmosphères stellaires. Ces théories ont permis de définir de nouveaux critères d'observation qui sont venus se substituer aux premiers. Le point le plus délicat est la mise en évidence d'un effet de classe de luminosité qui ne soit pas tributaire d'une estimation de distance.

*c) Les classifications de l'école suédoise.*

A la suite de Lindblad, une pléiade d'astronomes nordiques se sont efforcés de découvrir des critères de luminosité efficaces.

Ces critères utilisent en général des mesures d'intensité des raies d'hydrogène et des mesures de discontinuité sur des enregistrements microphotométriques des spectres. Ils sont définis à partir de quantités mesurées.

Parmi les plus importants signalons :

1) Le critère du cyanogène de Lindblad. Il permet la distinction de classes de luminosité pour des étoiles plus avancées que le type Go. Il s'agit de la discontinuité du cyanogène mesurée par l'indice $C = m_{4180} - m_{4260}$.

2) Le critère de Lindblad-Schalèn.
C'est la mesure de l'intensité des raies de l'hydrogène. Appliqué aux étoiles B - A - F il constitue un paramètre représentant sensiblement la magnitude absolue.

3) Les indices de B. Strömgren.
Il s'agit d'indices définis par des combinaisons linéaires de magnitudes monochromatiques mesurées dans la région des raies de Balmer. Cette classification bi-dimensionnelle s'applique aux types B à F. En utilisant d'autres indices, obtenus à l'aide de magnitudes mesurées à travers des filtres interférentiels dont la bande passante est d'environ 100 Å, Strömgren et Gyldenkerne ont étendu cette classification aux types G à K. Les mesures sont photoélectriques, il faut les mettre en relation avec la photométrie de Johnson et Morgan que nous verrons plus loin.

Les classifications suédoises sont rattachées à la séquence spectrale de Harvard; quant aux classes de luminosité, l'accord entre les divers observateurs suédois est bon.

*d) Les classifications américaines.*

C'est un ensemble de classifications standardisées recouvrant toute la séquence spectrale et utilisant autant que possible deux paramètres.

Les critères s'inspirent pour le type spectral des méthodes de Harvard, et pour les classes de luminosité de critères suédois. Ils sont définis le plus souvent quantitativement.

Ce sont les notations de Morgan et Keenan de l'Observatoire de Yerkes qui se sont imposées.

Le type spectral conserve les notations de Harvard; la classe de luminosité se traduit par l'adjonction d'un chiffre romain.

Ia, Ib } supergéantes
II classe intermédiaire
III géantes
IV classe intermédiaire
V naines

Lorsque la détermination de la classe de luminosité L est faite, on peut attribuer une magnitude absolue moyenne correspondant au type spectral S.

La classification n'est pas changée si la connaissance de la magnitude absolue d'un type SL s'améliore. Des catalogues d'étoiles standards ont été dressés, ils permettent aux autres observateurs d'effectuer des rattachements à cet ensemble de classifications adopté universellement.

Cet ensemble contient:

1) Classification des étoiles 0. Les critères H D s'étant révélés insuffisants, Plaskett et Petrie ont repris cette classification. Le paramètre principal étant la température. Aucun critère de luminosité ne s'est révélé satisfaisant pour ce type d'étoile.
2) Classification de Yerkes des étoiles $0_9$ à $M_2$, Morgan et Keenan ont établi un ensemble de critères précis permettant de définir S et L. C'est le système MK, il utilise principalement les rapports mesurés d'intensités de raies. Ceux-ci sont définis dans l'Atlas of Stellar Spectra. Ils sont trop nombreux pour que l'on tente de les résumer ici.

Dans la figure 2, on peut apprécier l'état actuel du diagramme d'Hertzsprung-Russel. Les courbes tracées dans le plan (Mv, S) représentent la valeur moyenne des classes de luminosité du système MK. (Mv = magnitude absolue photovisuelle, S = type spectral.)

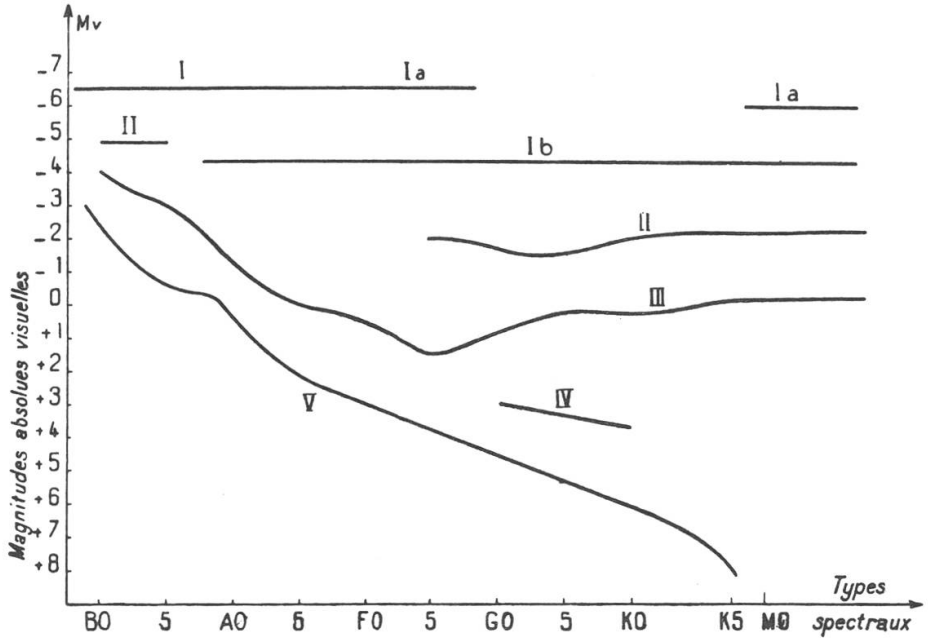



Figure 2 - Calibration des classes de luminosité en fonction du type spectral (d'après Morgan-Keenan, Yerkes, 1943).

3) Classification particulière des étoiles M, des étoiles carbonées et des étoiles S. Cette séparation des étoiles froides en 3 branches parallèles qui semblent comporter chacune des naines et des géantes correspond à l'introduction d'un troisième paramètre. Il permet probablement de distinguer une différence de composition chimique. Les critères sont aussi basés sur des rapports d'intensités de raies ou de bandes moléculaires.

Toutes ces classifications systématiques, issues de la méthode de Harvard, sont établies sur des caractères apparents du spectre. La signification physique des critères choisis n'est pas toujours définie. Ces classifications voisinent certainement avec les limites du système ; tout au moins en ce qui concerne les classifications générales. Elles permettent de classer la plupart des étoiles «normales» et d'étudier leur répartition galactique par voie statistique. Elles font donc abstraction de l'origine génétique, de la distribution spatiale et des caractéristiques cinématiques des étoiles classées. D'autre part, il est probable que deux paramètres soient insuffisants pour caractériser les

propriétés physiques d'une étoile c'est-à-dire qu'ils permettent l'élaboration de modèles stellaires satisfaisants. La difficulté majeure rencontrée pour le développement de classifications nouvelles comblant une partie de ces lacunes est le choix de paramètres mesurables auxquels on puisse attribuer une signification physique bien définie. Une théorie synthétique du rayonnement stellaire viendra peut-être orienter les observateurs.

## IV. CLASSIFICATIONS DES ETOILES PAR PHOTOMETRIE PHOTOELECTRIQUE

*Méthode de Johnson-Morgan.*

Johnson et Morgan ont rattaché le type spéctral M K et la magnitude absolue Mv aux indices de couleur U-B et B-V des étoiles naines non rougies des classes B à $M_0$ .

U, B, V sont des magnitudes apparentes mesurées photoélectriquement à travers des filtres colorés qui isolent trois plages du spectre (voir figure 3). Les auteurs ont particulièrement étudié la façon de corriger les indices de couleur des étoiles $B_0$ à $A_0$ qui seraient rougies par la matière interstellaire. Ils ont appliqué cette méthode à la classification d'étoiles d'amas galactiques. La photométrie présente un grand intérêt car elle permet d'étudier des étoiles faibles, donc de pénétrer plus profondément dans l'univers qu'il n'est possible de le faire avec la spectrographie.

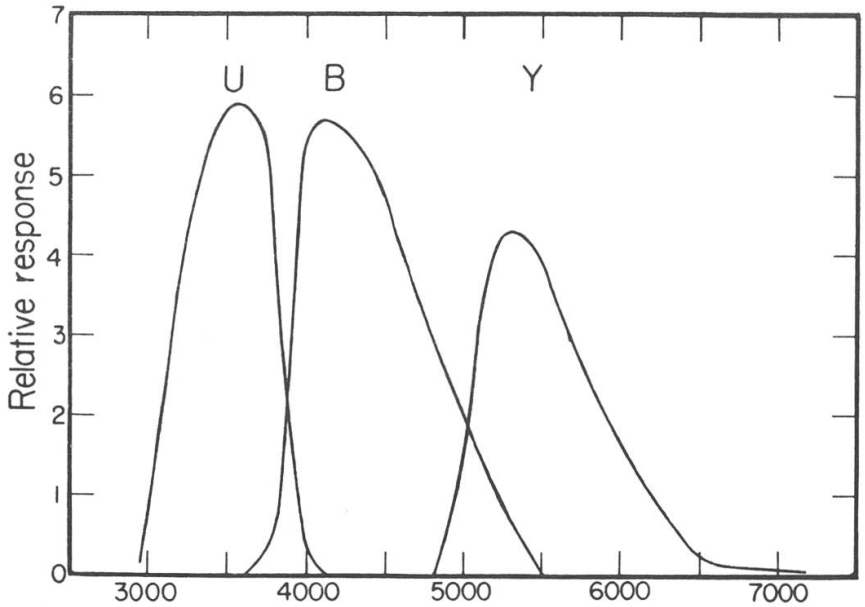



Figure 3 - Réponse relative de l'ensemble photométrique de Johnson-Morgan pour les couleurs U, B et V.

En augmentant le nombre des filtres et en faisant un choix judicieux des bandes passantes on pourra peut-être développer une classification à plusieurs paramètres. Rappelons à ce propos les travaux de B. Strömgren.

## V. CLASSIFICATION SPECTROPHOTOMETRIQUE UTILISANT LE FOND CONTINU

*Méthode de Barbier-Chalonge.*

Dès avant la guerre, D. Barbier et D. Chalonge ont eu l'idée de la méthode et ont fait les premières mesures pour une classification bidimensionnelle à partir du fond continu. Chalonge a poursuivi la mise au point d'un équipement original permettant de développer la méthode. Actuellement Chalonge s'est entouré de plusieurs collaborateurs pour mener à bien son programme. Nous esquissons ici l'aspect actuel de la classification.

Cette méthode utilise le fond continu de l'émission stellaire déterminé sur l'enregistrement spectrophotométrique d'un spectre pris avec une dispersion faible (200 Å/mm). Le domaine spectral s'étend de 3200 Å à 6200 Å. Sur l'enregistrement de la figure 4 le trait discontinu représente le tracé du fond continu de part et d'autre de la discontinuité de Balmer. Ce sont les éléments nécessaires à la définition de trois paramètres mesurés. Cette classification concerne les étoiles 0 à $G_0$ pour lesquelles le fond continu apparaît entre les raies d'absorption et dont les raies de Balmer sont bien visibles.

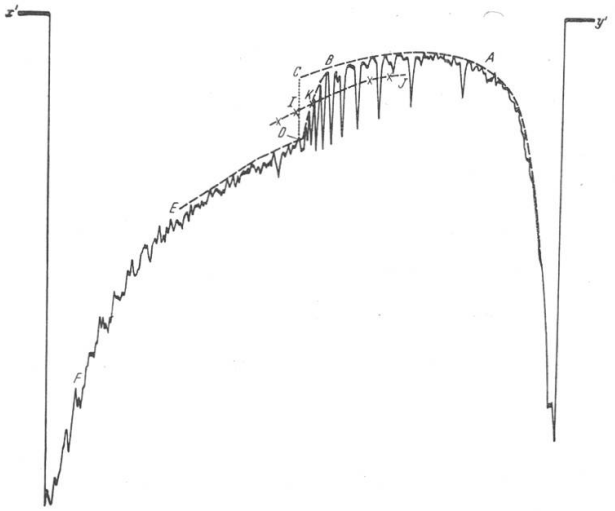



Figure 4 - Enregistrement spectrophotométrique de Chalonge.

Les paramètres sont

1) La discontinuité D qui se produit à une longueur d'onde variable mais voisine de 3700 Å

$$D = \log \frac{\text{intensité en C}}{\text{intensité en D}}$$

2) La longueur d'onde $\lambda_1$ est celle du point K situé à égale distance des deux fonds continus et sur la ligne B D (voir fig. 4). Cette longueur d'onde est facile à déterminer, c'est pour cette raison qu'elle est préférée à la longueur d'onde $\lambda_0$ de la dernière raie de Balmer visible, $\lambda_1$ varie dans le même sens que $\lambda_0$ ; le paramètre utilisé est $\lambda_1$ - 3700 Å.

3) Le gradient spectrophotométrique absolu du fond continu pour l'intervalle spectral 3800 - 4800 Å. C'est le paramètre $\varphi_b$

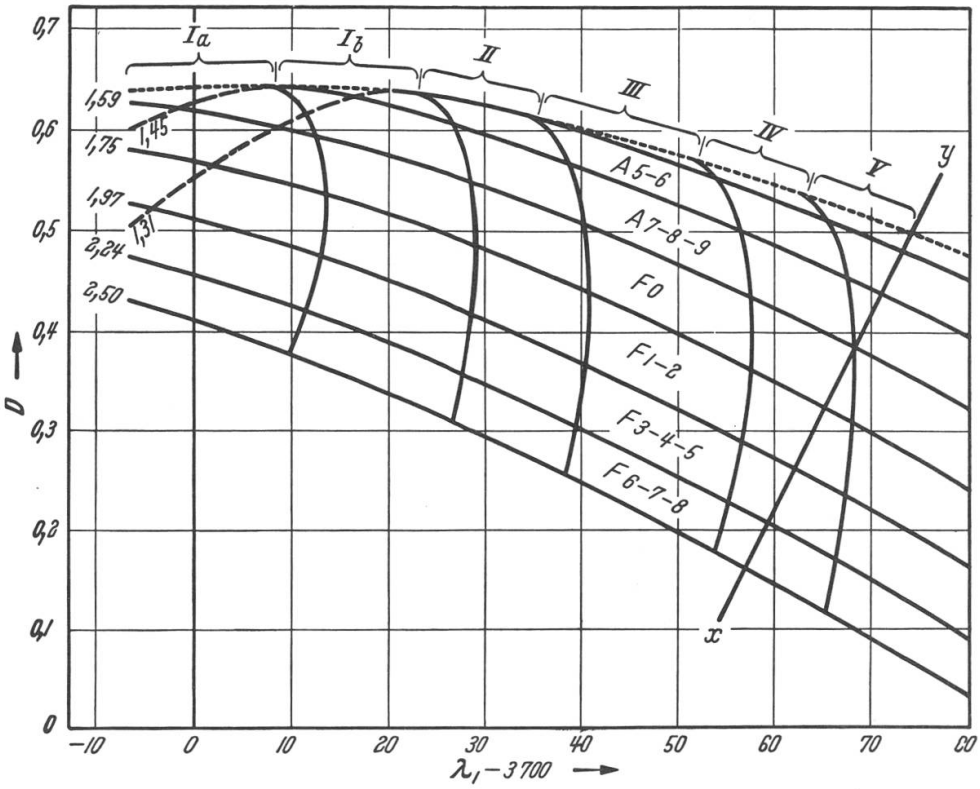
$$\varphi_b = \frac{C2}{T_b} \left(1 - e^{-\frac{C2}{\lambda T_b}}\right)^{-1}$$

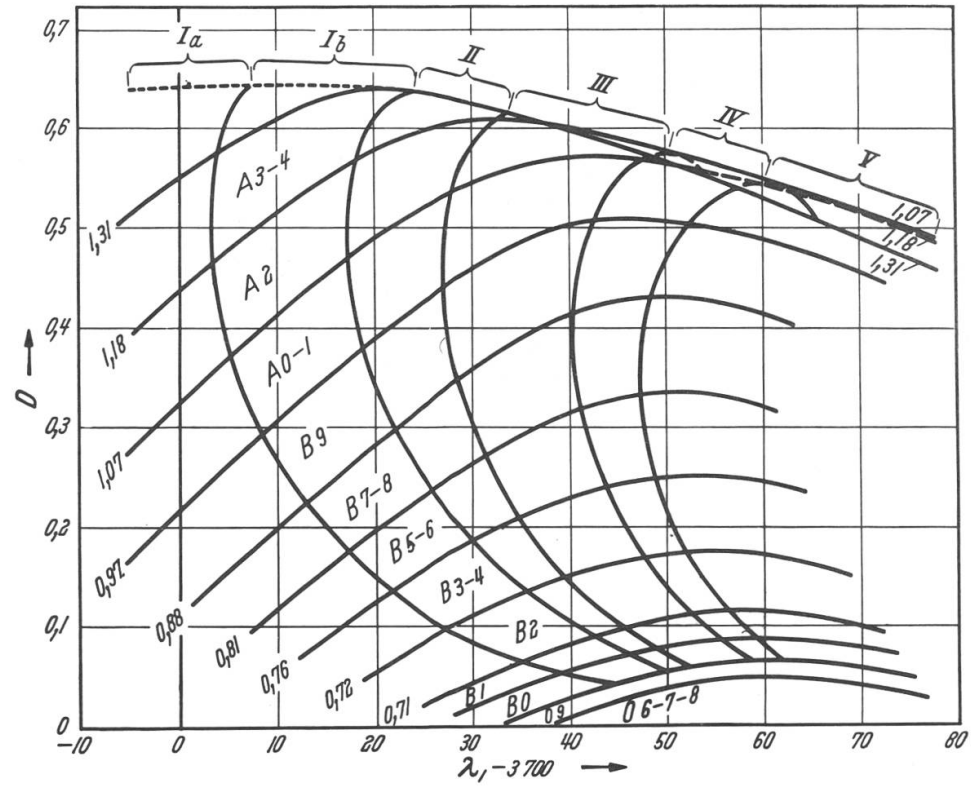
selon la loi du corps noir de Planck.

Les paramètres $\lambda_1$ et D sont représentatifs des propriétés et des conditions physiques des atomes d'hydrogène, constituants essentiels des atmosphères stellaires. Ils ont l'avantage d'être très peu sensibles à l'absorption interstellaire. Par contre, le paramètre $\varphi_b$ en éprouve les effets, il faut donc limiter sa mesure aux étoiles non rougies.

Lorsque les 3 paramètres d'une étoile sont mesurés on peut la représenter par un point dans l'espace $\lambda_1$, D, $\varphi_b$. Si ces trois paramètres sont dépendants, les points figuratifs des étoiles doivent venir se placer sur une surface que Chalonge appelle $\Sigma$. L'expérience a montré qu'en réalité ces points se condensaient dans un volume voisin de cette surface qui présente deux nappes (voir figure 7). Cette dispersion autour de $\Sigma$ s'est révélée supérieure aux erreurs de mesures, en tout cas pour la nappe supérieure. Ce fait a été confirmé par l'étude des représentants de divers amas. Ceux-ci occupent un volume plus mince que l'ensemble des étoiles normales d'origines quelconques. Une classification faite avec plus de rigueur expérimentale exige donc l'intervention d'au moins trois paramètres. Le troisième de ceux-ci est peut-être représentatif d'une composition chimique variant entre des limites étroites.

Chalonge a effectué le rattachement de sa classification à celle de Morgan et Keenan. Pour cela il a tracé sur la surface $\Sigma$ un réseau de courbes iso-type spectral et un autre iso-classe de luminosité. Ces




Figures 5 et 6 - Projections de la surface $\Sigma$ sur le plan $\lambda_1$, D. Ces graphiques permettent le passage de la classification $\lambda_1$, D à la classification M K.

deux réseaux sont sensiblement orthogonaux et découpent sur $\Sigma$ un ensemble de carrés curvilignes qui représentent chacun un type S, L de la classification de Yerkes. Ceci montre bien la plus grande finesse de cette méthode. Dans les figures 5 et 6 nous donnons les projections des deux nappes de la surface sur le plan $\lambda_1$ , D .

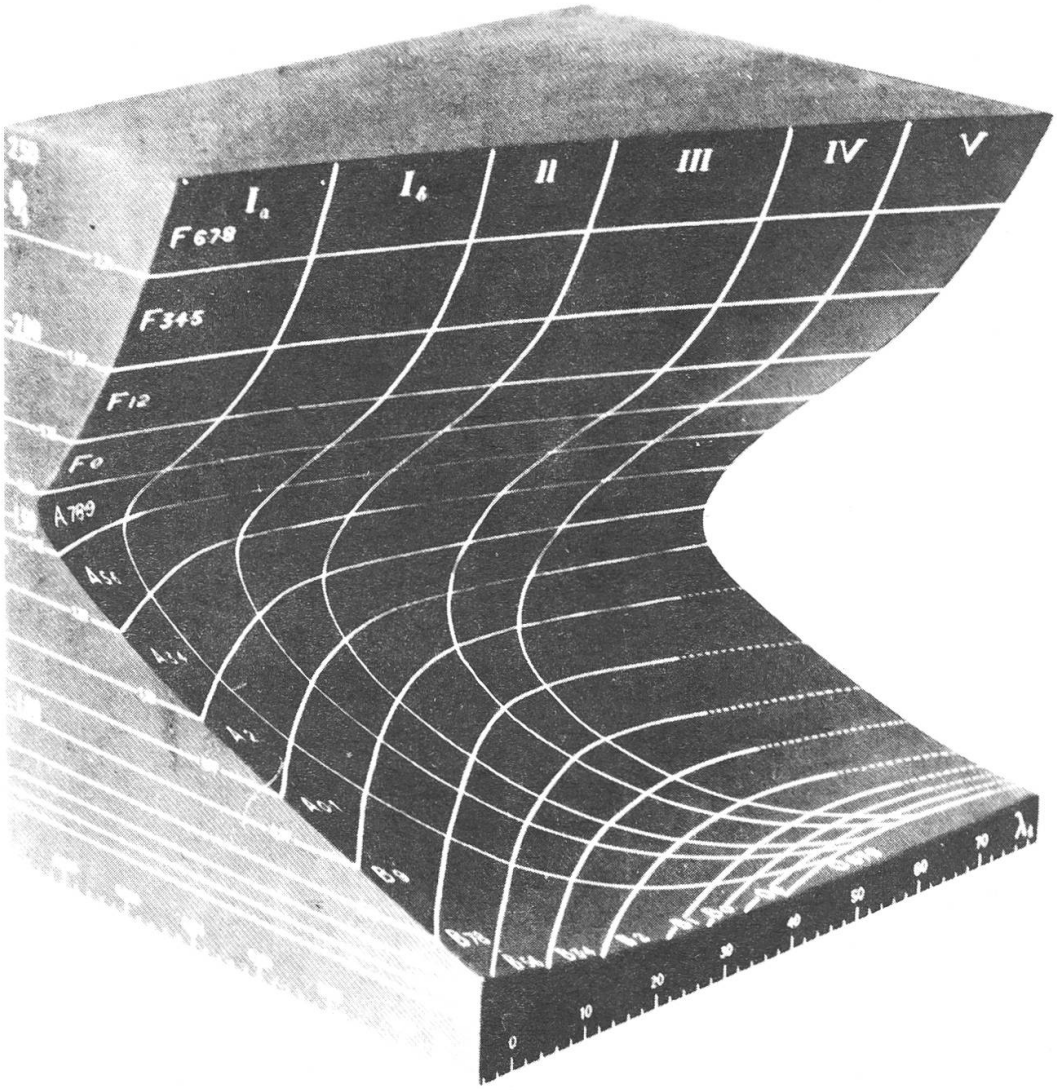



Figure 7 - Maquette de la surface $\Sigma$.

## VI. CONCLUSION

Nous sommes arrivés à la première classification objective à 3 paramètres. Son application systématique, encore à ses débuts, a déjà rendu compte de nombreuses difficultés rencontrées par les classifications subjectives. Elle laisse entrevoir de riches possibilités pour l'étude de l'évolution, de la luminosité absolue et de la constitution chimique des étoiles ; ces trois aspects certainement dépendants de l'état spatiotemporel des étoiles peuplant l'univers. L'introduction souhaitée d'un troisième paramètre va peut-être ouvrir la voie à des classifications nouvelles dont les critères ne seront plus seulement représentatifs de l'état apparent global du spectre de l'étoile.

# DIE ERSTEN MONDRAKETEN

# UND DER ERSTE KÜNSTLICHE PLANETOID

Von H. BACHMANN, Zürich

## 1. EINLEITUNG

Die Lancierung des *ersten Sputniks* am 4. Oktober 1957 bildete den Beginn des «Raumzeitalters». Die wichtigsten durch die Erdsatelliten ermöglichten Entdeckungen sind:

1) Die Dichte der hohen Atmosphäre ist grösser als früher angenommen (was sich in einer rascheren als erwarteten Abnahme der Umlaufszeiten der Satelliten auswirkte).

2) Die Ionisation der hohen Atmosphäre ist unerwartet hoch (wodurch die Hörweite der Satellitensender beträchtlich grösser ist als vorerst angenommen wurde).

3) Die Abplattung der Erde ist etwas kleiner als der angenommene Wert $^1/_{297}$, nämlich etwa $^1/_{298}$ (was eine langsamere als erwartete Knotenwanderung der Satelliten bewirkte).

4) Die Entdeckung des Gürtels starker kosmischer Strahlung um die Erde durch den Explorer I.

Mit den Abschüssen der *ersten Mondraketen* erlebten wir einen zweiten Schritt dieser technischen Entwicklung, die in unerwartet naher Zukunft zur Verwirklichung der alten Utopie der Raumschiffahrt zu führen scheint.

## 2. DIE KOSMISCHEN GESCHWINDIGKEITEN

Eine wichtige Rolle bei den Abschüssen von Raumraketen spielen die sogenannten kosmischen Geschwindigkeiten: die erste kosmische Geschwindigkeit $v_1 = 7.91$, die zweite $v_2 = 11.18$ und die dritte $v_3 = 16.65$ km/sec. Die Bedeutung dieser Geschwindigkeiten ist die folgende: Es sei v die bei Brennschluss und Aussetzen der Steuerungsmechanismen erreichte Geschwindigkeit einer Rakete (also ihre maximale Geschwindigkeit, denn sie nimmt nachher wegen der Ueberwindung der Erdanziehung wieder ab); und es werde angenommen, diese sei zur Erdoberfläche tangential gerichtet.

1) Ist $v = v_1$, so beginnt die Rakete eine *Kreisbahn* um die Erde auszuführen; ist $v = v_2$, so verschwindet die Rakete auf Nimmerwiedersehen auf einer *Parabelbahn.* Die Geschwindigkeit $v_1$ wird deshalb auch Kreisgeschwindigkeit und $v_2$ die parabolische Geschwindigkeit oder Entfliehgeschwindigkeit genannt.

2) Ist v kleiner als $v_1$, so haben wir den Fall der *Interkontinentalrakete;* sie beschreibt einen Ellipsenbogen, fällt aber vor Vollendung eines Umlaufs auf die Erde zurück.

3) Ist v grösser als $v_1$, aber kleiner als $v_2$, so wird die Rakete zum *Erdsatelliten;* sie tritt eine Ellipsenbahn um die Erde an, die umso langgestreckter ist, je grösser v ist. Für die Erdsatelliten war die Erreichung von $v_1$ nötig. Um den *Mond* zu erreichen, braucht man $v_2$ nicht ganz zu erreichen, dafür genügt ja eine sehr langgestreckte Ellipsenbahn[1].

4) Ist v grösser als $v_2$, so fliegt die Rakete zunächst auf einer Hyperbelbahn davon. Ist v gleich $v_2$, oder liegt v zwischen $v_2$ und $v_3$, so wird die vorerst bezüglich der Erde parabel- bezw. hyperbelförmige Bahn der Rakete zu einer Ellipsenbahn um die Sonne; sie wird also zum *künstlichen Planetoiden.* Der Schritt von der Mondrakete zum künstlichen Planetoiden ist somit nur sehr klein. Ist v gleich $v_3$ oder grösser als $v_3$, so entflieht die Rakete (bei günstiger Abschussrichtung) auch unserem Sonnensystem.

Ueber die *Berechnung der kosmischen Geschwindigkeiten* mögen folgende Bemerkungen angefügt werden:

Nach der Theorie der Planetenbewegung ist $v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}}$, wobei G die Gravitationskonstante, M die Erdmasse und R den Aequatorradius der Erde bedeutet. Ferner ist $v_2 = \sqrt{2} \cdot v_1$. Bei der Berechnung von $v_3$ ist zu beachten, dass die Kreisbahngeschwindigkeit der Erde um die Sonne $w = \sqrt{\frac{GM_1}{R_1}} = 29.80$ km/sec ($M_1$ = Sonnenmasse, $R_1$ = halbe grosse Achse der Erdbahn), die parabolische Geschwindigkeit eines

---

[1]) Die grösste Entfernung, welche die Rakete dabei erreicht, ist nämlich $\frac{v^2}{v_2^2 - v^2}$ Erdradien (also kann der Mond in Erdnähe bereits mit v = 11.08 km/sec erreicht werden ohne Ausnützung der Erdrotation). Die minimale Brennschlussgeschwindigkeit, mit der der Mond erreicht werden kann, ist aber noch etwas kleiner, wenn man auch solche Bahnen zulässt, bei denen die Apogäumsdistanzen langsam wachsen infolge Aufsummierung der Mondstörungen, wobei also der Mond erst nach vielen Umläufen erreicht wird.

von der Sonne angezogenen Körpers in Erdentfernung also $\sqrt{2}$ . w beträgt. Die Rakete muss also, um der Anziehung der Sonne entfliehen zu können, nach Ueberwindung der Erdanziehung auf einer Hyperbelbahn (und nicht schon bei Brennschluss) eine schliesslich erreichte Restgeschwindigkeit $v_\infty = (\sqrt{2} - 1)w$ bezüglich der Erde aufweisen, und zwar in Richtung der Bewegung der Erde in ihrer Bahn. Die Brennschlussgeschwindigkeit berechnet sich daraus zu $v_3 = \sqrt{v_\infty^2 + v_2^2}$.

Es ist zu bemerken, dass die oben angegebenen Zahlenwerte von $v_1$, $v_2$ und $v_3$ auf der Erdoberfläche gelten. Sie sind effektiv *etwas kleiner* (aber nur um Bruchteile von km/sec), wenn die Erdrotation ausgenützt wird (maximal 0.46 km/sec), und weil der Brennschluss in einer gewissen Höhe über der Erdoberfläche erfolgt (bei Brennschlusshöhe von 200 km sind $v_1$ und $v_2$ um je 1.6 Prozent kleiner); $v_3$ kann zudem noch etwas kleiner angesetzt werden, wenn der Abschuss zur Zeit des Periheldurchganges der Erde ausgeführt wird.

## 3. DIE BAHNEN DER MONDRAKETEN

Nach Brennschluss und Aussetzen der Steuerungsmechanismen unterliegt eine Weltraumrakete zunächst nur noch der Anziehungskraft der Erde und des Mondes (die Anziehung der Sonne kann zunächst vernachlässigt werden). Die Aufgabe, die *Bahn einer Mondrakete* aus der Grösse und Richtung von v zu berechnen, ist das «eingeschränkte Dreikörperproblem» der Himmelsmechanik. Sie ist mittels elektronischer Rechenmaschinen durch numerische Integration lösbar, nicht aber in geschlossener analytischer Form. Deshalb hat man auch keine Uebersicht über die Gesamtheit aller möglichen Bahnen. Man hat aber schon sehr viele Spezialfälle berechnet. Es gibt folgende Möglichkeiten für eine Mondrakete:

1) Die Rakete kann auf einer langgestreckten Ellipse in die Nähe des Mondes und wieder zurück gebracht werden (Zuflugsbahnen).

2) Sie kann auf einer Ellipsen- oder Achterbahn hinter dem Mond herumgeführt und wieder zurückgebracht werden (Umrundungsbahnen).

3) Sie kann den Mond direkt treffen (Auftreffbahnen).

4) Sie kann hart am Mond vorbeifliegen.

Schon eine kleine Abweichung in v bringt aber die Rakete in eine ganz andere als die erwartete Bahn (und umgekehrt bewirkt eine kleine Abweichung in der Aufstiegsbahn einen Fehler in v); es ist also ungeheuer schwierig, den Mond zu treffen. Hingegen ist es ohne weiteren

Antrieb durch eine Bremsrakete, die durch Fernzündung erst in der Nähe des Mondes abgefeuert wird, nicht möglich, dass die Rakete vom Mond eingefangen wird, d.h. dass sie zum *Mondsatelliten* wird; die Rakete trifft entweder auf den Mond auf, oder sie beschreibt bezüglich des Mondes eine Hyperbel, wobei sie also nur abgelenkt wird. Wir haben also

5) den Fall des Mondsatelliten, der nur durch zusätzlichen Antrieb realisierbar ist.

Bei den Versuchen der Amerikaner mit Mondraketen seit 17. August 1958 auf Cape Canaveral werden die *günstigsten Abschusszeiten* nach folgenden Gesichtspunkten bestimmt:

1) Die Raketen werden senkrecht nach oben geschossen, um den Luftwiderstand rasch zu überwinden.

2) Dann werden sie in eine Horizontalebene abgelenkt, um die Wirkung der Erdanziehung auf die letzte Stufe möglichst klein zu halten.

3) In dieser Horizontalebene wird die Rakete nach Osten geschossen, um die Erdrotation auszunützen.

4) Deshalb wird die Bahnebene der Raketen aufgespannt einerseits vom Erdradius von Cape Canaveral und anderseits von der Tangente an den Breitenkreis an diesem Ort. Der Schnitt dieser Bahnebene mit der Mondbahnebene muss in der richtigen Nähe des Mondes sein (Berücksichtigung der Mondbewegung während des Fluges). Für den Abschuss gibt es also pro Tag nur eine bestimmte günstige Zeit.

5) Zudem gibt es pro Monat nur etwa drei aufeinanderfolgende günstige Tage, und zwar die Tage um die Zeit, wenn der Mond von Norden nach Süden den Himmelsäquator passiert, also seine Deklination Null ist. Dann ist nämlich der Winkel zwischen Bahnebene der Rakete und Mondbahnebene minimal, also die Treffchance am grössten. Für 1959 ist diese Bedingung zu den folgenden Zeiten erfüllt:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Januar 1 | März 24 | Juni 14 | September 4 | November 25 |
| Januar 28 | April 20 | Juli 11 | Oktober 1 | Dezember 23 |
| Februar 24 | Mai 18 | August 8 | Oktober 29 | |

6) Soll die Mondrakete zum Sonnensatelliten (Planetoiden) werden, so ist die Zeit des letzten Viertels für den Abschuss besonders günstig, da dann der Mond in Richtung der Bewegung der Erde in ihrer Bahn liegt.

Vor dem Abschuss werden jeweils alle Teile der letzten Stufe der Rakete sorgfältig keimfrei gemacht, damit bei einem allfälligen Auftreffen auf den Mond keine *Lebenskeime* auf ihn gelangen. Dies würde nämlich die Beantwortung der wichtigen Frage verunmöglichen, ob im Mondstaub ursprünglich Lebenskeime vorhanden waren oder nicht.

## 4. DIE BISHERIGEN AMERIKANISCHEN VERSUCHE MIT MONDRAKETEN

Die Versuche der amerikanischen Luftwaffe waren die folgenden:

1) «*Mona*». Der erste Abschuss («Mona») fand am 17. August 1958 statt und endete 1.3 Minuten nach dem Start mit einer Explosion der Rakete. Der zweite Versuch am 14. September 1958 wurde schon vor dem Start aufgegeben.

2) «*Pionier I*». Der nächste Versuch schien zu gelingen. Der Abschuss der vierstufigen, total 52 Tonnen schweren Rakete erfolgte am 11. Oktober 1958 um 08.42 Uhr (alle Zeitangaben in Weltzeit). Die vierte Stufe («Pionier I» genannt) wog 38 kg und enthielt 13 kg Instrumente zur Messung der Innentemperatur, des Aufpralls von Mikrometeoriten und des Magnetfeldes, sowie Radiosender; vor allem aber sollte zudem der kosmische Strahlengürtel genauer untersucht werden, und die Uebertragung von Aufnahmen von der unbekannten Rückseite des Mondes nach der Erde war vorgesehen. Der Pionier I sollte nämlich in der Nähe des Mondes durch Fernzündung einer Bremsrakete zu einem Mondsatelliten gemacht werden. Wegen eines kleinen Richtungsfehlers wurde die vorgesehene Brennschlussgeschwindigkeit von 10.7 km/sec nicht ganz erreicht, sondern nur etwa 10.4 km/sec. Deshalb kehrte der Pionier I nach Erreichung einer Entfernung von 115 000 km vom Erdzentrum (am 12. Oktober morgens) wieder um und verglühte am 13. Oktober um 04 Uhr nach einer Flugdauer von 43 Stunden über dem Südpazifik. Auch die Fernzündung der Bremsrakete versagte, weil die Temperatur anscheinend viel niedriger war, als erwartet wurde.

Trotzdem das erstrebte Ziel nicht erreicht worden war, bedeutet der Abschuss doch einen gewaltigen Fortschritt. Nachdem der höchste Satellit 4000 km Höhe und die höchste Rakete bisher 6500 km Höhe erreicht hatte, wurde nun ein vom Menschen geschaffenes Objekt mit einem Schlag *auf einen Drittel der Mondentfernung* hinausgejagt. Die dabei gemachten Messungen dürften von eminenter Bedeutung sein. Es wurde festgestellt, dass die Intensität der kosmischen Strahlung in 9000 km Höhe auf 4 Röntgen pro Stunde ansteigt, um in grösseren Höhen wieder stark abzufallen.

3) «*Pionier II*». Eine weiterer Versuch («Pionier II») wurde am 8. November 1958 um 07.30 Uhr gemacht, der aber misslang, weil die dritte Stufe versagte. Nach Erreichung einer Höhe von 1600 km kam die Rakete zurück und verglühte nach 45 Minuten Flugdauer über Zentralafrika.

Der nächste Versuch wurde von der amerikanischen Armee ausgeführt.

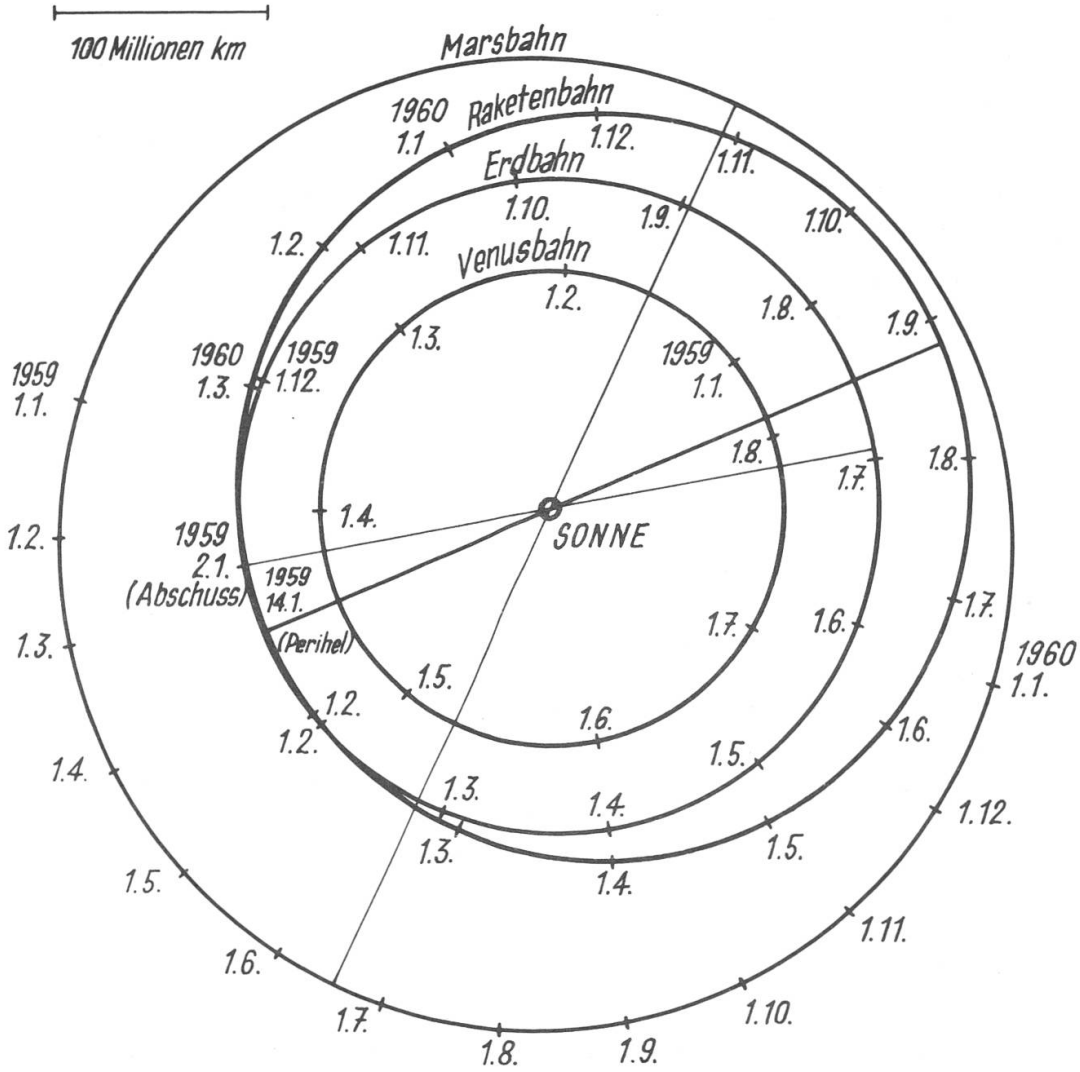
4) Der «*Pionier III*» wurde am 6. Dezember 1958 um 05.45 Uhr abgeschossen. Die vierstufige Rakete wog 60 t, die vierte Stufe («Pionier III») allein 26 kg. Davon waren nur 6 kg Instrumente, denn man konzentrierte das Interesse dieses Mal auf den kosmischen Strahlengürtel. Da wegen eines kleinen Richtungsfehlers die vorgesehene Geschwindigkeit von 11.1 km/sec nicht erreicht wurde, sondern nur 10.7 km/sec. kehrte der Pionier III in einer Entfernung von 109 000 km vom Erdzentrum wieder um und löste sich am 7. Dezember um 19.43 Uhr über Westafrika nach einem 38-stündigen Flug auf.

Mittels des Pionier III wurde die Entdeckung gemacht, dass der kosmische Strahlengürtel in mindestens zwei Gürtel aufgespalten ist, in einen ersten in 2000 bis 5000 km Höhe und einen zweiten in 12000 bis 20000 km Höhe.

## 5. DIE RUSSISCHE MONDRAKETE WURDE ZUM ERSTEN KÜNSTLICHEN PLANETOIDEN !

Der tolle Coup gelang wiederum zuerst den Russen (obwohl auch sie den Mond verfehlten). Ihre mehrstufige (angeblich zweistufige) Rakete von Hunderten von Tonnen Gewicht wurde am 2. Januer 1959 um 17 Uhr abgefeuert. Die letzte Raketenstufe wiegt 1472 kg, wovon allein 361 kg auf Instrumente und Radiosender fallen. Da die zweite kosmische Geschwindigkeit erreicht wurde, schoss die Rakete auf einer phantastischen Bahn in den Weltraum hinaus. Es gelangen angeblich sehr wertvolle Messungen der kosmischen Strahlung, des Magnetfeldes des Mondes, der Radioaktivität des Mondes, über die interplanetaren Gase, die Solarkorpuskeln und die Mikrometeoriten. Am 3. Januar um 00.57 Uhr wurde aus der Rakete eine Natriumwolke ausgestossen, die sie vorübergehend in einen künstlichen Kometen verwandelte. Am 4. Januar um 02.59 Uhr erreichte die Rakete nach 34-stündigem Flug die grösste Nähe des Mondes (370 000 km vom Erdzentrum), flog aber in 7000 km Entfernung am Mond vorbei, wobei sie nur wenig abgelenkt wurde (sie hatte im Gegensatz zu den amerikanischen Mondraketen eine etwas zu grosse Geschwindigkeit erreicht). Am 5. Januar um 07 Uhr verstummten die Radiosender, als die Rakete eine Entfernung von 597 000 km von der Erde erreicht hatte.

Die Rakete wurde zum *künstlichen Planetoiden* (oder *Meteoriten*). Sie trat ihre Ellipsenbahn um die Sonne im Laufe des 6. Januar an, als




Die Bahn des künstlichen Planetoiden (bezeichnet als Raketenbahn) liegt grösstenteils zwischen der Erd- und Marsbahn. Nur in der Nähe des Perihels liegt ein kurzes Stück der Bahn innerhalb der Erdbahn.

sie in 1 Million km Entfernung von der Erde in das Gebiet überwiegender Sonnenanziehung gelangte. Die Elemente dieser Bahn haben folgende Werte:

Halbe grosse Achse 171.8 Millionen km,
Exzentrizität 0.148,
Umlaufzeit 447 Tage,
Perihel-Durchgang am 14. Januar 1959 in 146.4 Millionen km Entfernung von der Sonne,
Aphel-Durchgang etwa am 1. September 1959 in 197.2 Millionen km Entfernung von der Sonne.

Der künstliche Planetoid wurde rasch schwächer und unsichtbar; er kommt erst in 5 Jahren wieder in die Nähe der Erde.

Es sei daran erinnert, dass die zweite kosmische Geschwindigkeit schon früher erreicht worden ist: Prof. Zwicky feuerte nach dem fehlgeschlagenen Versuch vom 18. Dezember 1946 am 17. Oktober 1957 um 06.05 Uhr aus 85 km Höhe künstliche selbstleuchtende Meteore ab, die 15 km/sec erreichten. Es ist nicht absolut sicher, ob sich diese Meteore nicht in der Atmosphäre aufgelöst haben. Wahrscheinlich kreisen einige von ihnen um die Sonne.

## LITERATUR


W.A. JEGOROW: Zur Dynamik des Mondfluges. Naturwiss. Rundschau 11 (November 1958), S. 426.

K. ISERLAND: Der Schuss in den Weltraum. Techn. Beilage NZZ vom 14. Januar 1959.

Sky and Telescope: Man's farthest step into space. Vol. 18, N° 1 (November 1958).

F. ZWICKY: The first shots into interplanetary space. Engineering and Science Monthly, Januar 1958.


(Eingegangen am 19. Januar 1959).

## *NACHTRAG*

Unterdessen gelang den Amerikanern die Lancierung des *künstlichen Planetoiden N° 2.* Der am 3. März 1959 um 05.11 Uhr abgeschossene «*Pionier IV*» flog am 4. März um 22.24 Uhr 59000 km neben dem Mond vorbei; zur Zeit des letzten Radiokontakts, am 6. März um 15.20 Uhr, betrug seine Entfernung vom Erdzentrum 660000 km. Der Pionier IV erreichte dann eine Ellipsenbahn um die Sonne mit den folgenden Elementen:

Halbe grosse Achse 158.1 Millionen km,
Exzentrizität 0.071,
Umlaufszeit 392 Tage,
Perihel am 18. März 1959 in 146.8 Millionen km von der Sonne,
Aphel am 1. Oktober 1959 in 169.3 Millionen km von der Sonne.

(17. März 1959)

# ETUDE DE LA TURBULENCE

## EN VUE DE LA DETERMINATION DE L'EMPLACEMENT D'UN TELESCOPE DE 1 m DE DIAMETRE

par GERALD GOY, Assistant à l'Observatoire de Genève

La scintillation des étoiles est un phénomène que chacun peut observer pendant une nuit claire. L'astre semble varier d'éclat et s'éteindre même plusieurs fois par seconde. En examinant l'image dans un télescope, le même phénomène se traduit par une déformation plus ou moins rapide et irrégulière. Ces perturbations de l'image qu'on appelle *turbulence* sont causées par notre atmosphère. Les changements d'humidité, de température, de pression, ainsi que le brassage provoqué par les vents modifient localement l'indice de réfraction de l'air. Le trajet de la lumière n'est plus rectiligne et les rayons qui nous parviennent de l'étoile ne sont plus parallèles entre eux.

Ces déviations sont très faibles, mais elles se produisent dans la haute atmosphère et la longueur du trajet suffit à provoquer les importantes perturbations que nous observons. La turbulence est désignée dans la pratique par la lettre t. Elle se mesure en secondes d'arc: c'est l'angle formé par l'écart du faisceau par rapport à sa position moyenne.

Plusieurs facteurs peuvent faire varier la turbulence :

a) La qualité de l'atmosphère au moment de l'observation. Le meilleur site d'un nouvel observatoire est déterminé entre autres par une étude de la turbulence. Elle est fonction du climat, de l'altitude, de certaines conditions locales, etc.

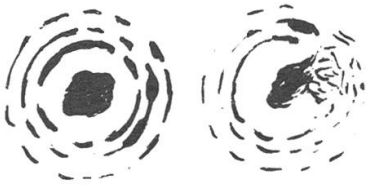
b) La hauteur de l'astre au-dessus de l'horizon. On remarque couramment qu'une étoile près de l'horizon subit des fluctuations beaucoup plus importantes qu'une étoile au zénith. Cette différence s'explique aisément : la lumière doit traverser l'atmosphère obliquement. L'épaisseur est d'autant plus grande que l'étoile est plus loin du zénith. Un autre facteur vient encore s'ajouter à celui-ci : l'atmosphère se comporte comme un prisme. Près de l'horizon, la différence de marche du bleu et du rouge peut être assez différente pour que les fluctuations dues à la turbulence ne soient plus synchronisées. A l'œil nu, l'étoile semble projeter des flammes alternativement bleues et rouges. Au télescope, les déformations importantes de l'image causées par la turbulence s'agrémentent de changements de couleur intermittents.

c) Une turbulence locale prend naissance lorsqu'on approche la main de l'ouverture d'un réflecteur. L'haleine chaude ou la présence des mains sur un tube ajouré produisent également une turbulence locale. Il en est de même si l'instrument n'est pas à la température ambiante. Il est bon de savoir que ces phénomènes de turbulence locale peuvent dépasser de beaucoup la turbulence atmosphérique !

### Aspect d'une étoile à l'oculaire

Un grossissement très élevé permet d'observer les apparences suivantes :

image parfaite



images perturbées

Tant que la turbulence n'est pas trop forte, il est facile de distinguer la tache centrale ou *faux disque.* Il est entouré de plusieurs *anneaux de diffraction* qui sont plus ou moins agités ou brisés suivant la turbulence.

Danjon et Couder, dans leur ouvrage «Lunettes et télescopes» décrivent une méthode simple pour mesurer la turbulence. Elle est basée sur le degré d'agitation des anneaux de diffraction et du faux disque.

### Mesure pratique de la turbulence

*Matériel*

Réflecteur ou réfracteur de 15 cm de diamètre au moins. Grossissement très élevé: 1,5 fois le diamètre de l'objectif en mm au moins. Exemple: pour un miroir de 150 mm de diamètre on prendra un grossissement de 150 × 1,5 = 225 fois. On pourra avec avantage, pousser le grossissement à 300 ou 400 fois (au besoin avec une lentille de Barlow).

*Observation*

1) Image parfaite, sans déformation sensible et à peine agitée.
2) Anneaux *complets,* parcourus par des condensations mobiles.
3) Agitation moyenne, anneaux de diffraction *brisés,* tache centrale à bords ondulants.
4) Agitation vive, anneaux *évanouissants* ou absents.
5) Image tendant vers l'aspect *planétaire.*

Ce tableau permet de donner une certaine «note» à l'image d'une étoile. Braquer l'instrument sur une étoile proche du zénith, observer et lui attribuer sa note d'après le tableau ci-dessus.

Sans toucher à l'instrument, mesurer la *distance zénithale* c'est-à-dire l'angle formé par l'inclinaison du tube avec la verticale. Un rapporteur muni d'un fil à plomb convient très bien. Répéter cette mesure

pour six étoiles différentes : 2 hautes, 2 moyennes, 2 basses. Chaque étoile aura donc sa note et sa distance zénithale.

*Interprétation des mesures*

Le reste est une affaire de calcul et pour plus de clarté nous prendrons une mesure faite à l'Observatoire de Genève le 7 février 1959 à 0300 avec un télescope de 15 cm de diamètre.

Formons le tableau suivant, de 5 colonnes :

| (z) | (f) | (t) | (a) | (n) |
|---|---|---|---|---|
| 18° | 1,05 | 0,47 | 1/2 | 3 |
| 20° | 1,06 | 0,47 | 1/2 | 3 |
| 43° | 1,37 | 0,70 | 3/4 | 3.4 |
| 50° | 1,55 | 0,94 | 1 | 4 |
| 63° | 2,20 | 1,17 | 5/4 | 4.5 |
| 65° | 2,40 | 1,40 | 3/2 | 5 |

Dans la colonne (z) nous notons la distance zénithale des 6 étoiles étudiées. Dans la colonne (n) nous indiquons leur note (il est possible de donner une note intermédiaire, par exemple 3.4).

L'épaisseur d'atmosphère traversée est fonction de la sécante de l'angle (z). Le tableau ci-dessous indique, pour une couche donnée, l'épaisseur d'atmosphère traversée (épaisseur au zénith = 1).

Facteur (f) pour h = 3,5 km.

| (z) | (f) | (z) | (f) | (z) | (f) | (z) | (f) | (z) | (f) | (z) | (f) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0° | 1,00 | 16° | 1,04 | 32° | 1,18 | 48° | 1,49 | 64° | 2,28 | 80° | 5,66 |
| 2° | 1,00 | 18° | 1,05 | 34° | 1,21 | 50° | 1,56 | 66° | 2,45 | 82° | 6,99 |
| 4° | 1,00 | 20° | 1,06 | 36° | 1,24 | 52° | 1,62 | 68° | 2,66 | 84° | 9,12 |
| 6° | 1,01 | 22° | 1,08 | 38° | 1,27 | 54° | 1,70 | 70° | 2,91 | 86° | 12,95 |
| 8° | 1,01 | 24° | 1,09 | 40° | 1,31 | 56° | 1,79 | 72° | 3,12 | 88° | 20,78 |
| 10° | 1,02 | 26° | 1,11 | 42° | 1,35 | 58° | 1,89 | 74° | 3,60 | 90° | 30,17 |
| 12° | 1,02 | 28° | 1,13 | 44° | 1,39 | 60° | 2,00 | 76° | 4,10 | | |
| 14° | 1,03 | 30° | 1,15 | 46° | 1,44 | 62° | 2,13 | 78° | 4,75 | | |

Le facteur (f) n'est plus tout à fait proportionnel à la séc (z) pour les angles de plus de 60° car il faut tenir compte de la courbure de la terre. Malgré tout on l'appelle couramment « sécante z ».

Ce tableau nous permet de remplir la colonne (f). Exemple : pour 18°, (f) vaut 1,05.

Le télescope utilisé a un diamètre de 15 cm. Une formule simple permet de calculer le rayon du faux disque : soit 15 cm le diamètre du miroir. 14/15 = 0,935" (secondes d'arc). Le nombre de 14 est une constante.

Le mérite de cette méthode de mesurer est d'estimer directement la turbulence au moyen de la note attribuée à l'image. Le tableau suivant donne pour chaque note la valeur de la turbulence déterminée par l'expérience.

1 = moins que ¼ de a ; 2 = ¼ de a ; 3 = ½ de a ; 4 = a ; 5 = ³/₂ de a .

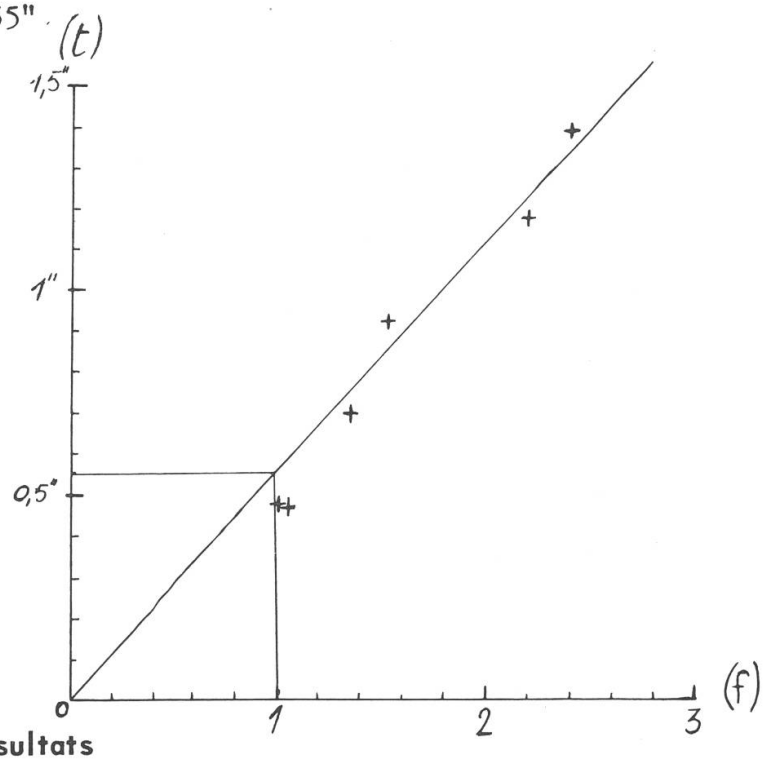
Nous pourrons ainsi remplir la colonne (a) de notre tableau. Exemple: Pour la note 3 de la première étoile, nous trouvons que la turbulence vaut ½ de a. Nous calculons immédiatement 0,935" : 2 = 0,467" que nous plaçons dans la colonne (t).

## Résolution graphique

Notre but est de connaître la valeur de la turbulence au zénith. Etablir le graphique ci-dessous.

L'axe horizontal porte les valeurs de (f) et l'axe vertical les valeurs de (t). Exemple: Pour la dernière étoile du tableau (f) = 2,4 et (t) = 1,4. Pour chaque étoile, faire de même. Nous obtenons une série de 6 points plus ou moins bien alignés. Nous devrons tracer au juger une droite partant de 0 et qui représente aussi bien que possible la moyenne des 6 points.

En élevant une perpendiculaire au point (f) = 1 nous obtiendrons immédiatement la valeur de la turbulence rapportée au zénith. Dans le cas présent : t = 0,55".

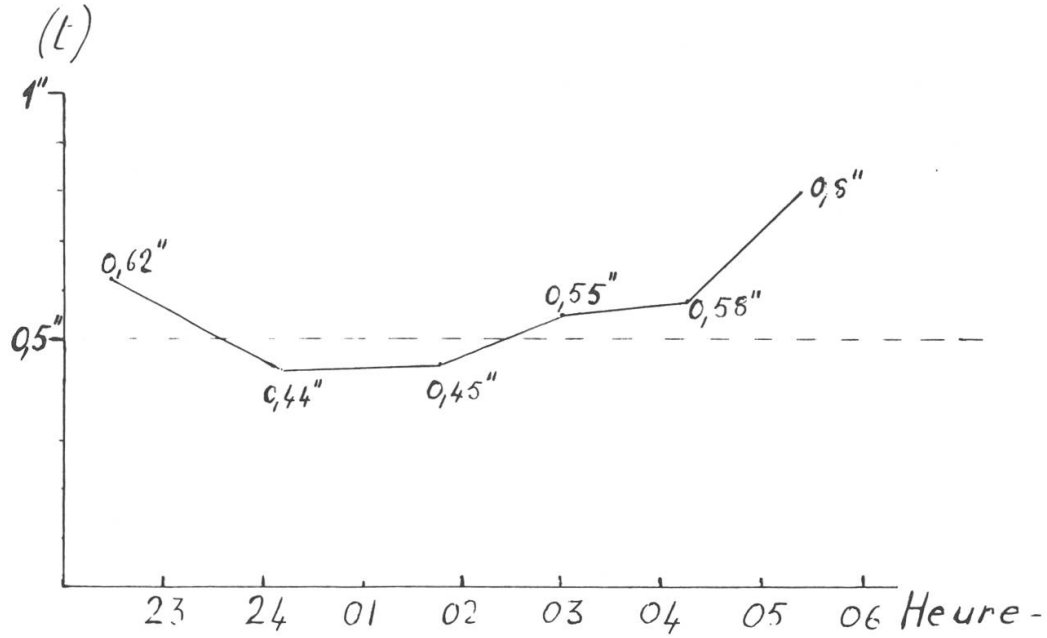



## Exploitation des résultats

1) Il peut être utile de connaître la variation de la turbulence dans le courant d'une même nuit.

2) L'étude de la turbulence peut se prolonger sur un ou plusieurs cycles saisonniers complets.

3) Enfin, par comparaison des mesures faites simultanément en plusieurs endroits, on pourra repérer le site le meilleur (au seul point de vue de la turbulence bien entendu !).




Evolution de la turbulence à l'Observatoire de Genève dans le courant de la nuit du 6 au 7 février 1959.

**Bibliographie**

Lunettes et télescopes. A. Danjon et A. Couder. Ed. de la Revue d'optique.

## APPEL AUX OBSERVATEURS SUISSES

Les astronomes amateurs qui disposent d'un télescope d'au moins 15 cm sont invités à collaborer à la recherche d'un emplacement pour le nouveau télescope de 1 m que possède l'observatoire de Genève.

Il suffit d'appliquer aussi souvent que possible la méthode qui a été exposée ci-dessus et d'en envoyer les résultats mensuellement à l'Observatoire de Genève sous la mention : «recherche d'un emplacement ».

Les personnes qui veulent participer à cette campagne de mesures sont priées de remplir la carte ci-jointe. Des informations complémentaires ainsi que des feuilles d'observation leur seront alors envoyées.

La durée de la campagne est prévue pour une année et nous remercions d'avance tous les astronomes amateurs qui nous feront bénéficier de leur aide et qui contribueront ainsi à la connaissance des qualités astronomiques du ciel suisse.

Le directeur de l'Observatoire de Genève :
Marcel Golay

# Aus der Forschung

## Provisorische Sonnenflecken-Relativzahlen Oktober-Dezember 1958

(Eidg. Sternwarte, Zürich)

| Tag | Okt. | Nov. | Dez. | Tag | Okt. | Nov. | Dez. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 210 | 217 | 241 | 17. | 208 | 72 | 124 |
| 2. | 217 | 201 | 234 | 18. | 235 | 67 | 109 |
| 3. | 200 | 174 | 228 | 19. | 225 | 92 | 91 |
| 4. | 155 | 175 | 221 | 20. | 231 | 94 | 77 |
| 5. | 152 | 138 | 238 | 21. | 202 | 108 | 92 |
| 6. | 132 | 131 | 218 | 22. | **242** | 131 | 114 |
| 7. | 120 | 98 | 242 | 23. | 230 | 142 | 150 |
| 8. | 105 | 114 | **262** | 24. | 173 | 161 | 185 |
| 9. | 109 | 85 | 247 | 25. | 166 | 188 | 222 |
| 10. | 117 | 89 | 232 | 26. | 158 | 224 | 239 |
| 11. | 106 | 76 | 224 | 27. | 152 | 243 | 206 |
| 12. | 114 | 84 | 211 | 28. | 172 | 258 | 170 |
| 13. | 133 | 91 | 198 | 29. | 200 | **271** | 162 |
| 14. | 136 | 93 | 185 | 30. | 187 | 254 | 172 |
| 15. | 149 | 90 | 150 | 31. | 210 | | 156 |
| 16. | 219 | 90 | 142 | | | | |

Monatsmittel: Oktober = 173.1; November = 141.7; Dezember = 185.2

M. Waldmeier

## Atomare und astronomische Zeit

Die Konstruktion von Atomuhren hat es ermöglicht, experimentell an eine Frage heranzugehen, die für Physik und Astronomie von grösster prinzipieller Bedeutung ist. Während bis vor kurzem die Zeitdefinition und Zeitmessung den Astronomen vorbehalten war, hat die Entwicklung der Quarzuhren die ernsthafte Frage aufgeworfen, ob man auch in Zukunft astronomische Erscheinungen zur Zeitdefinition verwenden wolle. Als erstes Ergebnis dieser Entwicklung ergab sich für die Astronomen der Zwang, die Bestimmung der Sekunde aus der Erddrehung aufzugeben, da diese zu starken Schwankungen ausgesetzt ist, als dass sie mit den genaueren Quarzuhren konkurrenzieren könnte; heute ist ja das tropische Jahr, bzw. sein der Sekunde entsprechender Bruchteil, als Zeiteinheit gültig. Es kommt aber noch der Umstand hinzu, dass die Quarzuhren ihre Zeiteinheit aus elastischen Schwingungen von Kristallen herleiten, die letzten Endes atomar bedingt sind. Hierin liegt ein prinzipieller Unterschied: die «astronomische Zeit» geht auf mechanische, genauer Gravitations-, die «atomare Zeit» auf Atomvorgänge zurück, und es ist gar nicht gesagt, dass die beiden Zeiten identisch sein müssen. Will man die Zeit durch den Gang von Quarzuhren definieren, so muss zuerst der Zusammenhang der beiden Zeiten geprüft werden. Dies ist mit Quarzuhren noch nicht möglich, wahrscheinlich aber mit Atomuhren.

Die Konstruktion einer Atomuhr beruht auf dem Bestehen scharfer Spektrallinien in Atomen oder Molekülen. Im wesentlichen ist die Einrichtung folgende: elektromagnetische Wellen werden auf Atome oder Moleküle geleitet, die eine Linie ganz bestimmter Schwingungsdauer absorbieren können. Die Frequenz der auffallenden Wellen wird dieser Linie angeglichen; gerät sie aber daneben, so tritt eine Rückkopplung in Funktion, welche die Frequenz so lange verändert, bis wieder die richtige Linienfrequenz erreicht ist. Auf diese Weise halten die Atome die Schwingungsdauer der auf sie fallenden Wellen mit ausserordentlich grosser Genauigkeit konstant. Die Wellen werden dann mit Hilfe von Quarzen und elektronischen Einrichtungen zum Betrieb einer Uhr verwendet. Die in Gebrauch stehenden Substanzen sind heute Ammoniak und Caesium, welche scharfe Linien im Gebiet der Zentimeter-Radiowellen besitzen, so dass die Schwingungen bequem erzeugt werden können.

Es wurde nun folgende Versuchsanordnung getroffen: in Teddington, England, ist eine Caesium-Uhr in Betrieb, die hauptsächlich dazu dient, eine gewöhnliche Quarzuhr zu kontrollieren. In Washington, D. C., läuft eine andere Quarzuhr, welche durch Zenithteleskopbeobachtungen auf astronomische Zeit geeicht wird; Schwankungen der Erdrotation werden dabei durch Mondbeobachtungen eliminiert. Die englische und die amerikanische Quarzuhr werden dann durch den Empfang der gleichen Radiosignale (Zeitzeichen) miteinander verglichen. Dadurch sollte es nach einiger Zeit möglich sein, Aenderungen in der von der Caesium-Uhr gelieferten atomaren Zeit festzustellen. Die beteiligten Wissenschafter vermuten, dass eine Aenderung von einem Milliardstel, falls vorhanden, in 10 bis 15 Jahren erkennbar werden sollte. P. Wr.

Lit.: Astr. J. 62 (25), 1957.

**Betrifft: Maksutow-Kamera und Maksutow-Cassegrain-Teleskop**

(Siehe «Orion» N° 61, Seite 457 usf.) Das lebhafte Interesse für diese Instrumente liess eine Anzahl Fragen in den Vordergrund treten, die aufzeigen, wie notwendig es ist, zu praktischen Erfahrungen zu kommen. Diese Fragen werden innerhalb der Studiengruppe lebhaft diskutiert. Zur Debatte stehen die Toleranzen, die Brennweite der Kamera und deren Grössenanordnung. An dieser schriftlichen und mündlichen Auseinandersetzung beteiligten sich dankenswerter Weise die Herren Prof. Dr. M. Schürer, Bern, Peter B. Weber, Altstätten SG., Dr. R. Stettler, Aarau, Herwin Ziegler, Nussbaumen-Baden, Dr. Vehrenberg, Düsseldorf, Dieter Lichtenknecker, Berlin-Schöneberg und Gerhard Klaus, Grenchen.

Da sich nun verständlicherweise bis jetzt diese Diskussion in der rein theoretischen Ebene bewegen musste, wurde versucht, in einen Erfahrungsaustausch mit den amerikanischen Praktikern zu kommen. Diese Berichte sind abzuwarten und werden den Mitarbeitern der Studiengruppe zur Kenntnis gebracht.

Die mit grossen Kosten und Risiken verbundene Serienherstellung von Meniskuslinsen zwingt zu sorgfältiger Vorprüfung aller auftauchenden Fragen. Besprechungen mit optischen Fachleuten über eine rationelle und fachlich einwandfreie Herstellung sind seit Wochen im Gange und werden fortgesetzt. Es hat den Anschein, als ob sich hier eine befriedigende Lösung anbahnt. Dabei steht ein Vorschlag des Herrn Klaus, den er bereits mit Herrn Prof. Schürer durchgesprochen hat, zur Prüfung. Dieser geht dahin, die Meniskuslinsen mit «relativ hohen Toleranzen» zu bestellen, dafür «punkto Kugelform der Flächen etc.» strenge Bedingungen zu stellen. Die so gefertigten Meniskuslinsen werden dann einzeln ausgemessen und der Krümmungsradius der dazu passenden Spiegel berechnet, sodass jeder Meniskus seinen Spiegel erhält. Dieser Vorschlag deckt sich sinngemäss mit den Ausführungen Maksutow's in seinem Buch: «Technologie der astronomischen Optik», wo er von den «Meniskussystemen» sagt, dass sie leicht zu korrigieren wären. Auch hinsichtlich des kleinen Keilfehlers verdient die Auffassung von Herrn Klaus Beachtung. Er betont, dass er vernachlässigt werden darf: es gebe trotzdem keine Spektren, da der Meniskus, obwohl er eine Einzellinse ist, praktisch achromatisch sei. «... das ist ja gerade einer der grossen Pluspunkte der Konstruktion ...» (Klaus).

**Betrifft: Würfelmontierung**

Die Reaktion auf den Bericht über die Spiegelschleifer-Tagung vom 27. Oktober 1957 in Zürich war zunächst sehr mager. Erst nach den grossen Sommerferien trafen Bestellungen in einer Höhe ein, die eine Serienauflage rechtfertigten. Das Auftragsergebnis war letztlich dann so, dass sich der Vorstand der Astron. Arbeitsgruppe entschloss, die erste Serie von 25 Stück Achsenkreuzen auf 40 und schliesslich auf 50 Stück zu erhöhen. Auch diese Anzahl ist fast vergriffen.

Zwischenzeitlich wurde weiter an der Verbesserung der Konstruktion gearbeitet, kleine Schwächen ausgemerzt. Eine besonders kritische Untersuchung erfuhr die Feinnachführung sowie die motorische Nachführung. Das Schneckenrad wurde verstärkt, die Zähnezahl von 240 auf 96 herabgesetzt. Hierdurch erfuhren die Einzelzähne eine bedeutende Verstärkung. Zugleich wurde die Schnecke und deren Achse um die Hälfte verstärkt. Das kostete viele Einzelversuche und zeitraubende Prüfungen. Der motorische Antrieb erfolgt nicht mehr – wie ursprünglich vorgesehen – durch Poullis, sondern Zahnräder.

Diese Verbesserungen sind mit einem Mehrpreis verbunden, der äusserst berechnet wird. Den Bestellern geht darüber noch Bericht zu. Auf Wunsch können die Holzteile des Achsenkreuzes fertig spritzlackiert in Elfenbein geliefert werden. Auch darüber wird der Bericht Auskunft geben.

In erfreulicher Weise zeigten gerade die ersten Besteller eine geradezu astronomische Geduld, wofür ihnen ganz herzlich gedankt sei. Die wenigen Ungeduldigen wollen sich bitte vor Augen halten, welche Arbeitsfülle allein die Vorbereitungsarbeiten erfordern, sind doch immerhin rund 3500 Einzelteile zu beschaffen und teilweise zu verarbeiten. Von der riesigen Korrespondenz ganz abgesehen, muss weiter bedacht werden, dass die Arbeiten mehr oder weniger privat durchgeführt werden und nicht in einer Fabrik. Sonst wären ja die geforderten Preise ein vielfaches höher.

Die ersten Auslieferungen (in der Reihenfolge des Bestellungseinganges) sollen demnächst erfolgen. Das entgegengebrachte Vertrauen wird sich – wie alle Mitarbeiter hoffen – durch das Endergebnis rechtfertigen.

Anfragen (Rückporto!) zu richten an:
Prof. P. K. Nik SAUER, Notkerstrasse 215, St. Gallen.

## Buchbesprechungen – Bibliographie

### Der Sternenhimmel 1959

*Von Robert A. Naef, Verlag H.R. Sauerländer & Cie., Aarau.*

Angesichts der stürmischen Entwicklung der Liebhaber-Astronomie in unserem Lande, die in den letzten neun Jahren gegen 1000 Sternfreunde in die Reihen unserer schweizerischen Gesellschaft führte, ist es nützlich, auch die vielen Anfänger auf Naef's Sternbüchlein aufmerksam zu machen.

Jedem ernsthaften Amateur ist dieser alljährlich erscheinende «Baedecker des gestirnten Himmels» längst unentbehrlich geworden. Sei es, dass der Sternfreund am Himmel nur «spazieren sehen» möchte, sei es, dass er Mondstudien treiben, sich schwierigen Planeten-Beobachtungen oder dem grossen Reiche der veränderlichen Sterne widmen will – er findet im «Naef» alle die Unterlagen, die er braucht. Die einzigartige «Tagesübersicht», die Tag für Tag ausführlich anzeigt, was am Himmel gerade günstig zu sehen ist (mit unbewaffnetem Auge, mit dem Feldstecher oder mit dem Fernrohr), stellt mit den erklärenden Kärtchen und Plänen wirklich eine Fundgrube dar.

Daneben findet man allerlei Interessantes in Wort und Bild, wie z.B. über das Riesen-Radio-Teleskop in Jodrell Bank bei Manchester, seltene Sternbedeckungen, zuverlässige Angaben über die kommende totale Sonnenfinsternis auf den Kanarischen Inseln im Oktober dieses Jahres (Kollektiv-Reise unserer Gesellschaft, der sich jedermann anschliessen kann) – kurz, Naef's Jahrbüchlein ist der unentbehrliche Helfer eines jeden Liebhaber-Astronomen, sei er Anfänger oder seit Jahren Kenner des gestirnten Himmels.

Möge das verdienstliche Werk, hinter dem eine überaus grosse Arbeit verborgen liegt, auch dieses Jahr einen erweiterten Kreis von Liebhabern finden! r.

### R. A. Naef – Der Sternenhimmel 1959

*Editeurs H. R. Sauerländer & Cie., Aarau.*

Il est à peine nécessaire de présenter aux lecteurs d'«Orion» l'excellent annuaire publié par M. Naef, sous les auspices de la Société astronomique de Suisse. Depuis 19 ans qu'il paraît, des amateurs d'observation de plus en plus nombreux ont appris à s'en servir et à l'apprécier. Le plan général est inchangé, depuis l'an dernier, de même que l'ampleur: 126 pages denses, couverture comprise. On retrouve avec plaisir la Table mensuelle des positions planétaires, les cartes de trajectoire pour chacune d'elles, les cartes du ciel visible de 2 en 2

mois, les résumés mensuels et le répertoire des phénomènes observables jour par jour. Au nombre des innovations, citons une carte de la trajectoire de la petite planète Vesta, qui se maintient à la 7e grandeur pendant tout le premier semestre. La carte de la Lune, quoique sommaire, sera appréciée des débutants ; elle rendrait plus de services encore si elle était pourvue d'un fin réseau de méridiens et de parallèles.

Parmi les phénomènes particuliers que nous promet l'année 1959, plus généreuse que la précédente, relevons-en deux : Le 7 juillet, en plein jour, Vénus occultera l'étoile de première grandeur Régulus : cas rarissime, qui se présentera, le ciel le voulant, dans des conditions favorables. Enfin, le 2 octobre, ce sera l'éclipse totale de soleil, partielle de phase ⅓ pour la Suisse, impatiemment attendue par ceux qui participeront au voyage collectif aux Iles Canaries organisé par la SAS.

La présentation typographique de l'annuaire et la qualité des clichés font honneur à la maison Sauerländer. M.M.

## Beobachter-Ecke

### Besondere Erscheinungen April-Mai 1959

Von den hellen Planeten entwickelt sich *Venus* - vorerst noch etwas zögernd - zum hellglänzenden Abendstern. Sie wird bis Mitte April zu den Plejaden vorrücken. Im Mai erreicht sie eine lange Sichtbarkeitsdauer. - *Mars*, der das Sternbild des Stiers durchquert, entfernt sich weiterhin von der Erde ; sein Durchmesser verringert sich bis Ende April auf nur 5". - *Jupiter* und *Saturn* sind morgens zu beobachten. Jupiter steht am 18. Mai in Opposition zur Sonne. Im April sind aussergewöhnliche Jupiter-Trabantenerscheinungen zu beobachten. - In der mondscheinlosen Zeit halte man jetzt abends noch Ausschau nach der *Zodiakallicht-Pyramide*. - Weitere Einzelheiten, bildliche Darstellungen und Tafeln im Jahrbuch « Der Sternenhimmel 1959 » .

## La page de l'observateur

### Soleil

Les brouillards de novembre et décembre ne permettent guère sous nos climats une étude suivie du Soleil. Par contre, le mois de janvier a été exceptionnellement ensoleillé, et nous avons pu reprendre nos observations avec régularité. Une tache importante s'est montrée durant le premier tiers du mois, mais l'activité a été encore plus forte durant le troisième tiers, où deux grands groupes de taches sont apparus, visibles à l'œil nu du 23 au 25 janvier en tout cas.

**Lune**

La presse a signalé cet automne l'observation par un astronome russe, d'une lueur à proximité du pic central d'Alphonse. Comme le Dr Kozyrev était précisément occupé à l'exécution de spectrogrammes servant à l'étude de la luminescence du sol lunaire, il put ainsi étudier spectrographiquement le phénomène, et décela la présence des raies d'émission du carbone[1].

De telles lueurs avaient déjà été observées visuellement en diverses circonstances (le Dr Du Martheray en avait vu à deux reprises dans le Cirque Platon : voir sa relation dans le N° 37 d'«Orion».), mais c'est la première fois à notre connaissance que des spectres en sont pris. Ces phénomènes sont donc une réalité, ce qui doit encourager les observateurs à une surveillance plus attentive de notre satellite.

**Mars**

s'éloigne rapidement. Son pôle Nord, seul détail que l'on pourrait encore suivre avec intérêt, est malheureusement peu visible à cause de la forte latitude négative du centre.

**Jupiter**

au contraire, se rapproche. On pourra commencer à l'observer le matin, et il y aura lieu de rechercher si, comme on peut le supposer après les bouleversements de l'année passée, la bande Equatoriale Sud s'est maintenant reformée sur tout le tour de la planète.

E.A.

## Mitteilungen – Communications

**Mitgliederbeitrag 1959 — Cotisations pour 1959**

Gemäss Beschluss der letztjährigen Generalversammlung in Neuchâtel beträgt der Beitrag der Einzelmitglieder pro 1959 Fr. 14.– (Ausland Fr. 16.–). Die Erhöhung ist bedingt durch die wachsenden Ausgaben unserer Gesellschaft, insbesondere für Druckkosten des «Orion». Der vorliegenden Nummer liegt ein Einzahlungsschein bei und wir bitten unsere Einzelmitglieder den Beitrag prompt zu begleichen. Kollektivmitglieder zahlen an ihre eigenen Lokalgesellschaften (vgl. « Orion » N° 61, S. 460 und 462). Der Vorstand.

En vertu d'une décision de l'Assemblée générale de Neuchâtel, la cotisation des membres isolés a été portée de Fr. 12.– à Fr. 14.– pour 1959. L'augmentation est nécessitée par les frais croissants de notre société, spécialement pour l'impression d'«Orion». Ce numéro contient un bulletin de versement, au moyen duquel nous prions nos membres isolés de bien vouloir verser leur cotisation aussi rapidement que possible. Le Comité.

[1]) Un article sur cette observation, dû au Dr Kozyrev lui-même vient de paraître dans « Sky and Telescope » de février 1959. Il reproduit entre autres le spectrogramme montrant la raie d'émission, très proche du pic central d'Alphonse.

## „Der Sternenhimmel 1959"

**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!

1959 ist wieder reich an aussergewöhnlichen Erscheinungen!

**Ausführliche Angaben über die totale Sonnenfinsternis mit bildlichen Darstellungen, unter besonderer Berücksichtigung der Sichtbarkeitsverhältnisse auf den Kanarischen Inseln, ferner Einzelheiten über die beiden Mondfinsternisse, eine aussergewöhnlich seltene Bedeckung eines Sterns 1. Grösse — Regulus im Löwen — durch Venus, sowie andere Sternbedeckungen. Hinweise auf einen Kometen und eventuelle aussergewöhnliche Meteorschauer 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**

**Beschreibung des grössten Radioteleskops der Welt mit Bildern**

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



**Inseraten-Tarif — Tarif de la publicité**

| | |
|---|---|
| 1 Seite/page | Fr. 320.— |
| ½ Seite/page | Fr. 180.— |
| ¼ Seite/page | Fr. 100.— |

für viermaliges Erscheinen — pour quatre insertions, au total

Kleine Inserate, für einmal. Erscheinen: 20 Rp. pro Wort, Ziffer od. Zeichen
Minimum Fr. 10.—

Petites annonces, pour une insertion: 20 cts. le mot, chiffre ou signe
Minimum Fr. 10.—

Alle Inserate sind zu senden an — Les annonces sont à envoyer à

**Roulet, Chernex-Montreux** — Tél. (021) 6 43 90 - Chèques post. II b 2029

A. Z.
Schaffhausen

Hrn. Otto Barth, Ing. ETH, Hans Hässigstr. 16,
Aarau

# ORION

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

**SCHAFFHAUSEN** **JANUAR — MÄRZ 1959** **Nr. 63**
13. Heft von Band V — 13me fascicule du Tome V

REDAKTION: Rob. A. Naef, «Orion», Auf der Platte, Meilen (Zch.) (dtsch. T.)
M. Marguerat, 14, Av. Milan, Lausanne (texte français)

Alle Zuschriften, den Text der Zeitschrift betreffend, sind an die Redaktion (Meilen-Zch. für deutschen Text, Lausanne für französischen Text) zu senden. Separatabzüge nur auf Wunsch und zum Selbstkostenpreis.

*Prière d'adresser tous les articles pour le Bulletin et les questions rédactionnelles à la Rédaction (Lausanne pour le texte français, Meilen-Zch. pour le texte allem.) Tirages spéciaux à part sur demande, au prix de revient.*

STÄNDIGE MITARBEITER: / COLLABORATEURS:
E. Antonini, 11, Chemin de Conches, Genève
Ed. Bazzi, Ing., Guarda (Engadin)
Dr. M. Flückiger, Lausanne
Dr. E. Leutenegger, Frauenfeld
P. K. Nik Sauer, St. Gallen
Dr. P. Wilker, Bern

REKLAME: Zuständig für alle Fragen betr. Inserate im «Orion»:
*Pour toutes questions de publicité dans l'«Orion»:*
Mr. *Gustave Roulet*, Chernex sur Montreux (Vaud), Tél. 6 43 90

SEKRETARIAT: Hans Rohr, Vordergasse 57, Schaffhausen
Zuständig für alle administrativen Fragen. *Pour toutes les questions administratives.*

KASSIER: Max Bührer, Brauerweg 11, Schaffhausen. Postcheck Bern III 4604.

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 frs. 16.—, par an, abonnement du bulletin inclus.*

INHALTSVERZEICHNIS — SOMMAIRE:

Aufsätze — *Articles:* Seite:
An unsere Leser — *A nos lecteurs* . . . . . 521
*Chalonge D.:* Stern-Populationen . . . . . 523
*Rufener F.:* Classifications stellaires . . . . . 539
*Bachmann H.:* Die ersten Mondraketen und der erste künstliche Planetoid . . . . . 553
*Goy G.:* Etude de la turbulence en vue de la détermination de l'emplacement d'un télescope de 1 m de diamètre . . . . . 561
Aus der Forschung . . . . . 566
Studiengruppe für Astro-Technik, -Optik und -Photo der SAG . . . . . 568
Buchbesprechungen — *Bibliographie* . . . . . 570
Beobachter-Ecke . . . . . 571
La page de l'observateur . . . . . 571
Mitteilungen — *Communications* . . . . . 572