

**Zeitschrift:** Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen  
**Herausgeber:** Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen  
**Band:** 9 (1957)

**Artikel:** Wir betrachten den Sternenhimmel  
**Autor:** Egger, Fritz  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-584751>

#### 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:** 08.02.2026

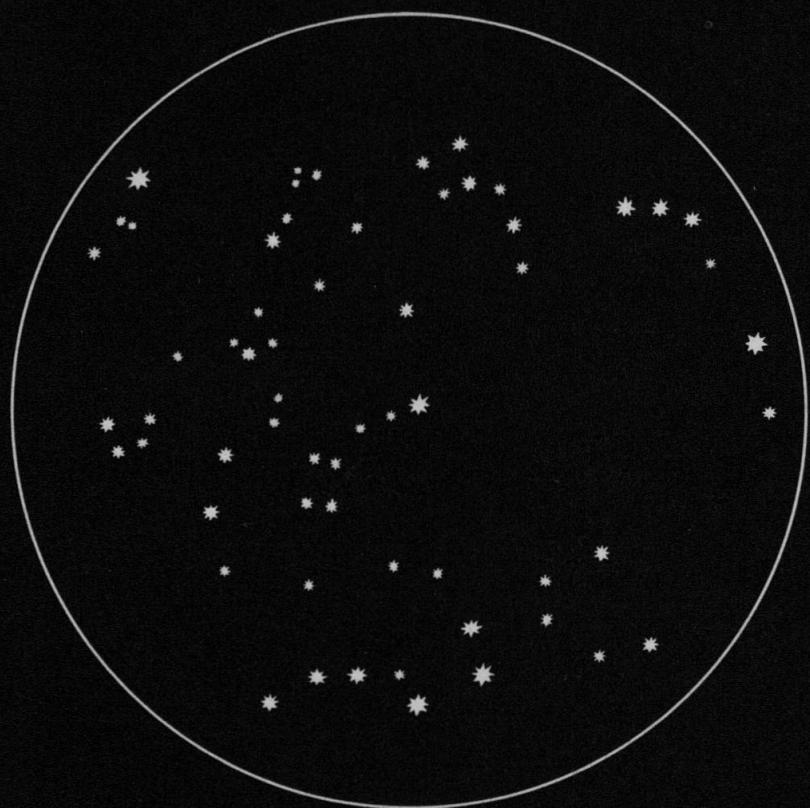
**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# **NEUJAHRSBLETT**

herausgegeben

von der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen  
auf das Jahr 1957

9. Stück



**Wir betrachten den Sternenhimmel**

von FRITZ EGGER

# **NEUJAHRSBLETT**

herausgegeben  
von der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen  
auf das Jahr 1957

9. Stück

# **Wir betrachten den Sternenhimmel**

**Wegleitung  
für den Besucher der Schul- und Volkssternwarte**

von FRITZ EGGER

Titelzeichnung ausgeführt durch G. Zimmermann, Grafiker, Neuhausen am Rheinfall  
Buchdruckerei Karl Augustin, Thayngen-Schaffhausen, 1956  
Auflage: 2000

## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
<b>Zum Geleit . . . . .</b>	<b>6</b>
<b>Vorwort . . . . .</b>	<b>7</b>
1. Schaffhausen bekommt eine astronomische Beobachtungsstation ! . . . . .	9
2. Das Weltall — Gegenstand der astronomischen Forschung . . . . .	10
3. Das Fernrohr — wichtigstes Beobachtungsinstrument des Astronomen . . . . .	13
4. Kleine Spiegelgeschichte (von Hans Rohr) . . . . .	18
5. Helligkeit und Farbe der Gestirne . . . . .	23
6. Das Spektrum der Sterne . . . . .	25
7. «Systematik» der Sterne . . . . .	27
8. Die Entfernungsbestimmung im Weltall . . . . .	31
9. Sterne im Fernrohr beobachtet . . . . .	32
10. Sternhaufen . . . . .	34
11. Die Verteilung der Sterne . . . . .	35
12. Der Raum zwischen den Sternen . . . . .	37
13. Neue Sterne . . . . .	38
14. Der Raum außerhalb unserer Milchstraße . . . . .	39
15. Unsere Sonnenfamilie . . . . .	41
Die Sonne . . . . .	42
Die Planeten . . . . .	43
Der Mond . . . . .	45
<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>	<b>47</b>

## **Geleitwort**

Mit nie erlahmender Arbeitsfreude und mit frohem Mut hat unsere im Jahre 1946 gegründete Astronomische Arbeitsgruppe den Gedanken der Errichtung einer einfachen Sternwarte zu verwirklichen gesucht.

Im Jahre 1955 legte sie einem erweiterten Komitee die Pläne und ein Budget vor. Die Pläne hatten die Herren Walter Henne, Architekt, und Erwin Maier, Ingenieur, entworfen. Das Budget lautete auf 70 000 Franken, wovon auf die Baukosten 41 000 Franken und auf das Instrument und seine Montierung 29 000 Franken entfielen. Nach langem Suchen wurde der geeignete Bauplatz im Areal des Steigschulhauses gefunden und von der Stadt kostenlos zur Verfügung gestellt.

In der Folge begannen Vorstand und Gruppe einen Baufonds zu sammeln. Sie wandten sich zu diesem Zwecke an die kantonalen und städtischen Behörden, an den Kantonsschulverein, an die Schaffhauser Industrie und an die Mitglieder, Freunde und Förderer der Naturforschenden Gesellschaft und fanden überall ein freundliches, ermutigendes Entgegenkommen. Die zugesicherten Beiträge inbegriffen, enthält der Baufonds heute annähernd 45 000 Franken, sodaß, weil größere Arbeiten von den Mitgliedern der Fachgruppe geleistet werden, mit dem Bau begonnen werden kann. Es ist unser Wunsch, die bescheidene «Schul- und Volkssternwarte» im Jahre 1957 der Öffentlichkeit zur Verfügung stellen zu dürfen!

Die Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen überreicht in herzlicher Dankbarkeit das 9. Neujahrsblatt, das den Initianten des Unternehmens, Herrn Fritz Egger zum Verfasser hat, all ihren treuen Helfern und Mitgliedern!

Für die Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen

Der Präsident:

Arthur Uehlinger

Der Redaktor der Neujahrsblätter:

Bernhard Kummer

Der Leiter der Astronomischen Arbeitsgruppe:

Hans Rohr

## Vorwort

Im Laufe des kommenden Jahres wird der lange gehegte Wunsch nach einer Schul- und Volks-Sternwarte in Schaffhausen in Erfüllung gehen. Die Bezeichnung «Sternwarte» mag vielleicht etwas hochtrabend sein, ist es doch mehr ein offenes Fenster, durch das unsere Schuljugend und all die erwachsenen Sternfreunde ins Universum hinausblicken mögen. Die wenigsten werden dies tun mit der Absicht, einen Beitrag an die wissenschaftliche Forschung zu leisten; sie möchten vielmehr ein weiteres Stück Schöpfung kennen lernen — allerdings ein Stück von gewaltiger Großartigkeit!

Der Volksschule fällt die große Aufgabe zu, die Jugend für ihr späteres Leben auszurüsten. Sie gibt ihr notwendiges Wissen und Können; sie soll den heranwachsenden Menschen aber auch lehren, die Augen offen zu halten für all die Wunder, die uns umgeben. In diesem Sinne möge die werdende Beobachtungsstation in erster Linie der Jugend dienen.

Da bei den Vorführungen am Fernrohr ein Eingehen auf alle anstürmenden Fragen nicht immer möglich sein wird oder doch mit Schwierigkeiten verbunden ist, soll auf den folgenden Seiten versucht werden, einen gedrängten Ueberblick über die Probleme der Astronomie, einen Einblick in ihre Arbeitsmethoden und einen Vorgeschmack dessen zu geben, was das «Schaffhauser Teleskop» in einer sternklaren Nacht zeigen kann. Wir wenden uns damit an die Besucher der Sternwarte, aber auch an die Naturfreunde, die sich nur am Rande mit Sternkunde befassen oder den Aussagen der Astronomen vielleicht sogar skeptisch gegenüberstehen. Vor allem aber möchten wir dem Lehrer an die Hand gehen bei der Vorbereitung des Besuches mit seinen Schülern. Wir sind hier ganz auf seine Mitarbeit angewiesen; nur mit seiner Hilfe kann der Fragestrom etwas gelenkt werden.

Auch in den Kreisen der Fachastronomie ist man sich bewußt, daß wissenschaftliche Forschung nur dann erfolgreich betrieben werden kann, wenn sie einen breiten Fuß, d.h. Interesse, im Volke besitzt. Die Schule ist dazu berufen, diesen Fuß zu schaffen und zu weiten. Auf diese Weise vermögen die Lehrer der Wissenschaft indirekt einen großen Dienst zu leisten. Unser Aufruf möge nicht ungehört verhallen, sondern dazu führen, den Buben und Mädchen zu zeigen, daß die Welt hinter dem Kohlfirst nicht aufhört, daß sie auch außerhalb der Erde weitergeht, und daß das All erfüllt ist von Geheimnissen, die wir nur ahnen können!

Im vollen Bewußtsein, auf einem halben Hundert Seiten kein Lehrbuch der Astronomie niederschreiben zu können, habe ich auf jegliche Vollständigkeit verzichtet und nur einige wesentliche Probleme herausgegriffen, die in Diskussionen mit Naturfreunden oft im Vordergrund stehen. Wer tieferen Einblick in die Wissenschaft von den Sternen erlangen möchte, greife zu den ausgezeichneten Standardwerken, auf die am Schluf hingewiesen ist. Dem Schaffhauser bietet sich außerdem die Gelegenheit, in der Astronomischen Arbeitsgruppe der Naturforschenden Gesellschaft mit Gleichgesinnten viele Anregungen zu finden.

Bei der Vorbereitung dieses Heftes durfte ich die wertvolle Hilfe von Hans Rohr und Ferdinand Füllemann in Anspruch nehmen; diesen Helfern und all den stillen Mitarbeitern bei der Planung der Beobachtungsstation sei an dieser Stelle herzlich gedankt. Ebenso möchte ich der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft danken für die Ueberlassung des Bildmaterials.

Im Oktober 1956.

Fritz Egger.

## **1. Schaffhausen bekommt eine astronomische Beobachtungsstation**

Als im Jahre 1945 in der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen die Bildung einer Astronomischen Arbeitsgruppe diskutiert wurde, standen folgende drei Gesichtspunkte im Vordergrund:

- dem großen Interesse unserer Mitglieder an der Sternkunde durch Vorträge und Diskussionsabende entgegenzukommen;
- unter kundiger Anleitung Gelegenheit zum Selbstbau eines leistungsfähigen Beobachtungsinstrumentes zu bieten;
- den Schulen und Sternfreunden von Schaffhausen eine bescheidene Beobachtungsstation, eine Schul- und Volkssternwarte, zu verschaffen.

In vielen Zusammenkünften, Diskussionsabenden, Vorträgen und Exkursionen ist dem ersten Gedanken seit über 10 Jahren Rechnung getragen worden. Diese Veranstaltungen sollen auch weiterhin das Rückgrat der Astronomischen Arbeitsgruppe bilden.

In 11 Schleifkursen haben bis heute insgesamt 160 Sternfreunde von Schaffhausen und Umgebung rund 200 Teleskopspiegel geschliffen. Von Schaffhausen aus sind an verschiedenen Orten der Schweiz mehrere Spiegelschleifgruppen gebildet worden, sodaß die Schweiz augenblicklich das Land mit der dichtesten «Sternfreundbesiedelung» unseres Planeten ist.

Wie in Abschnitt 4 geschildert wird, steht das Kernstück unserer bescheidenen Beobachtungsstation schon seit mehreren Jahren bereit: es ist der Hohlspiegel von 26 cm Durchmesser. Er wurde in einem der ersten Schleifkurse geschliffen, damals, als die Realisierung des Wunsches nach einer Schulsternwarte in die Nähe gerückt schien. Verschiedene Umstände verzögerten die Ausführung der Pläne. Glücklicherweise, können wir heute sagen; denn unterdessen haben Konstrukteure unter den Spiegelschleifern viele wertvolle Erfahrungen gesammelt, der Gedanke des «Sternenhimmels für jedermann» hat in den vergangenen Jahren Fuß fassen können in weiten Kreisen der Bevölkerung, vor allem dank dem Wirken der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft. Auch ist im vergangenen Jahre die Möglichkeit aufgetaucht, eine einwandfreie Fernrohr-Montierung zu günstigen Bedingungen zu erwerben.

Welches sind die Aufgaben dieser kleinen Sternwarte, für welche die Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen das Patronat übernommen hat?

In erster Linie soll sie den Schulen, von Stadt und Land, dienen. Das Interesse der Schuljugend an den Wundern des gestirnten Himmels ist sehr groß. Einige von ihnen in einem guten Fernrohr selbst sehen zu können, ist der heimliche Wunsch manches Buben oder Mädchens. Auf verschiedenen Stufen der Kantonsschule bildet die Möglichkeit der Benützung eines gut ausgestatteten Teleskopes eine wertvolle Ergänzung des Unterrichtes.

Aber auch weite Kreise der übrigen Bevölkerung möchten Aufschluß über die Ereignisse am Himmel und hegen den Wunsch, gelegentlich durch ein Fernrohr den Mond oder die Ringe des Saturn betrachten zu können.

Für Schule und Volk füllt so die öffentliche Beobachtungsstation eine Lücke in den Bildungsmöglichkeiten aus. Ein großes und gut gebautes Instrument, wie es auf die Steig zu stehen kommt, verpflichtet aber noch zu mehr: zu bescheiden ernsthafter wissenschaftlicher Betätigung. Wenn auch keine epochemachenden Entdeckungen zu erwarten sind, kann mit den zur Verfügung stehenden Mitteln äußerst wertvolle Arbeit auf verschiedenen Gebieten der astronomischen Forschung geleistet werden.

Mit unserem Unternehmen hoffen wir, uns würdig in die Reihe der astronomischen Tätigkeit anderer Schaffhauser, zu anderen Zeiten, einzureihen. Von dieser Aktivität finden wir in unserer Stadt, im Museum und in der Stadtbibliothek verschiedene Zeugen. Wohl eines der schönsten Werke und eines der ältesten, nämlich aus dem Jahre 1564, ist die astronomische Uhr auf dem Fronwagplatz. Sie ist vom Steiner Bürger Joachim Habrecht verfertigt worden, einem Mitglied der besonders durch die astronomische Uhr im Straßburger Münster berühmt gewordenen Familie. Das Uhrwerk gibt gleichzeitig Auskunft über Stunde, Tag, Monat (Tierkreiszeichen), über Stellung von Mond und Sonne sowie über bevorstehende Finsternisse des Tages- und des Nachtgestirns. Im Museum zu Allerheiligen befinden sich Kalendarien (um 1720), ein Himmelsglobus (1750) und ein Planetarium, verfertigt von Thomas Spleiß. In der Stadtbibliothek finden wir Publikationen über absonderliche Kometenerscheinungen, Frühausgaben von Werken aus dem 17. Jahrhundert (Galilei), die alle Kunde geben von der großen wissenschaftlichen Regsamkeit verschiedener Schaffhauser Gelehrter, von denen hier besonders die Glieder der Familie Spleiß und der Mathematik- und Physikprofessor Christoph Jezler (1734—1791) erwähnt seien. Aber auch in neuerer Zeit sind Mitglieder der Naturforschenden Gesellschaft auf dem Gebiet der Astronomie hervorgetreten, wie z.B. Heinrich Meyer-Bührer (1873—1953), dessen Astronomiezimmer im ehemaligen Naturhistorischen Museum sicher noch in Erinnerung ist.

## 2. Das Weltall — Gegenstand der astronomischen Forschung

Kein anderer Zweig der wissenschaftlichen Betätigung hat einen derart umfassenden und großartigen Forschungsgegenstand wie die Astronomie. Wie kaum eine andere Wissenschaft ist die Sternkunde seit Jahrtausenden mit der Geistes- und Kulturgeschichte äußerst eng verknüpft. Aber auch keine andere Naturerscheinung wird in so skrupelloser Weise für die Nährung des sinnlosen Aberglaubens ausgenutzt, wie der stille Lauf der Gestirne.

Es ist jedermann möglich, sich Einblick in das Geschehen im Weltall zu verschaffen, auch ohne Kenntnisse in höherer Mathematik und ohne in der

Einsteinischen Relativitätstheorie oder gar in der neuesten Atomphysik zu Hause zu sein. Verschaffe er sich diesen Einblick! Er wird erstaunt sein über die Größe der Welt; er stellt — vielleicht mit Mißbehagen, eher jedoch mit Erleichterung — fest, daß er nicht der Mittelpunkt der Welt ist. Aengstliche Seelen werden beruhigt sein darüber, daß die Sterne weder gut noch böse sind und nicht im Sinn haben, in irgend einer geheimnisvollen Weise — von den Astrologen freilich «einwandfrei wissenschaftlich» berechnet — auf unsere Zukunft einzuwirken. Gerade die Beschäftigung mit den Sternen zeigt uns unmöglich verständlich, daß sich Naturwissenschaft und Religion nicht ausschließen, sondern beide hinweisen zur allumfassenden Macht des Schöpfers.

Das Weltall zeigt sich dem unbefangenen Beschauer nicht unmittelbar als etwas Räumliches. Der nächtliche Sternenhimmel erweckt eher den Eindruck eines Gewölbes, an dem, wie Edelsteine, die Sterne leuchten. Diese Vorstellung war auch die erste, die die Wissenschafter des Altertums hatten: Die Erde eine Scheibe, umgeben von den ewigen Wassern, alles zusammen eingeschlossen in die kristallene, mit den Himmelslichtern besetzte Himmelskugel.

Schon der oberflächliche Beobachter wird im Laufe weniger Stunden feststellen, daß sich der gesamte Teppich der Sternbilder langsam gegen Westen verschiebt. Es ist vorerst ganz naheliegend, diese Bewegung dem ganzen Himmelsgewölbe um die feststehende Erde zuzuschreiben. Während Jahrtausenden glaubte man so an die Unverrückbarkeit der Erde, als Zentrum der Welt. Mit wenigen Ausnahmen behalten jedoch die Sterne ihre gegenseitige Stellung bei, d.h., wir können Nacht für Nacht die verschiedenen Sternbilder erkennen, wie den Himmelwagen, die Cassiopeia, oder den Orion. Nur wenige Himmelslichter verändern ihren Platz unter den übrigen Sternen. Dies sind vor allem die Sonne und der Mond, dazu die eigentlichen Wandelsterne, die Planeten. Während Sonne und Mond sich in regelmäßigem Lauf unter den übrigen Sternen — den Fixsternen — von Westen nach Osten bewegen, beschreiben die eigentlichen Wandelsterne, wie Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn, ziemlich verschlungene Bahnen, teils von West nach Ost, teils von Ost nach West. Das Zustandekommen dieser Schleifen war für die alten Astronomen vorerst ein Rätsel, dem sie umso weniger beikommen konnten, als sie davon überzeugt waren, daß die Erde im Zentrum der Welt stünde, und sich deshalb alles um sie herum drehen müsse.

Erst vor rund 300 Jahren vermochte sich die Ansicht durchzusetzen, daß die Beschreibung und das Verstehen der Planetenbewegungen viel einfacher ist, wenn nicht die Erde, sondern die Sonne in die Mitte dieser wandelnden Sterne gesetzt wird. In der Folge wurden auch die Gesetze für den Ablauf der Planetenbewegung gefunden, und aus der einstigen fastenden Astronomie ist die heutige Wissenschaft geworden, die es ermöglicht, die Stellung von Sonne, Mond und Planeten mit höchster Genauigkeit für jeden beliebigen Zeitpunkt der Vergangenheit und Zukunft zu berechnen.

Aber auch die Vorstellung von der Welt der Fixsterne erfuhr im Laufe der vielen Jahrhunderte grundlegende Wandlungen. Bis ans Ende des Mittelalters im 16. Jahrhundert vermochte sich die Ansicht zu halten, daß die Fixsterne ausschließlich zum Nutzen und Frommen der Menschheit an der kristallenen Kuppel des Himmels befestigt seien. Es war ein ketzerisches Vorgehen des Mönches Giordano Bruno (16. Jh.), zu behaupten, unsere «Welt», die Erde, sei nicht die einzige ihrer Art, jeder Stern am Himmel sei eine Sonne und eine Welt für sich. Die Behauptungen Brunos konnten erst nahezu 300 Jahre später nachgeprüft werden, als es gelang, zum erstenmal die Entfernung eines Fixsterns zu bestimmen. Man vernahm mit Staunen, daß die nächsten Sterne Dutzende von Billionen Kilometer weit entfernt sind, hundertausende Male weiter weg als unsere Sonne. Der Erkenntnis konnte man sich nicht mehr verschließen, daß jene Himmelskörper mindestens so groß wie die Sonne sein müssen, um überhaupt von uns Menschen aus dieser Distanz gesehen werden zu können. Heute zweifelt niemand mehr an der Richtigkeit dieser Vorstellung. Nach und nach rundete sich das Bild der räumlichen Verteilung der vielen fernen Sonnen. Dank den immer wirkungsvolleren Teleskopen dringt unser Blick dauernd weiter in den Weltraum hinaus. Heute gibt sich der Astronom mit Himmelskörpern ab, deren Licht länger als eine Milliarde Jahre unterwegs war, bis es in einem seiner Teleskope aufgefangen wird.

Aber nicht nur mit der räumlichen Verteilung der Himmelskörper beschäftigt sich die Astronomie, sie gibt sich auch mit dem inneren Aufbau, der Entwicklung und dem Alter der Sterne ab. Es scheint dies ein verwegenes Unterfangen zu sein, trennen uns doch unvorstellbare Distanzen von den als dimensionslos leuchtende Punkten erscheinenden fernen Sonnen. Unermüdlicher Forscher- und Erfindergeist hat Methoden geschaffen, um aus dem spärlichen Licht nahezu alle nur wünschbare Auskunft herauszuholen.

Glaubte man noch bis vor 60 Jahren, daß die Sterne verlorene Inseln im Nichts seien, so mußte man bald erkennen, daß auch der Raum zwischen ihnen von Materie erfüllt ist, allerdings ist der dort vorkommende «Stoff» außerordentlich dünn verteilt, so dünn, daß er nur auf ungeheuer große Distanzen zur Wirkung kommen kann. Wir beobachten diese sog. interstellare Materie in Form von dunklen Wolken oder von hell leuchtenden Nebelflecken. Trotz der feinen Verteilung der Materie zwischen den Sternen ist ihre totale Menge so groß wie diejenige, die in dichterer Form in allen Sternen zusammen vereinigt ist — weil eben der Raum so ungeheuer groß ist.

Aus dieser kurzen Uebersicht mag der Leser ersehen, wie vielgestaltig der Forschungsgegenstand der Astronomie ist. Die verschiedenen Forschungszweige können nicht streng voneinander getrennt werden, und es mag kaum irgend ein Spezialgebiet in der Astronomie geben, das wichtiger ist als ein anderes. Allen Zweigen astronomischer Betätigung ist aber ein Zug gemeinsam: Im Gegensatz zum Chemiker oder Physiker muß sich der Astronom ganz auf die Beobachtung der Erscheinungen beschränken. Ein verpaßtes Ereig-

nis kann er nicht nachholen, die Erscheinungen können nicht provoziert werden, wie im irdischen Laboratorium. Dabei ist der Astronom ganz auf ein einziges Uebertragungsmittel angewiesen, nämlich das Licht, das ihm die Himmelskörper, in der Regel sehr spärlich dosiert, zukommen lassen. Aus den kümmerlichen Lichteindrücken, die auf dem langen Weg vom Stern durch das dünn besiedelte Weltall bis auf den Grund der irdischen Atmosphäre viele Veränderungen erfahren können, müssen Schlüsse gezogen werden auf Standort und physikalischen Zustand, auf Alter und chemische Zusammensetzung der Lichtquelle. Auf dem Gebiet der Beobachtungstechnik sind die Astronomen so zu wahren Virtuosen geworden. Von ihren Methoden haben viele andere Wissenszweige, weit ab von der Himmelskunde, profitiert.

Der direkte, unmittelbare Nutzen der Astronomie und Astrophysik für unser tägliches Leben oder für materiellen Gewinn ist bescheiden. Er beschränkt sich heute im wesentlichen auf den Zeitdienst, d.h. die Bestimmung der genauen Zeit und die Kontrolle der Uhren sowie die Ortsbestimmung und Navigation, auch im modernen Ozeanflug. Indirekt bildet aber die astronomische Forschung Ausgangspunkt, ja Grundlage, vieler neuer Erkenntnisse besonders in der Physik. Auch ohne direkte Nutzanwendung erfüllt die Himmelforschung die große Aufgabe, mitzuhelpen, die Naturgesetze besser kennen zu lernen, aus ihnen Nutzen zu ziehen und auch Stellung und Bedeutung des Menschen im Kosmos abzuklären.

### **3. Das Fernrohr — wichtigstes Beobachtungsinstrument des Astronomen**

Wie wir im vorigen Abschnitt erwähnten, kommt uns von den Sternen nur sehr wenig Licht zu. Dem Astronomen bleibt nichts anderes übrig, als mit dem spärlichen Licht sehr haushälterisch umzugehen, vor allem aber, möglichst viel von ihm einzufangen. Die Kleinheit der Lichtmenge, mit der wir auskommen müssen, möge folgendes Beispiel veranschaulichen: Der hellste Stern am Himmel, Sirius, erscheint uns gerade so hell wie eine Kerze in 350 Metern Entfernung, dieselbe Kerze müßte in 11 Kilometer Entfernung gerückt werden, um denselben Eindruck zu geben, den ein gerade noch von bloßem Auge sichtbarer Stern erweckt. Mit den modernen Beobachtungsmethoden und dem Einsatz größerer Instrumente werden aber noch Sterne untersucht, deren Licht nicht heller erscheint, als eine Kerze in 20000 Kilometern Entfernung, d.h., die 5 Millionen mal schwächer leuchten, als die letzten von bloßem Auge sichtbaren Sterne. Man ersieht aus diesen wenigen Zahlen sofort, welche Eigenschaften ein Instrument zur Untersuchung so schwacher Himmelskörper haben muß: es soll dafür sorgen, daß dem beobachtenden Auge so viel von dem spärlichen Licht zugeführt wird, daß die Netzhaut darauf anspricht. In

vollkommener Dunkelheit hat die Eintrittsöffnung unseres Auges, die Pupille, einen Durchmesser von ca. 8 Millimetern. Das Licht kann also durch eine Öffnung eintreten, die knapp  $\frac{1}{2} \text{ cm}^2$  Fläche hat. Wenn es nun z.B. gelingt, alles Licht, das auf eine 10-mal größere Fläche fällt, zu sammeln und durch die Pupillenöffnung ins Auge hineinzubringen, hätten wir den Eindruck, eine 10-mal hellere Lichtquelle zu sehen. Eine solche sammelnde Wirkung haben bekanntlich Sammellinsen und Hohlspiegel. Denken wir uns in Fig. 1 weit links einen Stern, von dem die Lichtstrahlen die Linse  $L$  treffen. Diese knickt die Strahlen, welche sich schließlich in einem Punkt  $F$  treffen; man sagt, an dieser Stelle entstehe ein Bild des Sterns. Das Licht setzt aber seinen Weg über diesen Punkt hinaus fort und trifft eine zweite Linse  $O$ , welche die Strahlen so biegt, daß sie wieder parallel gerichtet sind. Man erkennt, daß sämtliches

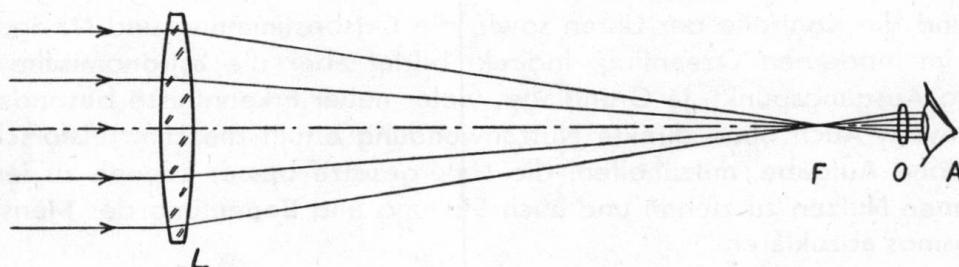


Fig. 1 Astronomisches Linsenfernrohr.

Licht, das durch die erste Linse eingetreten ist (bis auf Verluste, von denen noch zu sprechen ist), wieder durch die zweite Linse austritt und ins Auge  $A$  des Beobachters gelangt. Die Wirkung eines Fernrohrs ist also für die Lichtstrahlen vergleichbar derjenigen eines Trichters für Flüssigkeiten.

Der Leser wird vielleicht jetzt darauf hinweisen, daß wir noch nicht von der Vergrößerung durch das Teleskop gesprochen haben. Den Astronomen ist sie aber für die meisten Beobachtungsprobleme nicht das Wichtigste. Er verlangt vielmehr, daß ihm sein Instrument möglichst feine und schwache Himmelsobjekte zeige. Mit einer starken Vergrößerung kann er in der Regel wenig anfangen, und zwar aus folgenden Gründen: Unsere Observatorien mit all ihren Fernrohren sitzen auf dem Grund des irdischen Luftozeans, in dem dauernd die verschiedensten Strömungen herrschen, da die am Erdboden erwärmte Luft aufsteigt und die kalte absinkt. Diese sog. Luftunruhe kann sehr wohl von jedermann beobachtet werden, sei es in Form des Flimmerns der Luft über Dächern und Straßen, oder im Flackern der Sterne, der Szintillation. Wenn der Astronom für die Beobachtung der Himmelskörper eine gewisse Vergrößerung anwendet, wird im gleichen Maße auch die Luftunruhe mitvergrößert. In unseren Gebieten kann die Vergrößerung von 300- bis 400-fach

nur in außerordentlich wenigen besonders klaren und ruhigen Nächten mit Erfolg angewendet werden. Aber auch die kleinen Restfehler in der Strahlenvereinigung im Fernrohr werden mitvergrößert, sodass über einer gewissen Vergrößerung das Bild nicht mehr scharf erscheint. Diese nutzbare Grenzvergrößerung ist bei unserem Teleskop 400- bis 500-fach. Wir werden bei der Besprechung einzelner Himmelskörper auf die üblicherweise zu ihrer Beobachtung angewendete Vergrößerung hinweisen.

Wie bereits erwähnt, kann die erste Strahlenvereinigung anstatt durch eine Linse, das sog. Objektiv, ebensogut durch einen Hohlspiegel erfolgen. Wie

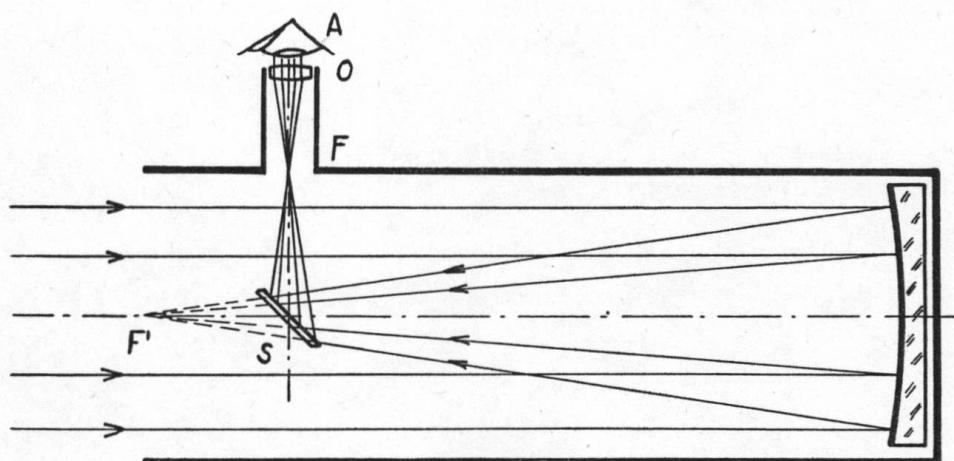


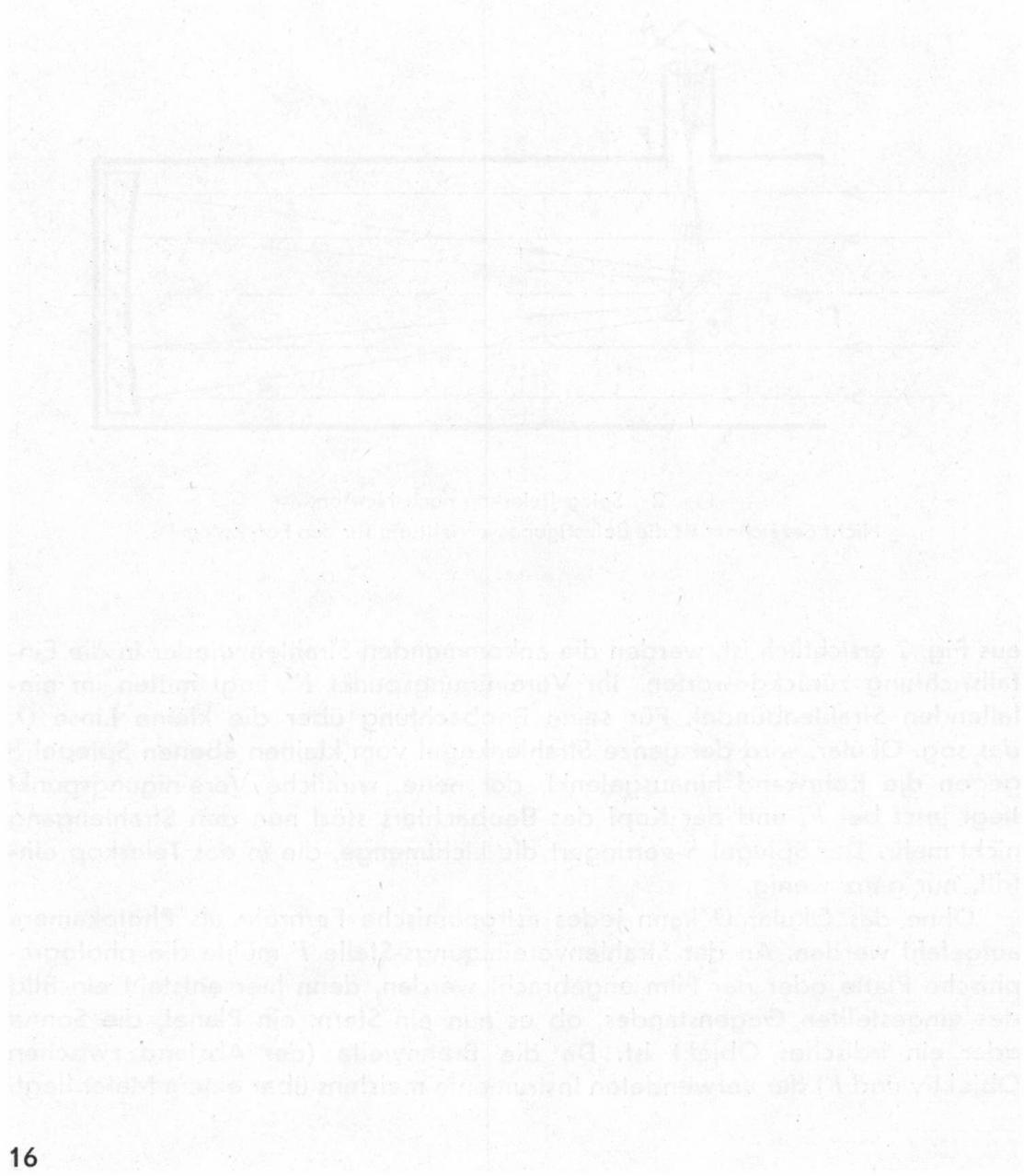
Fig. 2 Spiegelteleskop nach Newton.  
Nicht gezeichnet ist die Befestigungsvorrichtung für den Fangspiegel S.

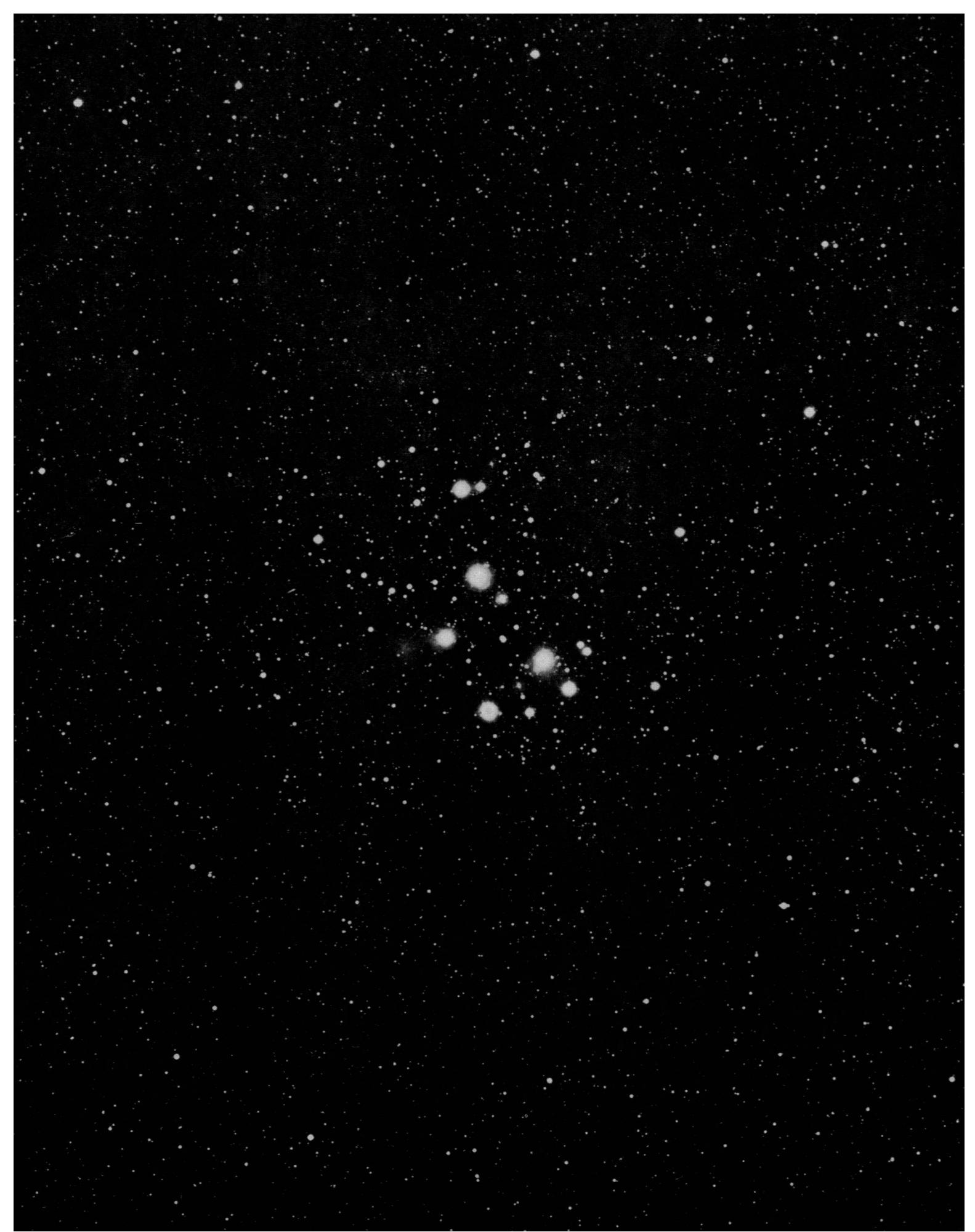
aus Fig. 2 ersichtlich ist, werden die ankommenen Strahlen wieder in die Einfallrichtung zurückgeworfen. Ihr Vereinigungspunkt  $F'$  liegt mitten im einfallenden Strahlenbündel. Für seine Beobachtung über die kleine Linse  $O$ , das sog. Okular, wird der ganze Strahlenkegel vom kleinen ebenen Spiegel  $S$  gegen die Rohrwand hinausgelenkt, der neue, wirkliche Vereinigungspunkt liegt jetzt bei  $F$ , und der Kopf des Beobachters stört nun den Strahlengang nicht mehr. Der Spiegel  $S$  verringert die Lichtmenge, die in das Teleskop eintritt, nur ganz wenig.

Ohne das Okular  $O$  kann jedes astronomische Fernrohr als Photokamera aufgefasst werden. An der Strahlenvereinigungs-Stelle  $F$  müsste die photographische Platte oder der Film angebracht werden, denn hier entsteht ein Bild des eingestellten Gegenstandes, ob es nun ein Stern, ein Planet, die Sonne oder ein irdisches Objekt ist. Da die Brennweite (der Abstand zwischen Objektiv und  $F$ ) der verwendeten Instrumente meistens über einem Meter liegt,

## Tafel I

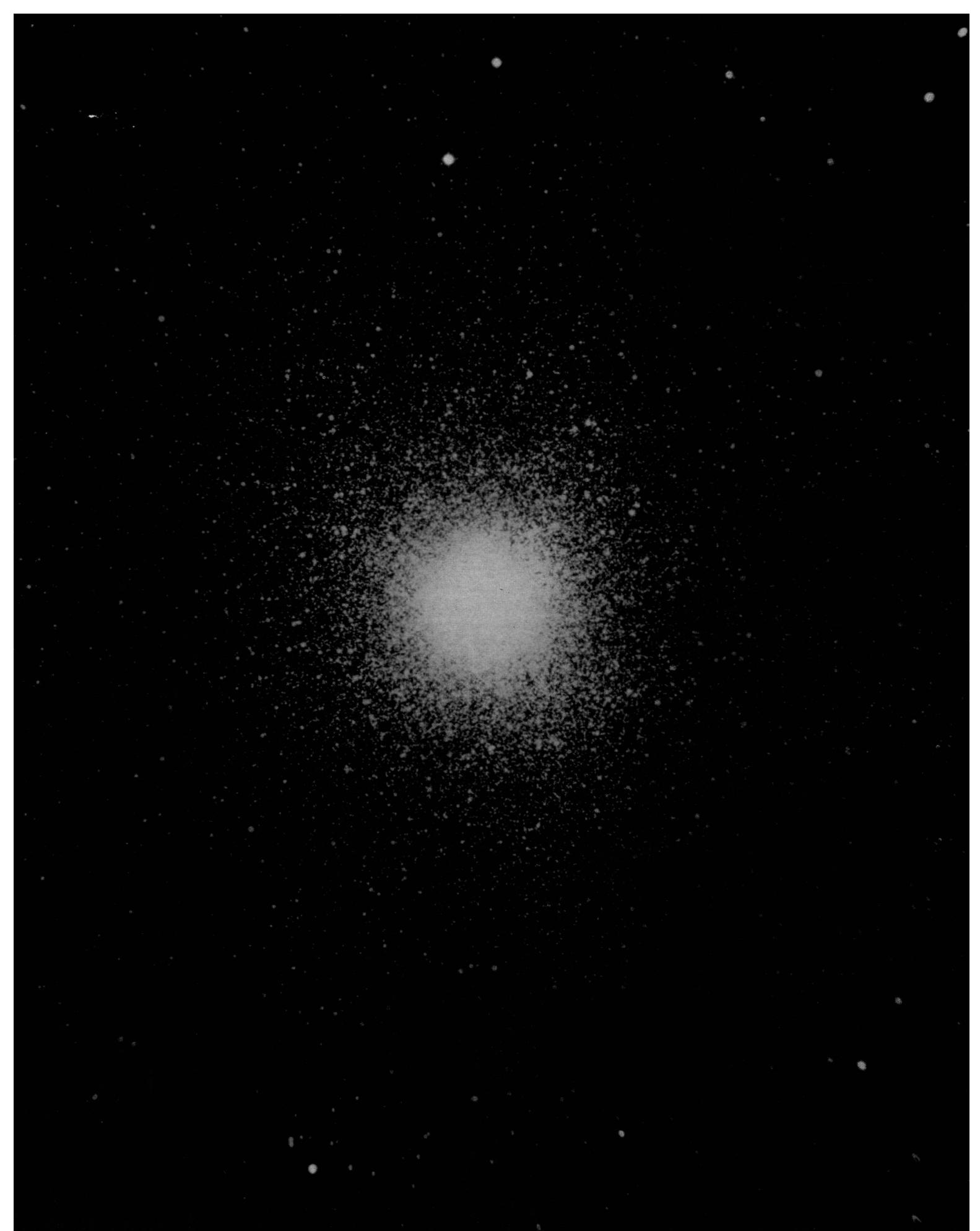
Pleiaden, das Siebengestirn, aufgenommen mit einer modernen Astro-Kamera. Von bloßem Auge sind nur ein halbes Dutzend der hellsten Sterne erkennbar. Diese Wiedergabe entspricht ungefähr dem Anblick im Spiegelteleskop, wo auch die verschiedenen Sternfarben zum Ausdruck kommen, die in der Reproduktion ganz fehlen. Die hellen Sterne sind ausnahmslos sehr heiße Sonnen, welche die in ihrer Umgebung verteilte interstellare Materie zum Leuchten bringen (Bildmitte links). Die in Wirklichkeit dimensionslosen Lichtpunktchen erzeugen durch Streuung in der photographischen Schicht große Lichthöfe; die «flächenhaften» Bilder der Sterne sind also nur scheinbar (Seite 34).





## Tafel II

Kugelsternhaufe im Sternbild Herkules. Diese Photographie (mit dem großen 5-Meter-Teleskop der Palomar-Sternwarte, Kalifornien) enthält weit mehr Sterne, als wir in unserem «Zwerg-Teleskop» je sehen werden. Hier stehen wahrscheinlich gegen eine Million Sonnen sehr nahe beieinander (Seite 34).



### Tafel III

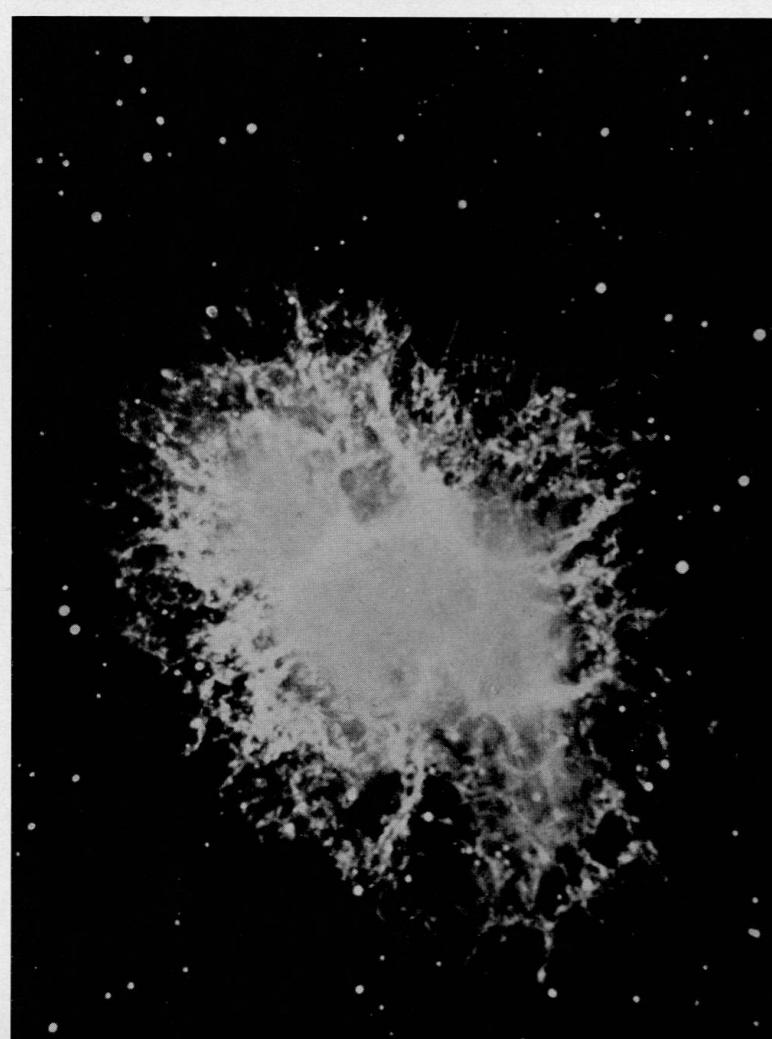
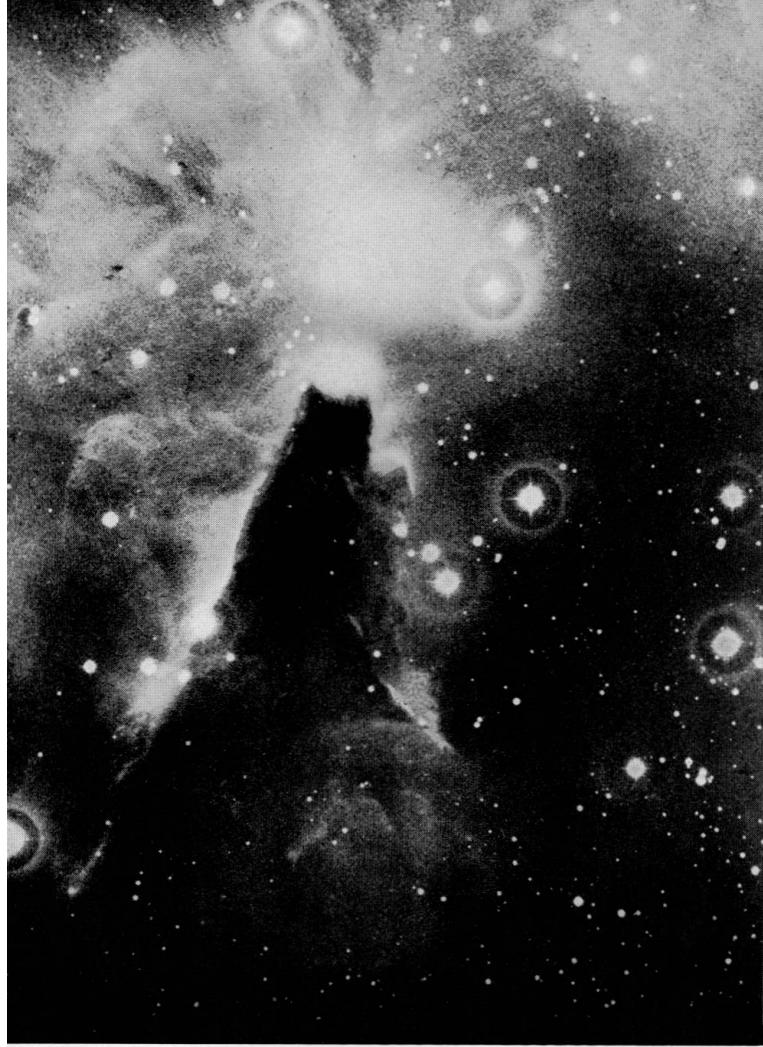
Sternbild Orion, aufgenommen mit einer kleinen Kamera (Zeiß-Tessar, 25 cm). Schon in dieser mit bescheidenen Mitteln möglichen Aufnahme sind die meisten Himmelskörper von bloßem Auge nicht sichtbar. In der Bildmitte ist gut der sog. Jakobsstab, die drei benachbarten Sterne, und darunter der verschwommene Fleck des großen Orion-Nebels zu erkennen (Seite 38). Links oben der rote Riesenstern Betelgeuze (Seite 28), rechts unten der heiße Leuchtriese Rigel (Seite 25). Im ganzen Feld sind kaum ein Dutzend Sterne mit unbewaffnetem Auge sichtbar; auch im Teleskop ist der leichte Nebelschleier, in den die Sterne eingebettet sind, nicht zu erkennen. Am äußersten Bildrand links unten erscheint gerade noch der helle Stern Sirius.



#### Tafel IV

Zwei Blicke in das Chaos dunkler und heller interstellarer Wolken: «Kegel-Nebel» (Sternbild Einhorn) und «Trifid-Nebel» (Sternbild Schütze). Das erste Objekt konnte erst in den letzten Jahren photographisch mit den neuen Teleskopen in Kalifornien entdeckt werden; das Bild erhält durch die vorgelagerte, nur an ihrer Spitze beleuchtete Dunkelwolke eine besondere plastische Wirkung. Der Trifid-Nebel ist schon lange bekannt (Seite 38).

Nebelflecken, die wahrscheinlich auf Sternexplosionen (Supernovae) zurückgehen: Ring-Nebel (Sternbild Wassermann) und Krebs-Nebel (Stier). Beide Wiedergaben, welche den Anblick am Teleskop weit übertreffen, weisen auf die Strömungen hin, denen die Gasmassen heute noch unterworfen sind (Seite 38 f.).



stellen sie ausgesprochene Telekameras dar, d.h., die Bilder auf der Platte sind ziemlich groß. Ein Vergleich mag das zeigen: die Sonne mit einer Box-Kamera aufgenommen, erscheint auf dem Film (richtige Belichtung vorausgesetzt!) als Flecklein von kaum 1 mm Durchmesser; mit unserem Spiegelteleskop (180 cm Brennweite) entsteht ein Sonnenbild von  $1\frac{1}{2}$  cm Durchmesser. Je länger das Fernrohr, umso größer das Bild bei  $F$ . Das Okular  $O$  wirkt für das dahinterliegende Auge wie eine Lupe, mit welcher das Brennpunktsbild betrachtet wird. Je stärker die Lupe ist, umso größer erscheint dem Auge der anvisierte Gegenstand. Auf diese Weise ist es möglich, mit ein und demselben Fernrohr verschieden stark zu vergrößern: das Okular braucht nur gegen ein anderes ausgetauscht zu werden. Zu jedem Instrument gehört in der Regel ein ganzer Satz von Okularen, um den verschiedenen Wünschen des Beobachters entsprechen zu können.

Wir müssen uns aber immer wieder vor Augen halten, daß die Anwendung starker Vergrößerungen verschiedene Nachteile (freilich neben Vorteilen!) mit sich bringt. Mit kleiner Vergrößerung, z.B. 50-fach, kann im Gesichtsfeld noch bequem der ganze Mond auf einmal gesehen werden. Die Anwendung einer stärkeren Vergrößerung engt das Gesichtsfeld ein, sodaß nur noch kleine Teile der Mondoberfläche gesehen werden können — dafür aber größer. Leider nimmt aber mit zunehmender Vergrößerung auch die Bildhelligkeit ab. Die Vergrößerung am Fernrohr muß dem beobachtenden Objekt angepaßt werden, und zwar so, daß das Bild noch scharf und hell genug erscheint, das Objekt nicht beim kleinsten Wackeln des Fernrohres aus dem Gesichtsfeld verschwindet, und daß es in seinem Zusammenhang überblickt werden kann. Alle diese Forderungen gleichzeitig erfüllen, kann man zum Leidwesen des Sternfreundes — und zur Enttäuschung des Sternwartenbesuchers — nur mit einer kleinen, vielleicht noch mittleren, Vergrößerung. Gerade die Anwesenheit vieler Personen bei Vorführungen bringt unter Umständen auch ein stark gebautes Teleskop zum Erzittern und die Luft über der Fernrohröffnung zum Wallen. Der Leser und zukünftige Besucher unserer Beobachtungsstation erwarte also nicht, Marskanäle oder gar Marsbewohner zu entdecken, wenn gleichzeitig noch Dutzende anderer Aspiranten in der Beobachtungshütte stehen — die Umstände werden kaum gestatten, mehr als 200-fach zu vergrößern.

Warum haben die Erbauer der Schaffhauser Sternwarte gerade ein Spiegelteleskop als Instrument gewählt?

Fig. 1 zeigt, daß beim Linsenfernrohr die Objektivlinse vom Licht durchquert wird. Sie muß also aus optisch einwandfreiem Glas bestehen. Zudem ist ein Fernrohrobjectiv immer aus mindestens zwei Einzellinsen zusammengesetzt, damit die Lichtstrahlen aller Farben exakt im Brennpunkt  $F$  zur Vereinigung gebracht werden können. Jede dieser Einzellinsen hat aber zwei Flächen, die sehr genau bearbeitet werden müssen. Mit wachsendem Durchmesser der Objektivlinsen werden notgedrungen auch ihre Dicken größer,

damit muß aber das Licht im Glas einen sehr großen Weg zurücklegen und wird so geschwächt und gefärbt. Der Lichtgewinn durch die große Objektivfläche wird von einem gewissen Durchmesser an durch die Glasverluste aufgehoben. Das größte, noch im letzten Jahrhundert gebaute, Linsenfernrohr hat eine Objektivlinse von einem Meter Durchmesser, was die obere Grenze darstellt.

Beim Spiegelfernrohr (Fig. 2) wird hingegen nur die vordere Fläche des Teleskopspiegels verwendet. Es ist also vollkommen gleichgültig, wie das Material des Spiegels beschaffen ist. Aus Gründen der Bearbeitung, der erreichbaren Genauigkeit und wegen seiner geringen Temperaturempfindlichkeit verwendet man auch für die Spiegel Glas, dessen optische Qualitäten jedoch unwesentlich sind. Die wirksame Vorderfläche eines solchen Teleskopspiegels muß aber viel genauer gearbeitet werden als jede Fläche einer entsprechenden Linse. Die Abweichungen der tatsächlichen Fläche von der Sollfläche sollen nicht mehr als  $1/10\,000$  mm betragen. So unglaublich dies klingen mag, diese Genauigkeit ist verhältnismäßig leicht zu erreichen, und so sind im Laufe der letzten 60 Jahre Spiegelteleskope von  $1\frac{1}{2}$ , 2,  $2\frac{1}{2}$ , 3 und — 1949 — 5 Metern Spiegeldurchmesser (nicht Fernrohrlänge!) entstanden.

Die Herstellung eines erstklassigen Hohlspiegels ist sogar so leicht, daß sich Tausende von Sternfreunde ihr Teleskop selbst gebaut haben, Fernrohre bis zu 50 und mehr Zentimetern Durchmesser. Gerade das verhältnismäßig leichte Schleifen und Polieren eines Teleskopspiegels hat dieser Fernrohrart eine ungeheure Verbreitung verschafft und die Astronomie in weiteste Kreise gefragt. Der Spiegel für das Instrument unserer Station ist in der Astronomischen Arbeitsgruppe der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen entstanden. Aber lassen wir unserem «Schleifvater» das Wort zu:

#### 4. Kleine Spiegelgeschichte

Als vor ungefähr 10 Jahren zum ersten Male der Gedanke einer Schaffhauser Beobachtungsstation auftauchte, waren die Spiegel-Schleifkurse der Astronomischen Arbeitsgruppe der «Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen» bereits in vollem Gang. Was lag da näher, als den Spiegel der kommenden Station in einem neuen Kurs zu schleifen, als Demonstrationsstück für die Teilnehmer? Die erste Ueberlegung galt der Größe des Spiegels. Je größer das Glasstück, desto schwächere Himmelsobjekte sind dem Beschauer erreichbar. Aber auf der anderen Seite standen die Bedenken: je größer der Spiegel, desto umfangreicher und vor allem desto teurer werden Montierung und Behausung. Hier wachsen die Kosten im Quadrat mit der Größe. Man entschloß sich für einen Spiegel von 26 cm Durchmesser, der — auf Grund der bisher errungenen Schleiferfahrungen — mit Aussicht auf guten Erfolg bewältigt werden konnte. (Zum Vergleich: die Linsen der großen Fernrohre der Eid-

genössischen Sternwarte wie der «Urania» in Zürich messen 30 cm im Durchmesser.) Der Schliff begann im Jahre 1947.

Es ist ein eigenartig erregendes Gefühl, wenn man die schwere, etwa 3½ cm dicke runde Glasscheibe zum ersten Male in den Händen hält, aus der ein astronomischer Hohlspiegel werden soll. Das einzige «Werkzeug», das wir zum Schliff benötigen, ist eine zweite Glasscheibe von gleicher Größe. Beide Scheiben sind flach geschliffen, so, wie sie aus der Glashütte (Belgien) kommen. Man klebt die dünneren Scheiben mit etwas Pech auf einen primitiven Ständer — und dann kann es schon losgehen! Auf der festgeklebten Scheibe röhren wir etwas grobes Karborundum oder groben Schmirgel mit wenig Wasser zu einem dicklichen Brei an, legen die dicke Scheibe, den zukünftigen Spiegel, darauf und beginnen mit ihr über die untere Scheibe mit der Schmirgelsuppe hin und her zu fahren.

Das Glas «schreit» unter dem brutalen Angriff der scharfkantigen Schleifkörner. Der Lärm ist begreiflich: die Körner drücken mit ihren fast diamant-harten Spitzen in das Glas und pressen feine Splitter aus der Fläche, genau so, wie wenn wir einen scharfkantigen Stein in eine Eisfläche drücken und muschelartige, flache Eisschollen herausbrechen. Alle fünf Minuten wird neues Schleifmaterial aufgetragen. Bei dem steten Hin und Her der oberen Scheibe geschieht nun etwas Eigenartiges, ein zwangsläufiger Vorgang: wir können hin- und herschieben wie wir wollen — stets wird die obere Scheibe, also der kommende Spiegel, in der Mitte angegriffen, die untere, das Werkzeug, am Rande. Auf dieser merkwürdigen Zwangsläufigkeit beruht die gesamte Hohlspiegelschleiferei des Amateurs. Wenn wir den Spiegel nach wenigen Minuten waschen und untersuchen, so finden wir in der Mitte der glänzenden Fläche einen kreisrunden aufgerauhten Fleck. Es ist die Stelle, an der die Schleifkörner so hörbar zupackten. Nach einer Stunde Arbeit ist der rauhe Fleck schon bedeutend größer geworden, ja, man spürt beim Darüberfahren mit dem Finger bereits eine leichte Vertiefung in der Scheibenmitte. Nach einigen Stunden dieses kreischenden Grobschliffes erreicht die Aufrauhung den Scheibenrand, und wir messen mit einer einfachen, modernen Methode, die nur eine Taschenlampe, etwas Wasser und ein Metermaß benötigt, ob die sehr flache Aushöhlung die gewünschte Tiefe — in unserem Falle nur ein paar Millimeter — bereits erreicht hat. Wir messen, mit anderen Worten, die Brennweite des Spiegels.

Der Grobschliff unseres 26-cm-Spiegels erforderte nur etwa 15 Stunden Arbeit. Dann begann der Feinschliff, d.h. das Ausschleifen der groben Löcher in der Fläche durch immer feinere Schleifmittel. Ob Grob- oder Feinschliff, der Schleifvorgang ist immer derselbe: man fährt mit der Spiegelplatte über die untere Scheibe hin und her, dreht sie in den Händen bei jedem «Strich» und geht erst noch langsam um den Ständer herum. Oberstes Ziel aller dieser Bewegungen ist, die Vertiefung automatisch kugelförmig werden zu lassen in einer für den Laien kaum fassbaren Genauigkeit. Gerade weil in die-

sen Tausenden von Strichen nicht deren zwei genau gleich ausfallen, korrigiert der eine Strich die Fehler der vorangegangenen. Das zwangsläufige Resultat ist ein genauer Kugelspiegel.

Der Leser wird staunen, wenn er vernimmt, daß bei den über 200 Spiegeln, die hier in Schaffhausen von Anfängern geschliffen wurden, in diesem Stadium nicht einer größere Abweichungen als ca.  $1/1000$  mm zeigte. Und all dies ohne jede vorangegangene Kontrolle! Im Laufe der Wochen, gleichzeitig mit den kleineren Spiegeln unserer Kursteilnehmer, wurde die flache Höhlung unseres Spiegels immer feiner ausgeschliffen, zuletzt mit Schmirgelkörnern von kaum  $4/1000$  mm Durchmesser, also feiner als Mehl. Damit endete der erste Teil der Arbeit. Die Spiegeloberfläche war zuletzt fast durchsichtig geworden, fühlte sich seidenartig an und glich im hellen Licht hauchfein eingetrockneter Milch. Es galt nun, diese seidige, glatte Oberfläche zu polieren.

Zu diesem Zweck wird auf die leicht gewölbte untere Scheibe eine mehrere Millimeter dicke Pechschicht gegossen. Noch in warmem Zustande wird sie zu Facetten gerillt, dann der Spiegel aufgesetzt und leicht angedrückt. Das Pech, die sog. Pechhaut, nimmt im völligen Erkalten sehr genau die Form der feingeschliffenen Scheibe an. Man bestreicht das Pech mit einem sehr dünnen Brei von sog. Polier-Rot, einer Art feinstem Rost, oder mit dem neuartigen Cerium-Oxyd. Und dann beginnt das Hin- und Herschieben von neuem, das uns schon längst in Fleisch und Blut übergegangen ist. Anstatt, daß aber die unsichtbar feinen Körnchen rollen und «schleifen», wie beim vorangegangenen Feinschliff, betten sie sich nun in die nachgiebige Oberfläche des Pechs ein und greifen so das Glas als millionenfache, feinste Schneiden an. Mikroskopisch fein werden nach und nach die höchsten Stellen der Glasfläche abgetragen und das Glas in den obersten Molekularschichten geradezu «verschmiert».

Nach einer Stunde des langsamen Polierens wuschen wir unseren Spiegel, trockneten ihn sorgfältig und betrachteten die Oberfläche im hellen Licht. Der ganze Spiegel glänzte leicht und gleichmäßig, ein Zeichen, daß wir richtig geschliffen hatten.

Erst jetzt, nach einer Polierstunde, können wir zum ersten Male die genaue Form der eingeschliffenen Fläche sichtbar machen, nachdem wir bisher faktisch im «Dunkeln» arbeiteten. Die bald hundert Jahre alte Prüfmethode des französischen Physikers Foucault ist wahrhaft genial und gehört heute noch zu den schärfsten Prüfungen in der Optik. Was man dazu braucht? Ein Velo-Laternchen oder eine Taschenlampe, eine gewöhnliche Rasierklinge und einen Millimetermaßstab. Das ist alles! Mit einer Nadel sticht man ein feines Loch in einen Stanniolstreifen, deckt das brennende Birnchen mit dem Stanniol ab und richtet — im dunklen Raum — den feinen Lichtpunkt als «künstlichen Stern» auf den anpolierten Spiegel. Ist der Spiegel genau kugelförmig, so erstrahlt er im zurückgeworfenen Licht mild wie ein Vollmond ohne alle Flecken. Alle Abweichungen von der absolut genauen Kugelfläche zeigen sich als

graue oder schwarze Flecken, als Hügel, Ringe oder Täler. Mit anderen Worten: man sieht alle Unregelmäßigkeiten in der ungeheuerlichen Ueberhöhung von ca. 1 zu 100 000 — eine sehr flache Erhöhung von kaum  $1/1000$  mm erscheint dem Auge wie ein steiler, gewaltiger Berg. Man bemüht sich nun beim Polieren, diese Fehler mit längeren oder kürzeren Strichen «einzuebnen». Normalerweise wird 1—2 Stunden ohne Unterbruch poliert. Dann hat der Spiegel, die leicht warm gewordene Pechhaut und der Mann genug...

Nach etwa 20 Stunden Polierdauer war die Oberfläche unseres Spiegels schon ziemlich auspoliert; die stets wechselnden «Berge und Täler» in der Schattenprobe Foucaults waren kaum noch erkennbar. Aber die restlichen, nur unter einer starken Lupe sichtbaren, feinen Löcher in der Randzone brauchten noch Stunden und Wochen des langsam Polierens, bis auch sie endlich verschwanden. Dann erst begann das eigentliche Abenteuer! Es galt, den schon ziemlich fehlerlosen Kugelspiegel in einen Parabol-Spiegel von mindestens  $1/10\,000$  mm Genauigkeit umzuwandeln. Laienmäßig ausgedrückt: wir vertieften die Kugelform in der Mitte am stärksten, gegen außen immer weniger, nur der Rand bleibt unangetastet. Das bedingt bei unserem Spiegel in der Mitte eine Material-Abtragung von etwa  $1/2000$  mm, nach außen entsprechend weniger. Es ist ausgeschlossen, solch minime Abnahmen mit mechanischen Mitteln sicher zu messen. Aber in der genialen Schattenprobe Foucaults kann man den Fortschritt der Arbeit ständig verfolgen und messen.

Das Parabolisieren eines Spiegels ist eine derart faszinierende Beschäftigung, daß man darob alles vergißt, vor allem die Zeit. Nicht vergebens nennen die Amerikaner die armen Frauen der Spiegelschleifer «Glas-Witwen». Der Mann taucht vielleicht erst morgens halb drei aus dem Schleifkeller auf — aus einer ganz anderen Welt. Das Parabolisieren eines Spiegels ist aber vor allem eine Schule der Geduld. Die gegenüber dem normalen Polieren längeren Striche erzeugen etwas Wärme im Glas. Fünf Minuten des langsam Streichens genügen, um anschließend mindestens eine Stunde geduldig warten zu müssen, bis die letzte kaum meßbare Spur Wärme verschwunden ist. Erst in diesem Zustande zeigt der Spiegel seine wirkliche Form in der Schattenprobe. So besteht denn das Parabolisieren, unter ständiger Kontrolle am künstlichen Stern Foucaults, zu 95% in geduldigem Warten. Zu welchen Geduldsproben es dabei kommen kann, zeigt eindrücklich die Geschichte des 2-Meter-Spiegels der McDonald-Sternwarte in Texas, der die Schleifer volle  $8\frac{1}{2}$  Jahre am Narrenseil herumführte. Der Leser sieht: es kommt darauf an, wer zuletzt nachgibt, der Mann oder der Spiegel!

Unsere bescheidene 26-cm-Scheibe hatte schon nach einem halben Jahre ein Einsehen. Die restlichen Fehler, ringförmige Erhöhungen von kaum  $1/15\,000$  mm, die wohl nicht mehr meßbar, aber doch deutlich sichtbar waren, verschwanden nach und nach, ohne daß andere Fehler auftraten. Schlußmessungen der einzelnen Zonen ergaben keine größeren Abweichungen, als

etwa  $\frac{1}{12\,000}$  mm vom absoluten Rotations-Paraboloid. Der Spiegel war gut, die Arbeit beendet. Sie hatte etwas mehr als ein Jahr gedauert.

Der Spiegel wurde anschließend von einem Spezialisten mit einer Reflexionsschicht versehen. Das geschieht heute durch Aufdampfen von Aluminium im Hochvakuum. Die hochglänzende Schicht von etwa  $\frac{1}{10\,000}$  mm Dicke wird durch eine zweite, im gleichen Arbeitsgang aufgedampfte, gleich dünne Schicht Quarz geschützt. Der Spiegel sollte sein Reflexionsvermögen von gegen 90% ein volles Jahrzehnt bewahren.

Das ist die Geschichte vom Schliff des Spiegels unserer bescheidenen Sternwarte. Wie einfach doch alles ist: ein dickes, rundes Stück Glas, oben kaum merkbar eingetieft und glänzend — aber welcher Zauberschlüssel am nächtlichen Himmel und dessen tausend Wundern!

\* \* \*

Freilich ist auch ein noch so guter Hohlspiegel noch kein Teleskop. Es gehören der kleine Umlenkspiegel und eine Vorrichtung zum Einsticken der Okulare und die Okulare selbst dazu. Alle diese Teile müssen sehr starr zusammengebaut werden. Gewöhnlich befestigt man den Spiegel in einem Halter, der sog. Zelle, am untern Teil eines Rohres. Am oberen Ende kommt in die Rohrachse der kleine Fangspiegel und ihm gegenüber, hinter einer Oeffnung in der Rohrwand auf die Außenseite, der Okularkopf. Jetzt wäre im Prinzip das Fernrohr benützbar. Als ein viele Kilo schweres,  $1\frac{1}{2}$  Meter langes und 30 Zentimeter dickes Gebilde ist es aber noch etwas unhandlich. Auch wenn nur mit schwacher Vergrößerung gearbeitet wird, ist es schwer, ein gewünschtes Objekt einzustellen und im Gesichtsfeld zu behalten. Das ganze Rohr muß auf ein sehr solides Stativ montiert werden, an das folgende Forderungen zu stellen sind: jedes beliebige Objekt am Himmel und auf der Erde soll eingestellt werden können; das Teleskop muß in einer einmal eingestellten Richtung unverrückbar festgehalten werden; es muß möglichst genau dem täglichen Lauf der Gestirne folgen können. Alle diese Forderungen zusammen vermag nur ein fest montiertes Instrument zuverlässig zu erfüllen. Die erste Bedingung kann erfüllt werden, wenn das Fernrohr um zwei zueinander senkrechte Achsen drehbar ist, z.B. eine Achse lotrecht und die andere waagrecht (wie ein Geschütz für Fliegerabwehr, das nach Seite und Höhe gerichtet werden kann). Die zweite, das Festklemmen, ist lediglich ein mechanisches Problem, leicht zu lösen durch möglichst stark dimensionierte Achsen und Auflager. Die dritte Forderung läuft darauf hinaus, daß ein einmal eingestellter Himmelskörper, trotz seinem täglichen Lauf von Osten nach Westen, für die Dauer der Beobachtung genau im Gesichtsfeld bleibt. Ein in Seite und Höhe einstellbares Fernrohr müßte also dauernd in beiden Richtungen korrigiert werden, denn beim Aufgang stehen ja die Gestirne am Horizont, wandern immer höher, erreichen im Süden die größte Höhe und verschwinden im Westen unter dem Horizont. Nur eine Stelle ganz in der Nähe des Polarsternes,

im Norden, nimmt an dieser Drehung nicht teil, es ist der sog. Himmelspol. Neigen wir unser Achsensystem, das auf den Horizont ausgerichtet war, so, daß die vorher vertikale Achse genau nach dem Himmelspol zeigt, so muß das Teleskop nur noch um diese Achse gedreht werden, um der täglichen Bewegung des Himmels zu folgen. Die andere Achse dient zur ersten Einstellung des Objektes und kann nachher festgeklemmt werden. Die Drehung um die Polarachse wird gewöhnlich durch ein Uhrwerk oder einen Elektromotor besorgt, sodaß der Beobachter in aller Ruhe und ungestört das eingestellte Objekt betrachten kann. Kleine Korrekturen dieser sog. Nachführung nimmt er von seinem Platz aus über biegsame Wellen oder elektrisch vor.

Da alle Erschütterungen des Instrumentes mitvergrößert werden (die Sterne «tanzen» im Gesichtsfeld herum), muß die Montierung sehr gut fundamentiert sein. Der Sockel des Schaffhauser Instrumentes besitzt ein eigenes Fundament, das tiefer liegt als jenes der Beobachtungshütte und von jenem isoliert ist.

Zum Schutz gegen Witterungseinflüsse ist das Teleskop von einer Behausung umgeben, deren Dach während der Arbeit entfernt wird. Die festen senkrechten Wände bieten außerdem Schutz gegen Wind und fremdes Licht.

Da ein größeres Fernrohr naturgemäß ein sehr kleines Gesichtsfeld hat — ungefähr von der Größe des Mondes —, wird ihm noch ein kleiner Pfadfinder beigegeben, das sog. Sucherrohr. Mit dessen geringer Vergrößerung kann ein verhältnismäßig großes Stück Himmel überblickt werden. Die interessierende Stelle, z.B. ein Sternhaufen oder ein Planet, wird genau in die Mitte seines Gesichtsfeldes, durch ein Fadenkreuz markiert, gebracht. Dann steht das Objekt auch im genau ausgerichteten Hauptrohr in der Mitte des Bildfeldes.

Nun sind wir ausgerüstet, unseren kurzen Rundgang durch das Weltall anzutreten. Der Besucher der Schulsternwarte möge nicht enttäuscht sein, wenn ihm am gleichen Abend im Fernrohr nicht alles gezeigt werden kann, von dem hier die Rede ist, daß er die Flecken auf Mars nicht genau so sieht, wie sie abgebildet werden, und daß bei den auf Photographien so schön ausschenden Spiralnebeln die Spiralarme in der Regel nicht sichtbar sind. Dafür zeigt ihm unser bescheidenes Instrument Anblicke der Mondkrater oder der Saturnringe, der Milchstraße und der Sternhaufen, wie sie weder auf Photographien noch im Lichtbild wiedergegeben werden können. Der Blick durchs Fernrohrkular vermittelt ihm direkt den Kontakt mit dem Weltall, ein Erlebnis, das ihm kein Buch und kein Vortrag, überhaupt keines der Übertragungsmittel unserer Zeit, bringen kann.

## 5. Helligkeit und Farbe der Gestirne

Dem Laien scheint die Zahl der am nächtlichen Himmel sichtbaren Sterne ungeheuer groß zu sein, und er ist erstaunt, zu hören, daß er von bloßem Auge auf der gerade sichtbaren Himmelskugel im günstigsten Falle an die

3000 Sterne sehen kann! Alle diese Sterne sind katalogisiert, haben eine Nummer, einen Namen oder sonst eine Bezeichnung. In den Sternkatalogen ist ferner von ihnen alles Wissenswerte angegeben, namentlich die Helligkeit, Farbe, Eigenbewegung und, sofern sie bekannt ist, ihre Distanz. Ja, es gibt Kataloge, die sämtliche Sterne enthalten, die bis 10-mal schwächer sind als die schwächsten noch von bloßem Auge sichtbaren; ein solcher Katalog enthält rund 250 000 Sterne! Aus diesen Abzählungen läßt sich mit ziemlicher Sicherheit die Gesamtzahl aller Sterne abschätzen, die mit einem beliebig großen Teleskop registriert werden könnten. So nimmt man an, daß die gewaltige Sternwolke, von der unsere Sonne mit den Planeten ein Mitglied ist, die Milchstraße, zwischen 100 und 200 Milliarden Sterne enthält.

Auch dem oberflächlichen Beobachter muß auffallen, daß es am Himmel verschieden helle und verschieden farbige Sterne gibt. Der hellste Stern am Himmel, Sirius, der im Winter über dem Südhorizont beobachtet werden kann, strahlt z.B. 30-mal heller als der Polarstern; dieser wiederum ist immer noch 30-mal heller als ein gerade noch erkennbarer Stern. Dem Auge, als Sinnesorgan, erscheint aber dieser Helligkeitsunterschied nicht als das 30-fache, sondern als knapp 4 Stufen. Die Sterne wurden schon von den alten Kulturvölkern in Größenklassen sortiert. Für die von bloßem Auge sichtbaren Sterne schuf man 6 Klassen: die hellsten Sterne kommen in die 1. Klasse, die schwächsten in die 6. Die Sterne einer Größenklasse sind immer 2.5-mal schwächer als diejenigen der vorangehenden. Diese Einteilung ist von den modernen Astronomen, wenn auch stark verfeinert, beibehalten worden. Für Himmelskörper, die noch heller sind als diejenigen der 1. Klasse, z.B. die Planeten Venus, Mars, Jupiter, mußten die Klassen mit 0, -1, -2 usw. bezeichnet werden. Die Sonne, als hellstes Gestirn an unserem Himmel, bekommt die Klasse -27, der Mond diejenige von -13. Für Sterne, die nur im Fernrohr gesehen oder nur photographisch erfaßt werden können, setzt sich die Größen-skala über 6 hinaus fort. Die schwächsten überhaupt noch registrierten Himmelskörper sind von rund 23. Größe, also an die 5 Millionen mal schwächer als die schwächsten von bloßem Auge sichtbaren!, denn jede Stufe bedeutet ein Helligkeitsverhältnis von 2.5.

Der Begriff «Größenklasse» führt oft zum Mißverständnis, daß er etwas zu tun habe mit der Größe, d.h. dem Durchmesser der Sterne. Es stimmt schon, daß die verschiedenen Himmelskörper verschieden groß sind, die Unterschiede ihrer beobachteten Helligkeit, der sog. scheinbaren Helligkeit, können aber noch andere Ursachen haben, vor allem diejenige verschiedener Entfernung. Die scheinbare Helligkeit einer Lichtquelle, z.B. einer Straßenlampe, nimmt ab, wenn wir sie aus immer größer werdender Distanz betrachten, und zwar entspricht jeder Verdoppelung des Abstandes eine Verminderung der scheinbaren Helligkeit um das Vierfache. Die eigentliche Leuchtkraft, die Kerzenstärke, der Lampe ist aber immer dieselbe. Es ist ohne weiteres klar,

daf $\beta$  aus der Kerzenst $\ddot{a}$ rke und der beobachteten scheinbaren Helligkeit r $\ddot{u}$ ckw $\ddot{a}$ rts die Distanz zur Lampe berechnet werden k $\ddot{o}$ nnte.

Es ist nun m $\ddot{o}$ glich, von den Sternen auf diese riesigen Entfernung die wahre Leuchtkraft in Erfahrung zu bringen. Dabei nimmt man ihre Farbe zu Hilfe. Bei n $\ddot{a}$ herem Zusehen erkennt man schon bei den wenigen hellsten Sternen ausgesprochene Farbunterschiede: im sch $\ddot{o}$ nen Wintersternbild Orion z.B. findet man einen ausgesprochen blauwei $\beta$ en Stern, Rigel, rechts unten, und einen sehr roten, Betelgeuze, links oben; von den Sternen Castor und Pollux in den Zwillingen ist der eine wei $\beta$ , der andere rot. Wir wissen schon von einem gl $\ddot{u}$ henden K $\ddot{o}$ rper, daf $\beta$  seine Farbe von rot zu wei $\beta$  hin $\ddot{u}$ berwechselt, wenn seine Temperatur erh $\ddot{o}$ tzt wird (Verdunkelung im Kino, Velolaterne etc.), gleichzeitig nimmt auch die abgestrahlte Lichtmenge, die Kerzenst $\ddot{a}$ rke, zu. Wir d $\ddot{u}$ rfen in gro $\beta$ er N $\ddot{a}$ herung annehmen, daf $\beta$  im gro $\beta$ en und ganzen die blau und wei $\beta$  leuchtenden Sterne Lichriesen und die r $\ddot{o}$ tlichen Zwerge sind. Unsere Sonne, auch ein Stern, und zwar ein gelblicher, h $\ddot{a}$ lt in der Leuchtkraft-Skala ungef $\ddot{a}$ hr die Mitte, an die Stelle von Sirius gesetzt, w $\ddot{u}$ rde sie uns als ganz schwaches Sternlein erscheinen, gerade noch mit unbewaffnetem Auge sichtbar.

So l $\ddot{a}$ ft sich allein schon aus Sternhelligkeit und Farbe allerlei ableiten. Damit ist aber die Auskunftsm $\ddot{o}$ glichkeit, die uns das sp $\ddot{a}$ rliche Sternlicht bietet, noch keineswegs erschopft. Dem Astronomen stehen noch andere Mittel zur F $\ddot{u}$ gung, weitere Aussagen aus ihm herauszulocken, von denen im n $\ddot{a}$ chsten Abschnitt die Rede sein soll.

## 6. Das Spektrum der Sterne

Jedermann wei $\beta$ , daf $\beta$  die Materie, sei es nun ein fester, fl $\ddot{u}$ ssiger oder gasf $\ddot{m}$ miger K $\ddot{o}$ rper, aus Molek $\ddot{u}$ len besteht, die selbst wieder in Atome zerteilt werden k $\ddot{o}$ nnen. In der Natur gibt es im wesentlichen total 92 verschiedene Atomsorten, die sich durch die Anzahl der zu ihrem Aufbau erforderlichen Atombestandteile unterscheiden. Jedes Atom besteht aus einem sog. Kern und einer H $\ddot{u}$ lle. Der Kern vereinigt in sich neben der nahezu ganzen Masse die elektrisch positiven Ladungen des Atoms, die H $\ddot{u}$ lle wiegt sozusagen nichts, stellt aber die Gesamtheit der negativen elektrischen Ladungen dar, die im Grundzustand gleich gro $\beta$  sind wie die positive Kernladung. Das Atom sieht also nach au $\beta$ en elektrisch neutral aus. Das einfachste Atom ist das von Wasserstoff: sein Kern enth $\ddot{a}$ lt nur einen einzigen Baustein, das sog. Proton, versehen mit einer positiven Ladung; die H $\ddot{u}$ lle besteht aus einer negativen Ladung, Elektron genannt. Das Elektron kann man als ein um den Kern kreisendes Teilchen auffassen. Es stehen ihm verschiedene Bahnen f $\ddot{u}$ r seinen Umlauf zur F $\ddot{u}$ gung, die einen genau vorgeschriebenen Radius haben. Das Elektron

kann nur von einer kleineren auf eine größere Bahn hinüberwechseln, wenn dem Atom eine ganz bestimmte Energiemenge zugeführt wird. Das Atom absorbiert diese Energie in Form von Licht. «Fällt» das Elektron auf eine kleinere Bahn, wird die gleiche Energiemenge aus dem Atom ausgestoßen, wieder in Form von Licht. Einer bestimmten kleinen Energiemenge entspricht nun nicht, wie man annehmen möchte, mehr oder weniger Licht, sondern Licht einer ganz bestimmten Farbe. Die Lichtfarbe gibt der Physiker mit der sog. Wellenlänge an. Licht ist bekanntlich eine elektromagnetische Schwingung, die Wellenlänge für rotes Licht beträgt rund  $7/10\,000$  mm und für blaues  $4/10\,000$  mm. Der Bahnwechsel eines Elektrons im Atom äußert sich also im Einfangen oder Aussenden von Licht einer genau definierten Wellenlänge. Man erkennt aus der Wellenlänge sofort, von welcher Bahn das Elektron auf welche andere gesprungen ist. Da die Bahnen in den verschiedenen Atomsorten verschieden angeordnet sind, kann man aus dem Licht, das verschluckt oder ausgesendet wird, ersehen, welches chemische Element an der Lichterzeugung beteiligt war.

Nun gilt es nur noch, die verschiedenen Lichtwellenlängen, die Farben, zu sortieren. Zu diesem Zweck wird das zu untersuchende Licht durch ein Prisma hindurchgeschickt (Fig. 3). Jede Lichtfarbe tritt aus dem Prisma wieder in einer

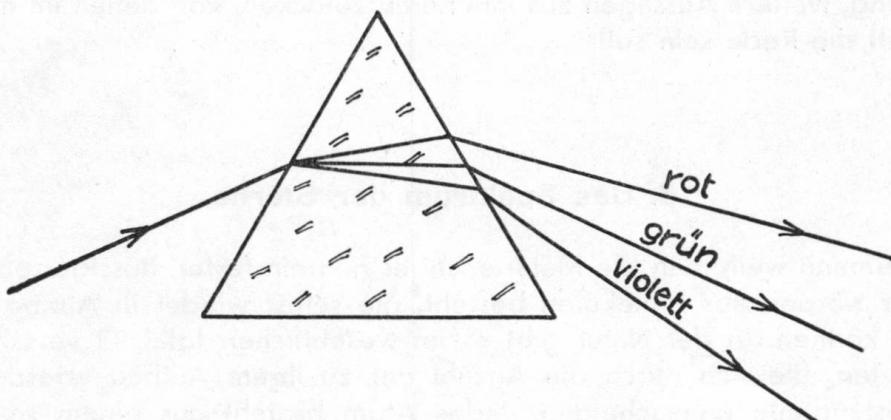


Fig. 3 Zerlegung des Lichtes in Spektralfarben durch ein Glasprisma. Das Prisma muß man sich aus der Papierfläche herausragend vorstellen.

anderen Richtung aus, sodaß auf dem Schirm ein farbiges Band entsteht, das man Spektrum nennt. Jeder Stoff, der bei der Lichterzeugung mitwirkt, hat «sein» Spektrum, ob er nun in einem irdischen Laboratorium, auf der Sonne oder auf einem weit entfernten Stern leuchtet. Auch wenn mehrere chemische Elemente gleichzeitig beteiligt sind, können ihre Spektren mit Leichtigkeit ge-

trennt werden. So bietet uns die sog. Spektralanalyse die Möglichkeit einer chemischen Analyse auf Distanz.

Der Astrophysiker kann sich mit ihrer Hilfe Auskunft verschaffen über die chemische Zusammensetzung der Sternoberflächen, von denen das zu uns gelangende Licht ausgesandt wird. Diese Untersuchungen haben zur erstaunlichen Erkenntnis geführt, daß am Aufbau der Himmelskörper genau die gleichen Bausteine, die uns bekannten chemischen Elemente, beteiligt sind. In dieser Beziehung herrscht also eine überzeugende Einheitlichkeit im Weltall. Die weitaus häufigsten Elemente im Weltall sind Wasserstoff und Helium, alle andern chemischen Elemente, wie z.B. Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoff, die Metalle etc., machen zusammen knapp ein Prozent aus.

Die Aufnahme oder Abgabe von Licht durch die Atome erfolgt bei verschiedenen Temperaturen verschieden. Aus dem Spektrum ist also auch die Temperatur des Strahlers ersichtlich. Ein ähnlicher Zusammenhang besteht mit dem Druck, unter dem sich das leuchtende Gas befindet.

Es ist also, zusammenfassend, möglich, aus dem Licht im wesentlichen folgende Eigenschaften der an seiner Erzeugung beteiligten Stoffe in Erfahrung zu bringen: Art und Anzahl der Atome (qualitative und quantitative chemische Analyse), Druck, unter dem sich die Gase befinden und ihre Temperatur. Aus der Temperatur kann man berechnen, wieviel Licht jeder Quadratzentimeter der Sternoberfläche in einer Sekunde abstrahlt. Aus der auf die Erde von diesem Stern an kommenden Lichtmenge ist es möglich, rückwärts etwas zu erfahren über die Größe der gesamten Sternoberfläche, d.h. über den Sterndurchmesser.

Von Tausenden von Sternen sind bis heute die sog. Zustandsgrößen gesammelt worden: Oberflächentemperatur, Leuchtkraft (Kerzenstärke) und Durchmesser. Dazu kommt noch die Masse, oft auch (fälschlicherweise) als «Gewicht» bezeichnet.

## 7. «Systematik» der Sterne

Wie in den andern Wissenschaften, z.B. Botanik, Zoologie, Mineralogie usw., besteht auch in der Astronomie das Bedürfnis, in die Fülle der Erscheinungsformen der Sterne eine gewisse Ordnung zu bringen.

Nur eine einzige Größe ändert sich von Stern zu Stern kaum, nämlich die Masse oder, anders ausgedrückt, die Stoffmenge, die sie in sich vereinigen. Alle Sterne sind ungefähr gleich «schwer», könnte man sie wägen. Die überwiegende Mehrzahl der Sterne besitzt eine Masse, die das 4-fache der Sonnenmasse nicht übersteigt und ihre Hälfte kaum unterschreitet. Vereinzelte Bewohner des Universums bringen es als Ausnahmen auf 400 Sonnenmassen im Maximum und auf  $\frac{1}{10}$  derselben im Minimum.

Ein sehr viel weiterer Spielraum steht der Leuchtkraft zur Verfügung: von Sternen, die, an den Platz der Sonne gesetzt, an die 100000-mal heller strahlen würden als diese, bis zu Leuchtzwergen, die 100000-mal schwächer sind als unser Tagesgestirn, kommen alle Zwischenstufen vor.

Auch die Oberflächentemperatur erstreckt sich über einen großen Bereich: extrem rote Sterne erreichen kaum  $2000^{\circ}$ , unsere Sonne mit ihren  $6000^{\circ}$  hält die Mitte, steht aber gegen den blauen Leuchtriesen mit  $50000^{\circ}$  weit zurück.

Bei den Sterndurchmessern liegen die vorkommenden Extreme ebenfalls sehr weit auseinander: ausgesprochene Zwergen erreichen die Größe unseres Mondes, sind also 400-mal kleiner als die Sonne, die voluminösen Übergiganten hingegen übertreffen die Sonne um das Tausendfache und mehr! Im Leibe der Riesensterne, wie z.B. der rote Stern Betelgeuze im Orion einer ist, hätte die Erdbahn gut Platz.

Seit 50 Jahren teilt man die Sterne nach ihrer Oberflächentemperatur und nach ihrer Leuchtkraft ein. Jeder Stern wird in ein Diagramm eingetragen, in dem Temperatur und Leuchtkraft enthalten sind. Man erhält in großen Zügen

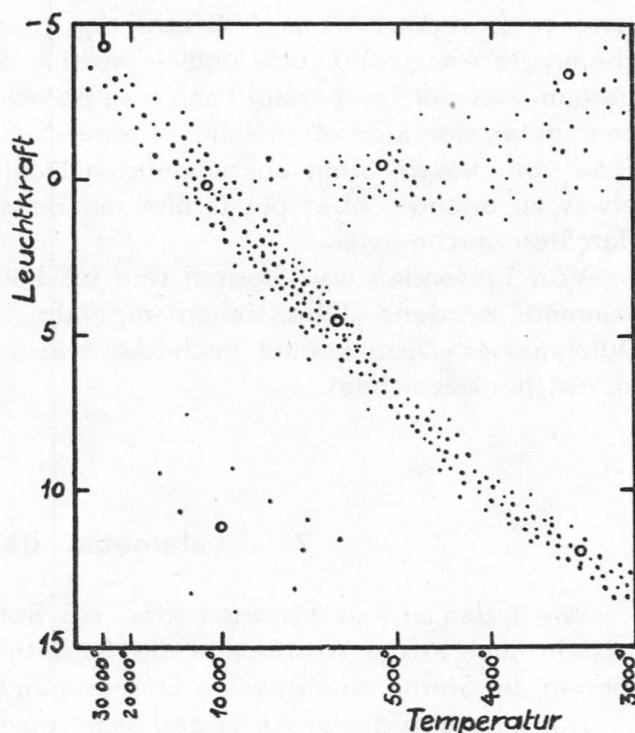


Fig. 4 Hertzsprung-Russell-Diagramm (schematisch). Am linken Rand des Feldes liegen die heißen, weißen, am rechten die kühleren, roten, Sterne; am oberen Rand sind die Leuchtriesen und am unteren die Zwergen zu finden. Die in der Tabelle auf Seite 30 aufgeführten Sterne sind in dieser Darstellung durch kleine Kreise gekennzeichnet; der Kreis in der Mitte des Feldes entspricht der Sonne.

das Bild von Fig. 4. Jeder Stern ist dargestellt durch einen Punkt senkrecht über seiner Oberflächentemperatur und auf der Höhe seiner Leuchtkraft (angegeben in einer der scheinbaren Helligkeit verwandten Skala). Man hätte erwartet, daß sowohl von den kühlen, roten, als auch von den heißen, blauen Sternen solche jeglicher Leuchtkraft vorhanden seien. Dem ist aber nicht so.

Das nach seinen Entdeckern benannte Hertzsprung-Russell-Diagramm zeigt nämlich, daß im großen und ganzen ein ziemlich eindeutiger Zusammenhang besteht zwischen der Oberflächentemperatur (d.h. auch der Farbe) und der Kerzenstärke der Großenzahl der Sterne. Im allgemeinen sind die roten Sterne, mit geringer Temperatur, auch die lichtschwächeren, sie werden als rote Zwerge bezeichnet und haben ihren Platz im rechten unteren Teil der Darstellung. Die blauen, sehr heißen Sterne sind in der Regel auch die leuchtkräftigsten, sie sind in der linken oberen Ecke zu finden. Unsere Sonne ist als Punkt vermerkt, welcher über der Temperatur  $6000^{\circ}$  und neben der Leuchtkraft + 4.7 steht. Die weitauß größte Zahl der anderen Sonnen ordnet sich im Hertzsprung-Russel-Diagramm auf der Diagonale von links oben nach rechts unten an.

Wie überall, gibt es auch in der Sternsystematik Spezialfälle. Solche sind durch die Sterne in der rechten oberen Ecke unserer Aufstellung gegeben. Diese verhältnismäßig kühlen Himmelskörper, die bei ihrer niedrigen Temperatur nur wenig Licht pro Quadratzentimeter ausstrahlen, müssen eine ungeheure Oberfläche haben, um uns so hell zu erscheinen. Ihr Name, «Rote Riesen» ist deshalb sehr zutreffend.

Gerade das Gegenteil ist zu sagen von den wenigen Sonnen, die im linken unteren Teil der Zeichnung liegen: weil sie nicht die ihrer hohen Temperatur entsprechende Leuchtkraft haben, muß ihre Oberfläche außerordentlich klein sein, damit auch ihre Abmessungen. Sie erhalten den sinnvollen Namen «Weiße Zwerge». Wir kennen die Weißen Zwerge nur in unserer nächsten Umgebung, da ihr Licht zu schwach ist, um auf große Distanzen bemerkt zu werden; ihre Zahl beträgt zur Zeit kaum 100. Der erste Weiße Zwerg wurde vor etwas mehr als 100 Jahren entdeckt ohne vorerst gesehen zu werden; es ist der Begleitstern von Sirius. Außerordentlich genaue Messungen ergaben damals, daß Sirius am Himmel kleine Pendelbewegungen ausführte, die vom Mathematiker Bessel als Einflüsse eines anderen Himmelskörpers gedeutet wurden. Bessel hat gleichzeitig auch angegeben, in welcher Distanz dieser unsichtbare Stern um Sirius herumkreisen und welche Masse er haben müsse. Man war nur erstaunt, daß ein solcher Begleiter nicht schon gefunden worden war. Erst einige Jahre später konnte dieser Zwerg zufällig von einem Optiker beobachtet werden, der eine neue Linse an Sirius ausprobirte. Sirius-B, wie er in der Folge genannt wurde, ist nur wenig größer als die Erde, vereinigt in sich aber dieselbe Stoffmenge wie die Sonne. Ein Kubikzentimeter Materie aus Sirius-B würde auf unserer Erde gegen 200 Kilogramm wiegen (zum Vergleich: ein Kubikzentimeter Wasser wiegt ein Gramm!). Es war den letzten Jahrzehnten vorbehalten, zu erklären, wieso Materie so ungeheuer dicht zusammengepreßt werden kann, daß aus ihr ein Stoff entsteht, der einige tausendmal schwerer ist als die irdischen Stoffe mit den größten spezifischen Gewichten. Dies ist nur möglich, wenn die Atome von ihrer Hülle entblößt und in ihre Bestandteile zerlegt werden. Diese lassen sich dann auf kleinstem

Raum unterbringen (man führt ja auch auf einem Eisenbahnwagen einen Riesenkran zur Baustelle, welcher zusammengesetzt von der Bahn nie befördert werden könnte).

Wir haben bereits davon gesprochen, daß die Massen der Sterne sich verhältnismäßig wenig voneinander unterscheiden. Ihr mittleres spezifisches Gewicht muß sich deshalb in entsprechend so weiten Grenzen bewegen wie ihre geometrischen Abmessungen. In der nachfolgenden Tabelle sind einige charakteristische Sterne mit ihren Zustandsgrößen zusammengefaßt. Wir erkennen daraus, daß die Verhältnisse, unter denen wir die Materie auf der Erde beobachten können, nur einen winzigen Teil der Skala bilden, die durch die Zustände im Weltall draußen gegeben ist. Die erste Kolonne enthält den Namen des Sterns, die zweite seine Oberflächentemperatur, die dritte die Leuchtkraft, verglichen mit jener der Sonne, die vierte seine Masse, wieder gemessen in Sonnenmassen, die fünfte den Durchmesser in Sonnendurchmessern (1.4 Millionen km) und die letzte die Dichte, d.h. die Zahl, die angibt, wieviele Gramm ein Kubikzentimeter Sternmasse auf der Erde wiegen würde.

Stern	Temperatur Grad	Leuchtkraft	Masse	Radius	Dichte gr/cm <sup>3</sup>
Y CYG	30 000	30 000	17	5.9	0.1
Sirius	11 200	40	2.4	1.8	0.6
Sonne	6 000	1	1.0	1.0	1.4
Krüger-60	3 300	0.001	0.1	0.5	1.1
Capella	5 200	100	4	10	0.005
Zeta AUR	3 600	5 600	15	160	0.000005
Epsilon AUR	1 700	—	25	2000	0.000000003
Sirius-B	10 000	0.003	0.96	0.02	200 000

Die ersten vier Sterne mit der Sonne sind Vertreter aus der Diagonale des Hertzsprung-Russell-Diagramms; sie unterscheiden sich vor allem in ihrer Temperatur und Leuchtkraft. Krüger-60 ist einer der schmächtigsten Sterne, die wir kennen und befindet sich im Diagramm zu unterst in der rechten Ecke. Die nächsten drei Himmelskörper sind ausgesprochene Rote Riesen, ausgezeichnet durch ihre verhältnismäßig niedrige Temperatur und ihre gigantischen Abmessungen. Der Stern Epsilon im Sternbild Fuhrmann ist so groß, daß in seinem Leib gerade noch die Saturn-Bahn, einschließlich der Bahnen von Merkur, Venus, Erde, Mars und Jupiter, Platz hätte. Seine Materie ist aber so fein verteilt, daß erst ein Würfel von 14 Metern Kantenlänge ein Gramm wiegen würde; das Gas, aus dem er besteht, ist ungefähr so dünn wie das restliche Gas in einer Radioröhre! Der Stern ist übrigens so lichtschwach, daß

man ihn gar nicht mehr sieht; seine Existenz ist nur sichergestellt durch die Wirkungen, die er auf einen andern in seiner Nähe sich befindenden Himmelskörper ausübt.

Vielleicht ist uns der Leser bis zu diesem Punkt mit einem Zögern gefolgt. Er mag der Sache nicht so recht trauen, stammen doch die genannten Zahlen ausschließlich von Auskünften, die uns das Licht geben kann, nachdem es die weiten Räume von den Sternen in unsere Teleskope zurückgelegt hat und hier durch Linsen und Prismen und über Spiegel auf die photographische Platte gelenkt wurde. Er fröstelt sich, denn er ist nicht der erste Zweifler, an dem die Astronomen ihre Argumente ausprobiert haben!

Weil wir gerade bei den großen Zahlen sind, besteht Gelegenheit, noch etwas über

## 8. Die Entfernungsbestimmung im Weltall

zu sagen. Eine Methode haben wir bereits kennen gelernt, nämlich jene, welche zur Berechnung des Abstandes die scheinbare Helligkeit und die aus dem Spektrum bestimmte Leuchtkraft benutzt. Die genannte Methode kann aber nur angewendet werden, wenn sie durch direkte Distanzmessungen an ausgewählten Sternen geeicht worden ist.

Dazu verwendet der Astronom dasselbe Standlinienverfahren, mit dem der Geometer das Land vermisst. Er wählt eine Standlinie  $A-B$  (Fig. 5), die er mit dem Meterstab ausmisst. Von ihren Endpunkten aus visiert er den Punkt  $P$  mit der unbekannten Entfernung an und bestimmt die Winkel bei  $A$  und  $B$ . Aus

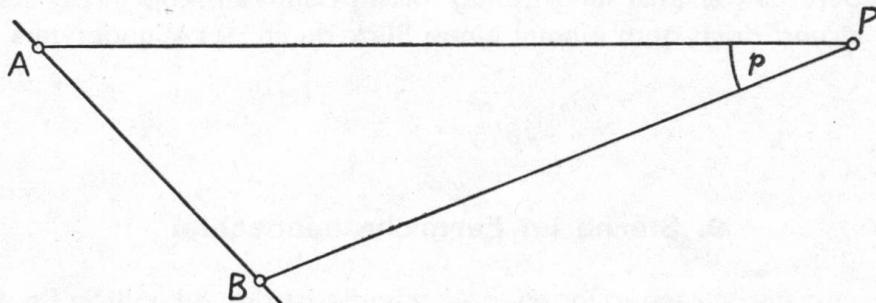


Fig. 5 Standlinienmethode für die Entfernungsbestimmung.

den Angaben, den beiden Winkeln und der Länge der Standlinie, kann die Strecke  $A-P$  oder  $B-P$  errechnet werden. Ist  $P$  sehr weit entfernt, wird die Sache etwas schwieriger, denn der Winkel  $p$  bei  $P$  wird dann immer kleiner, die Winkelmessung bei  $A$  und  $B$  muß immer genauer erfolgen. Dem kann durch Wahl einer längeren Standlinie abgeholfen werden. Aber schon für die Bestimmung der Sonnenentfernung ist der Erddurchmesser — die größte

Standlinie, die uns die Erde bietet — zu knapp! Zur Messung von Fixsternenfernungen wird deshalb der Durchmesser der jährlichen Bahn der Erde um die Sonne gewählt, sie hat immerhin eine Länge von 300 Millionen Kilometern! Damit müssen wir uns zufrieden geben, obschon diese Basis ebenfalls viel zu kurz ist. Der nächste Stern ist so weit weg, daß der Winkel bei  $P$ , die sog. Parallaxe, nicht einmal eine Bogensekunde beträgt. Wir können dies durch folgendes Bild veranschaulichen: Blicken wir, in Gedanken, von diesem Stern auf unser Sonnensystem zurück, würde uns die Erdbahn so groß erscheinen wie ein Rappenstück aus einer Entfernung von 2 Kilometern. Mit diesem Verfahren gelingt es, nur noch 100-mal weiter in den Raum vorzustoßen.

Rechnen wir aus dem kleinen Parallaxenwinkel  $p$  nun die Distanz in Kilometer um, so ergibt das für den nächsten Stern (der sich im Sternbild Centaurus befindet) 40 Billionen Kilometer (eine Billion sind eine Million Millionen). Das Licht, das in jeder Sekunde  $7\frac{1}{2}$ -mal um die Erde herumreist, also 300 000 Kilometer zurücklegt, braucht für diese 40 Billionen Kilometer ganze  $4\frac{1}{2}$  Jahre. Man sagt auch, der nächste Stern stehe in einer Entfernung von  $4\frac{1}{2}$  Lichtjahren. Im Umkreis von einigen hundert Lichtjahren sind so von vielen Sternen die Distanzen bestimmt worden. Aus diesen und ihren scheinbaren Helligkeiten kann auf die Leuchtkraft geschlossen werden. Aus der Leuchtkraft und der Farbe, d.h. Temperatur (auf Grund des Spektrums) konnte erst das Hertzsprung-Russell-Diagramm hergestellt werden, das wiederum dazu dienen kann, über ihre Leuchtkraft, entnommen aus dem Diagramm bei bekanntem Spektrum, die Distanz von noch weiter entfernten Sternen in Erfahrung zu bringen.

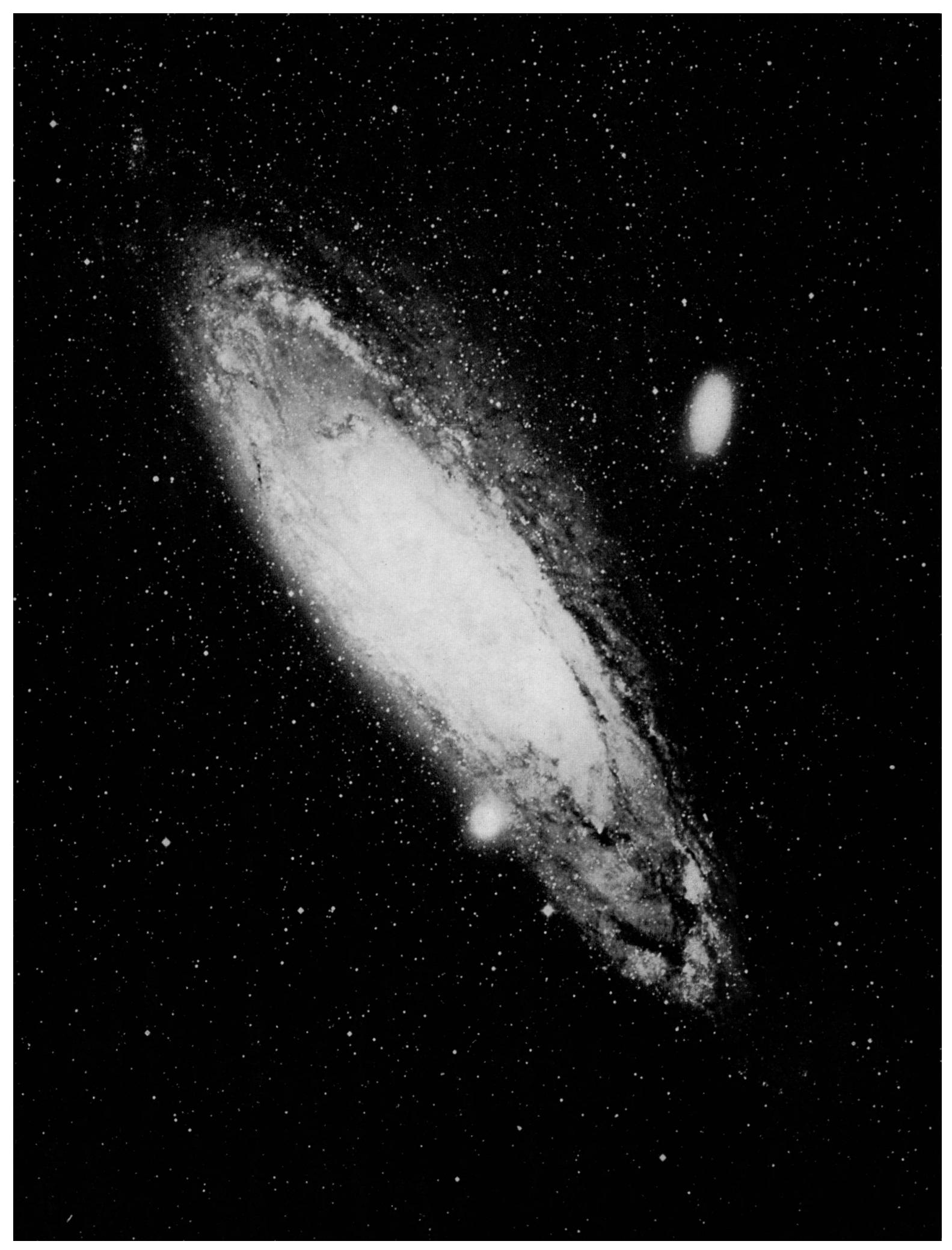
Unwillig wird uns hier der Leser mit einem schüchternen Hüsteln zu verstehen geben, daß er jetzt lang genug neben dem Teleskop in der Kälte gestanden hat und doch gern einmal einen Blick durch das Wunderwerk werfen möchte.

## 9. Sterne im Fernrohr beobachtet

Auf Grund der vorangegangenen Abschnitte ist der zukünftige Beobachter soweit vorbereitet, daß er hoffentlich nicht enttäuscht ist, auch im guten Teleskop die Sterne nicht als Scheibchen zu sehen. Er kann sich ausmalen, daß auch ein Körper von mehreren Millionen Kilometern Durchmesser aus einer Distanz von 100 Billionen Kilometern zu betrachten, auf dasselbe herauskommt, wie eine Fliege auf dem Jungfraugipfel vom Säckelamtshüsli aus als Fliege sehen zu wollen. Es ist vielmehr so, daß die Sterne uns umso eher als Punkte erscheinen, je besser das Fernrohr ist. Was wir von ihnen sehen, ist ja schließlich nicht der Sternkörper selbst, sondern nur das Licht, das er ausstrahlt, und dieses scheint für uns von einem nahezu mathematischen Punkt auszugehen.

## Tafel V

Der große Andromeda-Nebel, das einzige Milchstraßensystem, das von bloßem Auge schwach sichtbar ist. Im Fernrohr ist in der Regel nur der innerste helle Kern zu erkennen. Die beiden hellen Flecken auf beiden Seiten des Hauptobjektes sind ebenfalls Milchstraßen, aber solche ohne Spiralarme (Seite 39). Der Beschauer erinnere sich, daß das nebelhafte Leuchten das zusammengeschmolzene Licht von Hunderten von Milliarden Sonnen ist!

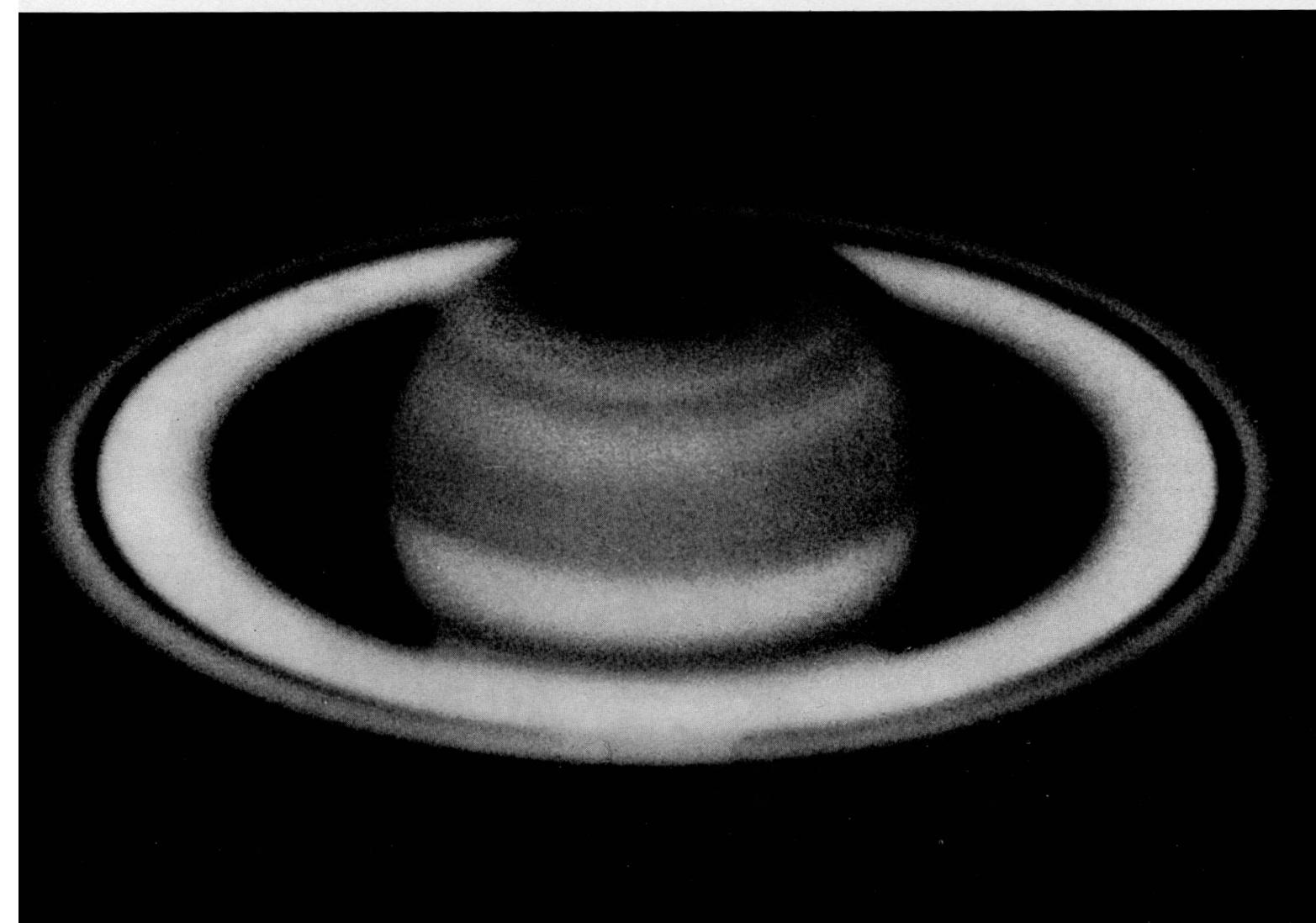
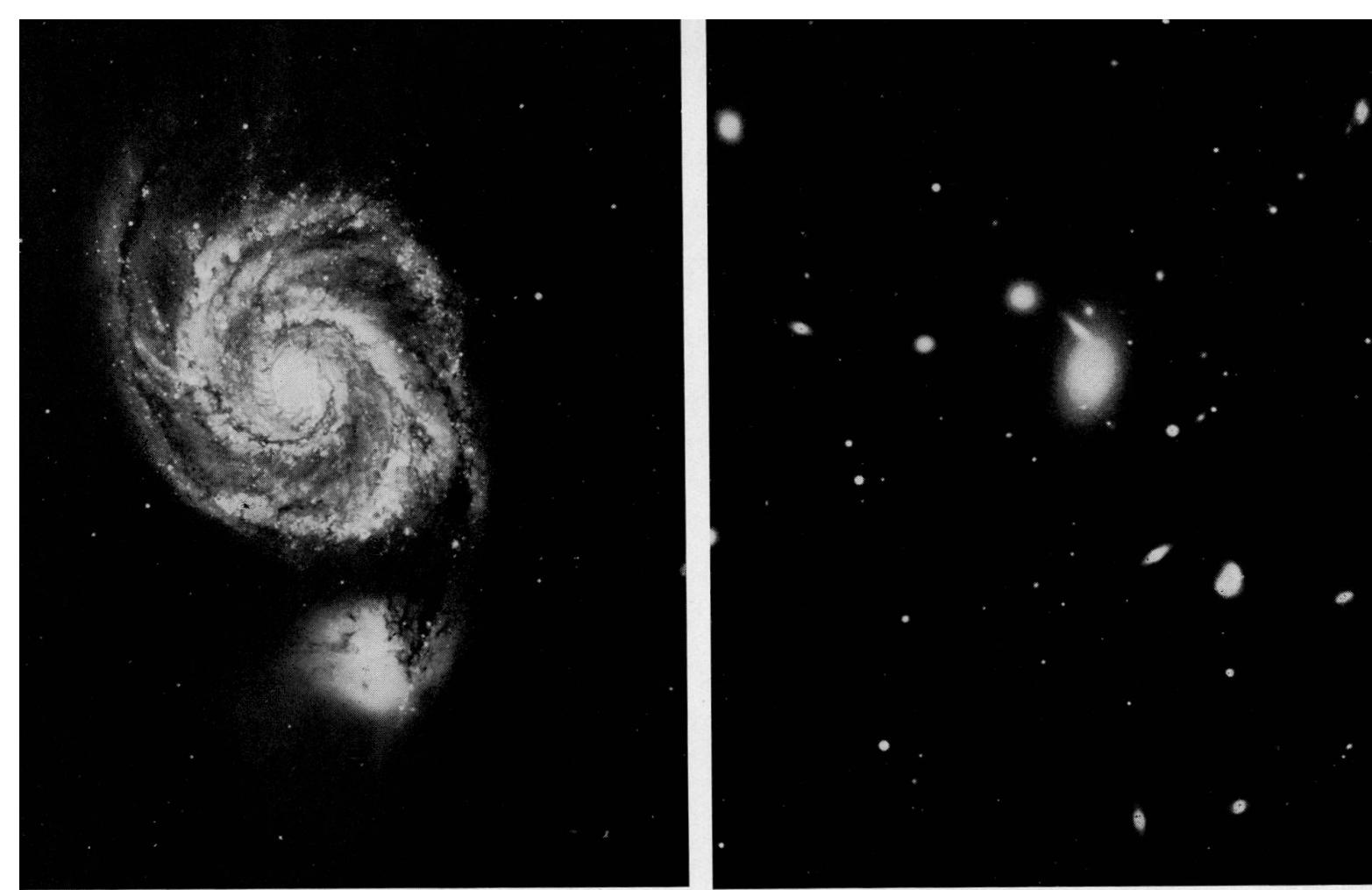


## Tafel VI

Spiral-Nebel in den Jagdhunden (Seite 40), eine Milchstraße ähnlich der unsrigen. Die Spiralstruktur und die Dunkelmassen in den Spiralarmen treten deutlich hervor (Entfernung ca. 6 Millionen Lichtjahre). Im Teleskop sind nur die beiden Verdichtungen sichtbar (Aufnahme mit 5-m-Teleskop von Palomar).

Milchstraßen-Haufen im Sternbild Haar der Berenice. Nur die Photographie erlaubt uns, diese fernen Sternsysteme überhaupt zu untersuchen. Jeder verschwommene Fleck stellt eine Welteninsel, bestehend aus Milliarden von Sonnen dar (Seite 40). Ein Blick an die Grenzen von Raum und Zeit...

Saturn mit seinem Ringsystem, strahlt im Lichte der Sonne (wie unser Mond). Durchmesser der Kugel ca. 120 000 km, Durchmesser des Ringes ca. 280 000 km. Sehr deutlich ist der Schatten des Planetenkörpers auf dem Ring (rechts oben) sichtbar. Im Gegensatz zu allen andern Himmelskörpern sind bei direkter Beobachtung mehr Einzelheiten zu erkennen als in der Photographie (Seite 45).

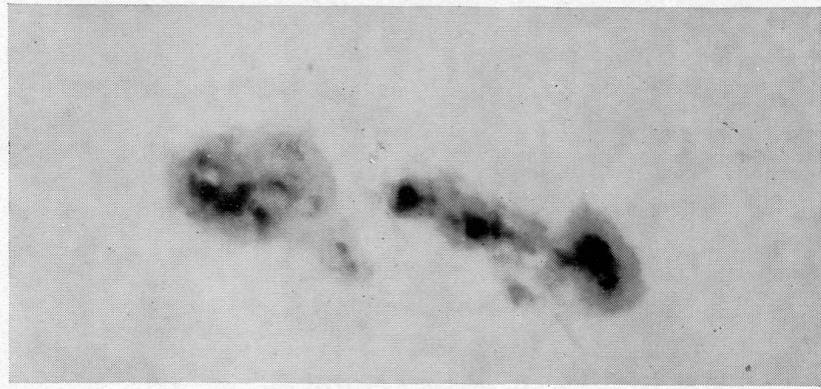
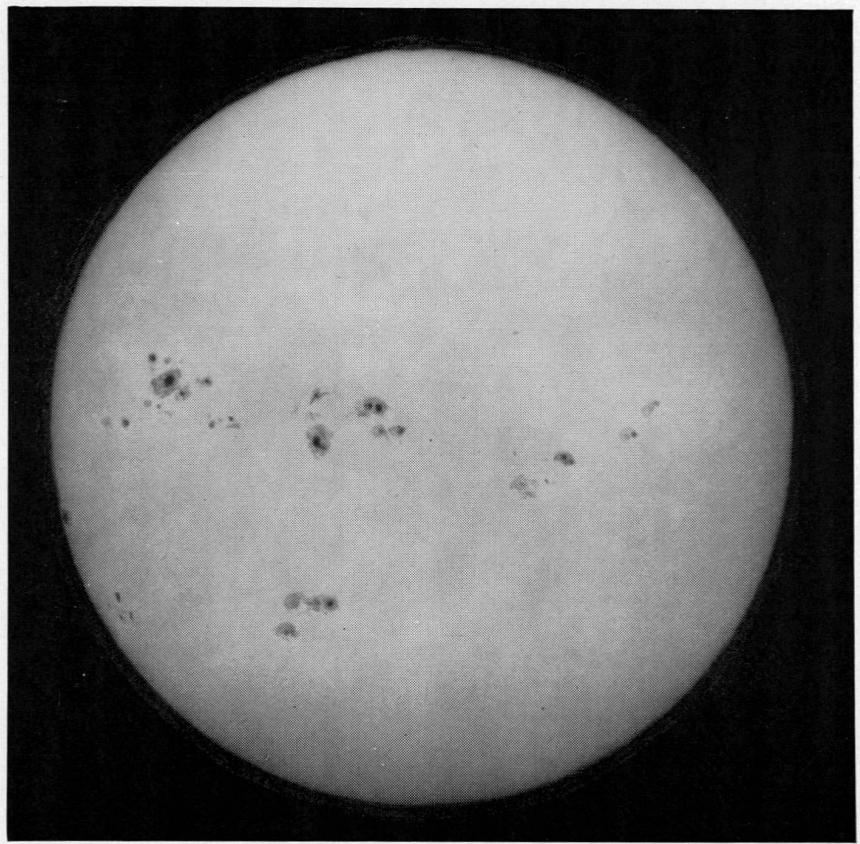


Tafel VII

Die Sonne (Seite 42 f.). Das erste Bild zeigt die Sonne mit vielen Flecken. Die «Randverdunkelung» ist deutlich zu erkennen.

Die andern Bilder geben Ausschnitte mit größeren Fleckengruppen (Kern und Saum). Am Rande der Sonnenscheibe treten die Fackeln besonders in Erscheinung.

(Die Sonnenaufnahmen wurden von K. Rapp, Locarno-Monti, mit einem kleinen Linsenfernrohr gemacht.)



Im Fernrohr ist vielleicht der Stern «Zeta Ursa majoris» eingestellt. Hinter diesem wissenschaftlich tönenenden Namen verbirgt sich der unter seinem arabischen Namen «Mizar» bekannte Augenprüfer im Sternbild des Großen Bären oder Himmelwagens. Es ist der zweitäußerste Stern in der Deichsel des Wagens, ein recht heller Himmelskörper. Im Fernrohr, bei guter, ruhiger Luft, strahlt er wie ein Edelstein inmitten vieler erst jetzt sichtbar werdender schwächerer Sterne. Denken wir daran, daß die Fläche unseres Hohlspiegels gegen 500-mal größer ist als die Pupillenfläche des Auges; um soviel heller erscheint uns Mizar. Neben ihm steht der rund viermal schwächere «Alkor», das «Reiterlein», eben der Augenprüfer, so genannt, weil er von einem Menschen mit normalem Sehvermögen mit unbewaffnetem Auge erkannt werden sollte. Mit Erstaunen stellen wir bei näherem Zusehen fest, daß der hellere der beiden Sterne eigentlich aus zwei Lichtpunkten besteht. Es steht außer Zweifel, daß diese drei Sterne zusammengehören und eine Einheit bilden; sie stehen also nicht nur zufällig im Raum nahezu in der gleichen Blickrichtung. Es sind drei Sonnen, die umeinander kreisen, allerdings so langsam, daß Astronomengenerationen nötig sind, um die Bewegungen ausmessen zu können. Wenn auch, von uns aus gesehen, der gegenseitige Abstand der beiden benachbarteren Sterne sehr klein aussieht, entspricht er aber doch, in dieser großen Distanz, einigen 100 Milliarden Kilometern; vom einen zum andern braucht das Licht volle 20 Tage!

Wir sind hier, bei unserem ersten Blick durch das Fernrohr, auf eines der Wunder im Fixsternraum gestoßen, das heute den Astronomen ziemlich viel Kopfzerbrechen verursacht: die sog. Doppelsterne. Solche Familien von zwei und mehr eigentlichen Sonnen sind schon tausende bekannt, viel mehr, als man erwarten könnte. Die Mehrfachsterne sind keineswegs Zufallserscheinungen. Die genaue Untersuchung der Sternspektren hat die merkwürdige Tatsache zutage gebracht, daß viele Sterne eigentlich zwei oder noch mehr äußerst nahe zusammenstehende Sonnen sind, die auch im größten Teleskop nicht voneinander getrennt werden können, wohl aber ihre Spektren im Spektralapparat. Man darf heute mit Sicherheit schließen, daß rund die Hälfte aller Sterne in unserer Umgebung Doppel- oder Mehrfachsterne sind. Diese Himmelskörper haben für die Astronomie außerordentliche Bedeutung, denn es sind sozusagen die einzigen Gestirne, von denen die Massen bestimmt werden können (aus ihrer gegenseitigen Umlaufbewegung und der gegenseitigen Distanz der Einzelsterne). Durch Gegenüberstellung dieser Sternmassen und der Leuchtkraft der betreffenden Sterne wurde ein interessanter Zusammenhang zwischen den beiden Größen entdeckt, der auch theoretisch vorauszusehen war: je größer die Leuchtkraft eines Sterns ist, umso größer ist auch seine Masse. Ausnahmen bilden bis zu einem gewissen Grade nur die roten Riesensterne und die weißen Zwerge. Es ist also, wieder auf dem Umweg über die spektrale Zerlegung des Lichtes, möglich, zu sagen, wieviel mal mehr Stoff ein bestimmter Stern enthält als die Sonne.

Es gibt aber auch Doppelsterne, die vor allem im Spiegelteleskop eine wahre Augenweide sind. Ein solcher ist der Stern Beta im Schwan, genannt Albireo. Die beiden Sterne sind ausgesprochen verschiedenfarbig, der eine gelb, der andere bläulich. Der Stern Eta der Cassiopeia löst sich im Teleskop in zwei nahe beieinanderliegende Sonnen auf, eine purpurne und eine gelbe. Die Komponenten dieses Sternpaars führen in rund 500 Jahren eine volle Umdrehung umeinander aus und befinden sich in der verhältnismäßig geringen Entfernung von 18 Lichtjahren.

So könnten wir fortfahren mit der Beschreibung der verschiedensten Doppelsterne. Immer sind es zusammengehörige Sonnen, die sich langsam bewegen — und doch bietet jedes dieser vielen Systeme eigene Reize. Unser Freund möchte aber vielleicht etwas anderes sehen. Er sei getrost, wir können ihn mit weiteren Augenweiden bekannt machen.

## 10. Sternhaufen

Wahrscheinlich jedermann kennt das Sterngrüpplein des Siebengestirns oder der Pleiaden, besonders im Winter hoch im Süden zu beobachten. Richten wir unser Rohr auf diese Stelle und setzen das Okular für die kleinste Vergrößerung ein! Vielleicht kann der Neuling einen Ausruf des Entzückens nicht verkneifen, vielleicht vergisst er einen Augenblick, daß er noch auf der Erde steht. Auf mattdunklem Grund leuchten Dutzende von Diamanten, zerstreut über das ganze Blickfeld, in allen möglichen Farbtönen, einige von ihnen blendend hell, andere, die Mehrzahl, schwach aus der Dunkelheit sich abhebend. Wir stehen hier vor einer Sternfamilie mit über 200 Mitgliedern, die im Raum alle einem gemeinsamen Ziel zuwandern. Der Pleiaden-Sternhaufe liegt in rund 400 Lichtjahren Entfernung; um ihn ganz zu durchqueren, braucht das Licht ganze 18 Jahre! (Tafel I).

Auch von diesen Sternhaufen gibt es noch eine große Zahl, vor allem in der Gegend des Milchstraßenbandes, wo der Sternreichtum noch größer ist. Nicht immer sind aber die Haufensterne nach zufälliger Manier verteilt wie in diesen sog. offenen Haufen. Richten wir im Sommer unser Instrument auf das unscheinbare Nebelwölklein im Sternbild Herkules. Ist die Nacht klar und die Luft ruhig, z.B. nach einem reinigenden Regen, erleben wir ein Schauspiel, das seinesgleichen sucht: bei mittlerer Vergrößerung (ca. 100fach, evtl. weniger) löst sich die neblige Masse bis weit gegen ihr Zentrum auf in Tausende von Sternchen. Es ist dies eine gigantische Ansammlung von Hundertausenden von Sonnen, verteilt auf einen kugelförmigen Raum mit 160 Lichtjahren Durchmesser, ein sog. Kugelsternhaufe. Diese Art von Sternfamilien ist verhältnismäßig selten, man kennt heute knapp 100 Kugelsternhaufen von denen einer, der Herkuleshaufe, gerade noch ohne Fernrohr gefunden werden kann (Tafel II).

## 11. Die Verteilung der Sterne

Den Astronomen wird manchmal die Frage gestellt, ob eigentlich die Sterne nie zusammenstoßen. Gerade angesichts der dichten Ansammlungen von Sonnen in Kugelhaufen ist die Frage berechtigt. Wenn wir uns aber die wirklichen Distanzverhältnisse vorzustellen versuchen, sehen wir, daß unsere Sorge fehl am Platze ist. Es ist freilich müßig, die ungeheuren Entfernung erfassen zu wollen, deshalb greifen wir zu einem verkleinerten Modell der Sterne im Weltraum.

Denken wir uns die Sonne verkleinert auf die Größe einer Kirsche, dann kreist die Erde als kleinstes Sandkorn von kaum  $1/10$  mm in rund  $1\frac{1}{2}$  m Abstand um sie herum. Der äußerste Planet des Sonnensystems, Pluto, zöge seine Bahn auf einem Kreis von etwas über 100 m Durchmesser. Den nächsten Fixstern müßten wir in 400 km Entfernung suchen! In 7000 km läge Mizar und in 3 Millionen km der Kugelsternhaufen im Herkules. Als grobe Regel gilt also, daß die Sterne ungefähr so dünn verteilt sind wie Kirschen in den Hauptstädten der europäischen Staaten. In den Sternhaufen liegen sie dichter, aber auch dann noch sind die gegenseitigen Abstände ungeheuer groß gegen die Durchmesser der Sonnen. Frontale Zusammenstöße von Sternen sind deshalb so außerordentlich selten, daß sie als ausgeschlossen betrachtet werden können. Aber schon nahe Vorübergänge von zwei Sonnen können auf ihnen Veränderungen hervorrufen, denn sie ziehen sich gegenseitig Materie aus ihren Leibern. Vielleicht sind unsere Planeten aus solchen Gasfontänen entstanden, die vor Jahrmilliarden aus der Sonne entwichen sind anlässlich der Annäherung eines andern Sterns — die Gelehrten streiten sich noch darüber, deshalb sei diese Möglichkeit hier mit aller Vorsicht erwähnt —.

Schon vor einigen hundert Jahren haben sich die Astronomen gefragt, ob die «Sterndichte» in allen Richtungen bei weiterem Vorstoßen in den Raum hinaus immer gleich bleibe. Eine erste vorläufige Antwort auf diese Frage wurde von William Herschel, dem Erbauer der ersten größeren Spiegelteleskope in England, um 1800 herum gegeben. In geduldiger und mühsamer Arbeit hat er an verschiedenen Stellen der Himmelskugel die Sterne gezählt und nach Größenklassen sortiert. Er sagte sich, daß im allgemeinen die schwächeren Sterne weiter weg liegen als die hell leuchtenden. Auf Grund seiner nur bedingt richtigen Annahme führten seine Untersuchungen zum Schluß, daß die Sterne immer seltener werden, je weiter wir uns von der Erde entfernen, und daß sich unser Wohnplatz in einer «Sternwolke» befindet, die eine linsenförmige Gestalt hat. Diese abgeplattete, diskusförmige Sternansammlung sehen wir, als ihre Bewohner, von innen: in den Richtungen zu ihrem Rand ist der Himmel mit viel mehr Sternen, vor allem schwächeren, besetzt als in denjenigen senkrecht zur Mittelebene. Wir müssen also den Eindruck eines den ganzen Himmel umspannenden sternbesetzten Bandes haben, was tatsächlich der Fall ist: die Milchstraße ist dieses Band! Im Fernrohr löst sich ihr

matter Schimmer auf in unzählige Sterne. Der Anblick einer reichen Milchstraßegegend, z.B. im Sternbild Schwan und besonders im Schützen, bei schwacher Vergrößerung, ist überwältigend. Photographien geben nur einen schwachen Abglanz dessen, was der Beobachter in einer ruhigen Nacht am Okular erblickt (Tafel III).

Die verfeinerten Methoden der letzten Jahrzehnte für die Entfernungsbestimmung haben erlaubt, die Größe und Gestalt der Weltinsel genauer zu bestimmen, in der wir mit der Sonne und den sie umkreisenden Planeten

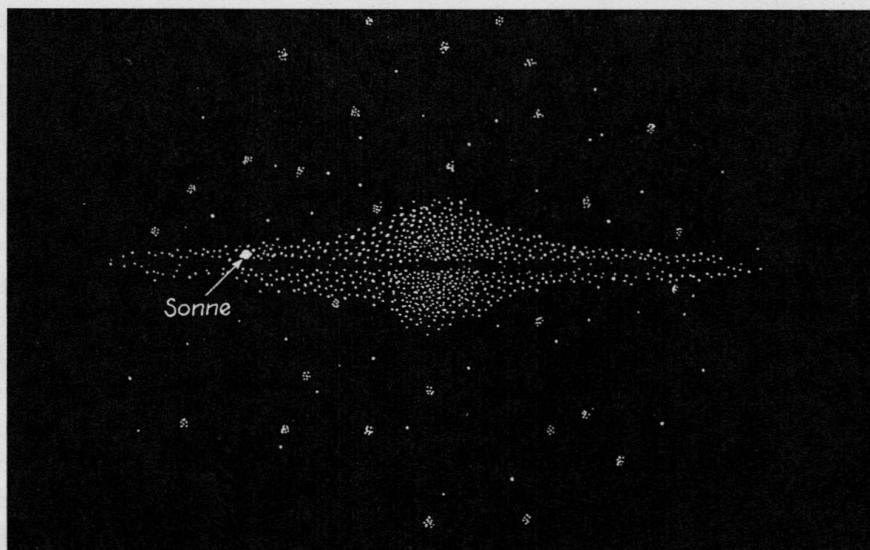


Fig. 6 Schematischer Schnitt durch unser Milchstraßensystem. Der zentrale Kern hat einen Durchmesser von rund 15 000 Lichtjahren, die «Diskusscheibe» einen solchen von rund 100 000 Lichtjahren; die Sonne befindet sich nicht weit von der Mittelebene weg in einer Entfernung von 30 000 Lichtjahren vom Zentrum. Die Mittelebene ist erfüllt von interstellarer Materie. Um das abgeflachte Milchstraßensystem herum legt sich der annähernd kugelförmige Raum der Kugelsternhaufen, in dem sich auch noch vereinzelte Sterne befinden.

wohnen. Sie hat, wie gesagt, Diskusform und enthält einige 100 Milliarden Sonnen. Ihr Durchmesser beträgt an die 100 000 Lichtjahre, ihre größte Dicke rund 20 000 Lichtjahre. Diese gewaltige Sternlinse ist noch umgeben vom ziemlich regelmäßig verteilten Schwarm der Kugelsternhaufen, so daß sie im Schnitt ungefähr so aussieht, wie Fig. 6 zeigt. Von oben gesehen, erscheint sie als Scheibe. Um eine ungefähre Vorstellung zu haben von unserem kosmischen Wohnplatz, müssen wir unser bereits entworfenes Modell noch mehr verkleinern. Lassen wir unser ganzes Sonnensystem, das dargestellt war durch einen Kreis von 100 m Durchmesser, zusammenschrumpfen auf die Größe einer

Kirsche, die Sonne also auf ein  $1/1000$  mm großes Stäubchen, dann läge der nächste Fixstern, wieder ein solches Stäubchen, in 4 m Entfernung von diesem. Die Milchstraßeinsel, oder Galaxis, wie man sie auch nennt, würde den Raum des Kantons Zürich beanspruchen und hätte eine Dicke von 10 km. Diesen Raum haben wir uns «ausgefüllt» zu denken mit 100 Milliarden Stäubchen von  $1/1000$  mm Größe, in gegenseitigen Abständen von 4 m.

## 12. Der Raum zwischen den Sternen

Das Modellbild unserer Milchstraße führt uns klar vor Augen, daß das Weltall hauptsächlich aus leerem Raum besteht, denn was machen schließlich diese, wenn auch zahlreichen, Sonnenstäubchen aus? Schon bei einer oberflächlichen Betrachtung des Milchstraßebandes fällt uns auf, daß es an verschiedenen Stellen gespalten ist und an anderen durchlöchert erscheint. Man glaubte bis vor 60 Jahren, daß in diesen «Höhlen» einfach keine Sterne stehen, trotzdem man sich eigentlich nicht recht vorstellen konnte, auf welche Art ein solch sternenloser Kanal zustandekommen könnte. An anderen Stellen, wieder vorzugsweise in der Milchstraße, waren schon lange nebelhaft leuchtende Flecken bekannt, sehr oft zusammen mit außerordentlich heißen Sternen. Um die Jahrhundertwende, mit dem Aufschwung der Himmelsphotographie und dem Einsatz der neuen großen Teleskope, wurde zwischen diesen beiden Erscheinungen, den sternleeren Flecken und den hell leuchtenden Nebeln, der Zusammenhang gefunden: Beide sind im Grunde genommen dasselbe, nämlich Stoff zwischen den Sternen. Aus dem Spektrum der hellen Nebelflecke geht deutlich hervor, daß ihr Leuchten auf zwei Arten erzeugt wird; entweder ist es das zurückgeworfene Licht der in ihnen eingebetteten Sterne oder es ist Licht, das im Nebel selbst erzeugt wird, ähnlich wie in den modernen Leuchtstoff-Röhren.

Das Sternlicht wird vor allem von Staub reflektiert, wobei wir uns unter Staub eine Mischung von «Körnern» aller Größen — Felsblöcke, Kies, Sand, feinst verteilter Eisenstaub und Staub aus Kohlenstoff — vorstellen müssen. Obschon dieser Stoff außerordentlich dünn verteilt ist, einige Milligramm oder weniger pro Kubikmeter, vermag er in den gewaltigen Schichtdicken von Lichtjahren soviel Licht zurückzuwerfen, daß eben diese hellen Wolken entstehen.

Die selbstleuchtenden Nebel hingegen bestehen nur aus Gas, in der Hauptsache aus Wasserstoff. Auch dieses Gas ist äußerst dünn verteilt, manchmal nur einige hundert oder tausend Atome pro Kubikzentimeter, also Millionen mal weniger als im guten Vakuum einer Röntgenröhre. Auch hier können wir das helle Leuchten nur beobachten, weil diese Wolken eine Dicke von Lichtjahren haben.

Beide Leuchtarten erfordern aber das Vorhandensein von sehr heißen Sternen in nächster Nähe. Fehlen solche, bleiben die Gas- und Staubwolken dunkel und vermögen, ihrer großen Mächtigkeit wegen, das Licht der dahinter liegenden Sterne auszulöschen. Wir haben dann den Eindruck der beschriebenen Höhlen. Die interstellare Materie ist es, die so viel Abwechslung in das Milchstraßenband hineinbringt. Denn gerade in der Mittelebene unserer linsenförmigen Weltinsel ist sie besonders verbreitet und verdeckt uns sogar den Blick auf die andere Seite des Diskus vollkommen, ja, nicht einmal das eigentliche Milchstraßenzentrum in der Gegend des Sternbildes Schütze vermögen wir zu sehen! Viele dieser Nebelflecken sind im Fernrohr zu erkennen. Einer der schönsten ist der sog. Trifidnebel im Schützen, bei dem sich der hell erleuchteten Nebelwolke vollkommen dunkle Wolkenfetzen vorlagern und den hellen Teil in mehrere Sektoren zu spalten scheinen (Tafel IV). Freilich, auch im großen Fernrohr sind in dem schwach leuchtenden Fleckchen keine andern Einzelheiten zu erkennen, als dunkle Wolkenzüge, die Spalten vorfäuschen. Erst die moderne Himmelsphotographie mit den heutigen Riesenteleskopen zeigt den Reichtum dieser kosmischen Wolken. Auch das Sternbild Orion ist ganz von interstellarer Materie verseucht, die an einer Stelle so hell leuchtet, daß sie sogar dem bloßen Auge als «Großer Orionnebel» in Erscheinung tritt (Tafel III).

So dünn auch der Stoff zwischen den Sternen verteilt ist, er spielt für das Leben der Sterne eine außerordentlich wichtige Rolle. Verschiedene Anzeichen deuten darauf hin, daß in diesen feinen Wolken immer noch neue Sonnen entstehen.

### 13. Neue Sterne

Noch eine andere Sorte Nebelflecken ist den Astronomen bekannt. Vertreter von ihnen können im Sternbild Großer Bär und in der Leier gefunden werden. Es sind ziemlich scharf begrenzte helle Tupfen, welche ihren ersten Beobachtern den Eindruck von Planetenscheibchen machten. Sie tragen auch den Namen «Planetarische Nebel». Besonders hübsch ist der Nebel in der Leier anzusehen, der wie ein feiner, sehr kleiner Rauchring vor dem Nachtdunkel steht. In Wirklichkeit stellt er einen gigantischen Gasballon dar, der innen hohl ist. Nur am Rand, wo die durchblickten Gasschichten eine größere Mächtigkeit erlangen, wird soviel Licht erzeugt, daß es uns sichtbar wird. Im Zentrum dieser Gaskugel steht, wie bei den andern Planetarischen Nebeln, einer der heißesten uns bekannten Sterne. Man vermutet, daß die Planetarischen Nebel dadurch entstanden sind, daß sich von der Oberfläche des Zentralsternes eine Hülle abgelöst hat, die mit großer Geschwindigkeit in den Weltraum hinausgestoßen wurde. Im Augenblick des Abstoßens der Hülle leuchtet der Stern äußerst hell auf, sodaß man lange glaubte, es sei an dieser Stelle des Himmels ein neuer Stern entstanden. In Wirklichkeit war dort schon lange

ein Stern vorhanden, er hat sich nur etwas verjüngt und bei dieser Gelegenheit während Stunden, Tagen oder sogar Monaten, in großem Glanz erstrahlt (Tafel IV).

Wenn sich hingegen der ganze Sternkörper aufbläht und der Stern sein Volumen vervielfacht, entsteht eine Leuchterscheinung, welche alle anderen übertrifft. In einem Monat gibt eine solche «Supernova» soviel Licht und andere Strahlung ab, wie die Sonne während einer Million Jahre. Die Supernova-Erscheinungen sind aber sehr selten; in unserer Milchstraße hat während der letzten tausend Jahre alle 300 Jahre im Mittel ein solcher Ausbruch stattgefunden. Den Rest einer derartigen Sternexplosion, die im Jahre 1054 von den Chinesen beobachtet wurde, stellt mit großer Wahrscheinlichkeit der sog. Krebs-Nebel im Sternbild Stier dar, dessen Gase sich auch heute noch mit einer Geschwindigkeit von über 1000 km pro Sekunde in den Weltraum hinaus verflüchtigen — ein schwach leuchtender Flecken in unserem Fernrohr (Tafel IV).

#### 14. Der Raum außerhalb unserer Milchstraße

Nachdem den Astronomen die Tatsache der Begrenztheit unseres kosmischen Wohnplatzes klar wurde, mußte auch die Frage nach dem «Außerhalb» sich einstellen. Man neigte immer noch ein wenig dazu, unsren Weltwinkel durch irgend etwas auszuzeichnen, wie man im Mittelalter glaubte, die Erde bilde das Zentrum der Welt.

Schon Herschel, von dem bereits die Rede war, verzeichnete unter den von ihm beobachteten Gestirnen Nebelflecken, die oft elliptische Form haben und spiralartige Fortsätze aufweisen. Der lange Streit, ob diese sog. Spiralnebel inner- oder außerhalb unserer Milchstraße liegen, wurde in den Zwanzigerjahren endgültig geschlichtet. Es wurde eindeutig nachgewiesen, daß diese Nebel gar keine Nebel im Sinne interstellarer Materie sind, sondern aus Sternen bestehen. Zum ersten Mal wurde ein solcher Spiralnebel, der einzige ohne Teleskop sichtbare im Sternbild Andromeda, in Myriaden einzelner Sterne aufgelöst. Unter Annahme, daß es sich um gleiche Sternarten handle wie sie in unserer Nachbarschaft zu finden sind, mußte man schließen, daß der Andromedanebel mindestens 2 Millionen Lichtjahre weit weg sein müsse, so klein ist die scheinbare Helligkeit der Einzelsterne. So weit reicht aber unser Milchstraßensystem nicht, die Spiralnebel sind somit andere Weltinseln, andere Milchstraßen. Auch sie bestehen aus Hunderten von Milliarden Sonnen, haben im großen und ganzen gleiche Abmessungen wie unsere Galaxis. In den nächsten, immerhin Millionen Lichtjahre entfernten, wurden wie in unserer Milchstraße auf photographischem Wege Sternhaufen, dunkle und helle Nebel, Neue Sterne und Supernovae gefunden (Tafel V).

Die Beobachtung dieser fernen Milchstraßen gestaltet auch viele Schlüsse auf die Gestalt unserer Sternlinse. Die Sterne unseres Systems sind, wie in den Spiralnebeln, zu Sternwolken, also lokalen Verdichtungen, vereinigt, die sich wiederum zu weit ausholenden Spiralarmen anordnen. Alle diese Galaxien, auch die Milchstraße, führen eine langsame Rotation aus, die schon durch die Spiralarme angedeutet ist. Ein Umlauf dauert einige 100 Millionen Jahre.

Der gegenseitige Abstand dieser Weltinseln ist, im Vergleich zu ihren Abmessungen, verhältnismäßig klein. In unserem Modell mit der Milchstraße von der Größe des Kantons Zürich müßte die nächste Insel von gleicher Größe in den Norden von Skandinavien gelegt werden.

Die wenigsten dieser Galaxien — denn es gibt deren ungezählte — zeigen bei visueller Beobachtung am Fernrohr die Spiralarme. In der Regel ist nur der Kern der Nebel hell genug, um gesehen zu werden. Erst die Belichtung auf eine photographische Platte an der Stelle des Brennpunktes  $F$  (Fig. 1 und 2), die oft Stunden erfordert, läßt die wahre Form erkennen. Sie bestehen in ihrer Grundform aus einem stark verdichteten Kern, um den sich zwei oder mehrere Spiralarme legen. Denken wir hier aber noch einmal daran, daß ihr nebelhaftes Leuchten das zusammengeflossene Licht von Milliarden von Sonnen ist! Neben dieser Normalform sind aber auch ferne Galaxien bekannt, die nur aus einem Kern bestehen und keine Spiralarme aufweisen. Wir wissen nicht, ob sich die Spiralarme in diesen Fällen noch nicht gebildet haben oder ob sie durch irgend einen unbekannten Vorgang verloren gegangen sind. Einen solchen kleineren elliptischen Nebel finden wir gerade neben dem bereits erwähnten Andromedanebel gewissermaßen als Begleiter. Wieder andere Milchstraßen bestehen aus einem kleinen Kern, aus dem sich in gegenüberliegenden Richtungen zwei Arme ausstrecken, die weiter außen rechtwinklig umbiegen und so den Eindruck einer geöffneten Uhrenunruhe erwecken.

Eine besonders schöne Form eines Spiralnebels steht im Sternbild Jagdhunde. Einer seiner Spiralarme setzt sich weit nach außen fort und trägt an seinem Ende eine Verdichtung. Im Teleskop erscheint dieses Objekt als Fragezeichen. Der Formenreichtum unter diesen fernen Himmelskörpern ist unerschöpflich, leider sind aber die meisten auch in größeren Fernrohren sehr schwierig beobachtbar (Tafel VI).

Außerhalb unserer Milchstraße sind kaum andere Himmelskörper zu beobachten als diese außergalaktischen Nebel, Weltenseln, bestehend aus vielen Milliarden Sonnen wie die unsrige. Wir wissen nicht, wie viele der Sonnen um sich herum Planetensysteme versammelt haben, ob und wieviele dieser Planeten wie unsere Erde bewohnt sind. Jedenfalls steht außer Zweifel, daß eine direkte Verbindung mit solchen andern Weltallbewohnern — wenn sie existieren, was nicht ausgeschlossen ist — in einem solchen Maße unwahrscheinlich erscheint, daß man sie als unmöglich bezeichnen muß (Tafel VI).

So weit unsere größten Teleskope reichen, so weit erstreckt sich die Welt der fernen Milchstraßen. Ihr Reich geht aber noch weiter, und es besteht keine Hoffnung, das Ende dieser Welt abzusehen. Eine Tatsache aber ist höchst erstaunlich: Aus ihrem Spektrum entnimmt man, daß alle diese Galaxien sich mit unerhörter Geschwindigkeit von uns entfernen, und zwar um so schneller, je weiter weg sie schon sind. Es scheint uns, als dehne sich das Weltall dauernd aus, sodaß jeder Bewohner irgend eines Spiralnebels den Eindruck haben muß, die andern fliehen von ihm weg. Ein solcher Eindruck kann aber nur auftreten, wenn alle Stellen im ganzen Weltall gleichberechtigt sind, das Universum also keine Mitte hat. Für den modernen Astronomen ist auf diese Weise der Streit der Alten über die Mitte der Welt geschlichtet — noch sind aber nicht alle Probleme gelöst!

## 15. Unsere Sonnenfamilie

Nachdem wir den Blick schweifen ließen bis ans «Ende der Welt», wollen wir zum Abschluß noch einmal in unsere engste kosmische Heimat zurückkehren. Unsere nächsten Nachbarn, der Mond, die Sonne und die Planeten, bieten Stoff für stundenlange Beobachtungen am Fernrohr. Sie sind aber auch Untersuchungsobjekte für Amateur-Astronomen mit selbstgebauten Teleskopen.

Um die Sonne kreisen bekanntlich 9 große Planeten, z.T. mit Trabanten (Monden) versehen, einige tausend kleine Planeten, die sog. Planetoiden oder Asteroiden, eine unbekannte Anzahl Kometen und Meteoriten. Die wichtigsten Daten der großen Planeten sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt.

Planet	Sonnenabst. Millionen km	Umlaufzeit	Durchmesser km	Masse Erde = 1	Rotations- Dauer	Anz. Monde
Merkur	58	88 Tage	4 840	0.0056	88 Tg(?)	0
Venus	108	225 "	12 700	0.82	10—30 Tg(?)	0
Erde	150	365 "	12 756	1.00	23 h 56 m	1
Mars	228	1.9 Jahre	6 784	0.11	24 h 37 m	2
Jupiter	779	11.9 "	142 745	318	9 h 50 m	12
Saturn	1425	29.5 "	120 798	95	10 h 14 m	9
Uranus	2870	84 "	49 693	15	10 h 8 m	5
Neptun	4490	164.8 "	53 000	17	15 h 8 m	2
Pluto	5910	248.4 "	(6000?)	?	6 Tg 9 h	—
Sonne	—	—	1 390 600	332 569	25 1/4 Tg	—

Mit je einigen Sätzen wollen wir die Mitglieder des Planetensystems kurz charakterisieren und beginnen mit dem Zentralgestirn.

### **Die Sonne.**

Während wir bei den Fixsternen und andern fernen Himmelskörpern immer gegen den Lichtmangel kämpfen müssen, ist es bei der Sonne gerade umgekehrt. Sie ist so hell, daß ihr Licht im Teleskop geschwächt werden muß, damit das Auge keinen Schaden leidet. Die Lichtschwächung ist aber in der Regel verbunden mit einer Erwärmung der beteiligten Glasteile, also muß auch dafür gesorgt werden, daß Filter und Linsen im Okular nicht zerspringen. Deren Zerstörung würde den Eintritt der durch den Hauptspiegel gesammelten Strahlenfülle ins Auge ermöglichen, was zu Erblindung führen kann. Deshalb sei an dieser Stelle dringend abgeraten, die Sonne durch Fernrohre oder Feldstecher zu betrachten, die zur Lichtschwächung mit einem absorbierenden Filter auf der Okularlinse versehen sind. Eine wirksame Verminderung der Lichtfülle kann erreicht werden durch Verkleinerung der Fläche der Objektivlinse oder des Spiegels, allerdings unter Verzicht auf eine große Detailfülle der Bilder. In mittleren Instrumenten, wie in unserem Spiegelteleskop, kann durch mehrfache Reflexion des Lichtes an unverspiegelten Glasflächen unter geeignetem Winkel seine Intensität auf kleinste Bruchteile herabgemindert werden, ohne daß irgendwo schädliche Erwärmung auftritt. Eine andere sehr praktische Methode besteht darin, das Sonnenbild in einem Abstand von der Okularöffnung auf einem weißen Schirm aufzufangen. Es kann dann von mehreren Personen gleichzeitig betrachtet und auch photographiert werden. Die Sonnenprojektion ist auch mit einem beliebigen Feldstecher möglich.

Bei der Betrachtung der Sonne auf eine der erwähnten Weisen fallen uns verschiedene Merkwürdigkeiten auf: Auf der leuchtend weißen Fläche der Sonnenscheibe, dem Bild der Sonnenkugel, sitzen oft dunkle Flecken, die bei näherem Zusehen aus einem sehr dunklen Kern, umgeben von einem etwas helleren Saum, bestehen. Mehrfältige Beobachtungen ergeben ein Wandern der Flecken vom Ost- zum Westrand der Sonne. Manchmal tauchen sie ein zweites oder drittes Mal wieder am Ostrand auf, nachdem die Sonne eine halbe Rotation ausgeführt hat. Die Zahl der Flecken ist nicht immer gleich groß. Sie ändert in einem Rhythmus von durchschnittlich 11 Jahren. Gerade jetzt befinden wir uns in einer Periode gesteigerter Fleckentätigkeit auf der Sonne. In den nächsten 5 bis 7 Jahren werden die Flecken immer seltener werden, zeitweise sogar fehlen. Nachher wird ein erneuter Anstieg zu beobachten sein. Die Sonnenflecken sind Stellen an der Oberfläche des riesigen Gasballen, deren Temperatur niedriger ist als deren Umgebung, die normalerweise rund  $6000^{\circ}$  beträgt (Fleckentemperatur um die  $4000^{\circ}$ ). Die Temperaturerniedrigung wird durch riesige magnetische Wirbel verursacht, deren Ursprung im Sonneninnern zu suchen ist (Tafel VII).

Ferner erscheint das Bild der Sonne nicht bis an den Rand hinaus gleich

hell, vielmehr ist ein deutlicher Abfall der Helligkeit gegen außen festzustellen. Dieser röhrt daher, daß die Sonne aus Gas besteht, dessen Atome in der bereits beschriebenen Weise (Abschnitt 6) leuchten. In der Mitte der «Sonnenscheibe» sehen wir tiefer in den Sonnenleib hinein als am Rande. Da die Temperatur gegen das Sonneninnere stetig zunimmt, stammt das Licht im Zentrum der Scheibe aus heißeren Schichten als dasjenige des Randes, daher auch der Helligkeitsunterschied.

Die ganze Sonnenoberfläche, wenn man nach dem eben Gesagten von einer solchen überhaupt sprechen kann, hat außerdem eine ausgesprochen körnige Struktur, ähnlich ausgestreuten Reiskörnern. Diese sog. Granulation verrät die dauernden Materieströmungen von tieferliegenden Schichten an die Oberfläche und wieder zurück. Einzelne Körner — sie sind durchschnittlich so groß wie die Schweiz — können unter günstigen Umständen kaum mehr als Minuten beobachtet werden, bevor sie wieder verschwinden.

An einzelnen Stellen scheinen die Granulationskörner ersetzt zu sein durch helle wolkenartige Streifen, sog. Fackeln, Stellen erhöhter Temperatur, wie sie besonders in den ohnehin gestörten Fleckengegenden zu finden sind (Tafel VII).

Anläßlich von Sonnenfinsternissen, wenn der Mond die Sonne vollkommen verdeckt, werden auch die äußersten Teile der Sonne, ihre eigentliche Atmosphäre, sichtbar. Es ist die Sonnenkorona, die sich bis mehrere Sonnenradien weit in den Weltraum hinaus erstreckt. Ihre Form ist je nach der gerade herrschenden Fleckentätigkeit länglich oder rundlich, auf jeden Fall aber ein unerhört packender Anblick! In der Korona dürften sich die meisten Vorgänge abspielen, welche Ursache sind für Störungen in der Erdatmosphäre, wie Nordlichter, Aufhellung des nächtlichen Himmels (Glimmen der höchsten Lufschichten), Störungen im Kurzwellenverkehr zwischen den Kontinenten, etc. In den Fleckenregionen steigen dauernd die flammenartigen Sonnenprotuberanzen in die Korona hinauf, die mit besonderen Instrumenten auch ohne Sonnenfinsternis beobachtet werden können.

Gerade am Beispiel der Sonne, die jeden Augenblick eine rege Tätigkeit entfaltet, sehen wir, daß die Gestirne nicht tote Welten sind. Es pulsiert auf ihnen eine Art Leben, allerdings nicht zu vergleichen mit organischem Leben. Mit unseren Teleskopen sind wir Zeuge von Vorgängen, bei denen Energien umgesetzt werden, welche diejenigen bei den größten Atombombenexplosionen weit übersteigen.

Auch

### **die Planeten**

bieten den Astronomen noch eine Unmenge von Rätseln, was wir schon aus den verschiedenen Fragezeichen in unserer Tabelle (Seite 41) ersehen.

Merkur, der sonnennächste Planet, ist nur selten zu sehen, da er gewöhnlich im Strahlenkranz der Sonne untergeht. Wenn er sich auf seiner Bahn um

die Sonne scheinbar am weitesten von ihr entfernt, kann er am Tage mit einiger Vorsicht mit einem guten Teleskop aufgefunden werden. Bis heute sind auf seiner Oberfläche noch keine markanten Flecken festgestellt worden, aus denen sich eindeutig seine Rotationsdauer (die Länge des Merkurtages) ableiten ließe.

Venus, der Planet, der gleich groß ist wie die Erde, ist uns vor allem als Abend- und Morgenstern bekannt. Sie ist, außer der Sonne, dem Mond und den seltenen Neuen Sternen, das Gestirn, das uns am hellsten scheinen kann. Da die Erde außerhalb der Bahn von Venus um die Sonne kreist, kann uns Venus gelegentlich einen großen Teil ihrer unbeleuchteten Rückseite zukehren, sodaß wir sie nur noch als mehr oder weniger schmale Sichel sehen. Auch dieser zeitweise helle Planet kann gut am Tage beobachtet werden, sofern man auf irgend eine Weise seinen Standort finden kann (im Hochgebirge ist Venus im tiefblauen Himmel oft sogar von bloßem Auge sichtbar).

Mars, der Planet, welcher der Erde am nächsten kommen kann und dauernd zu den tollsten Gerüchten Anlaß bietet, ist heute ein Himmelsobjekt, dem die Arbeitsprogramme von ganzen Sternwarten gewidmet sind. Unter allen Planeten ist Mars derjenige, dessen Oberfläche und Atmosphäre die größte Ähnlichkeit mit den Verhältnissen auf und über der Erde haben. Ähnlichkeit heißt aber noch nicht Gleichheit. Die Marsverhältnisse liegen sehr weit von den Bedingungen auf unserem eigenen Planeten entfernt, und es scheint uns mehr und mehr ausgeschlossen, daß auf diesem rot leuchtenden Gestirn höheres Leben herrscht. Man könnte sich höchstens die Existenz von niedrigsten Flechten und Bakterien vorstellen. Auch im Fernrohr ist Mars ein unscheinbarer Geselle. Im günstigen Fall erscheint er uns bei 100-facher Vergrößerung so groß wie der Vollmond mit unbewaffnetem Auge. Bei ganz ruhiger Luft, wenn stärkere Vergrößerung möglich ist, können auf Mars zahlreiche dunkle und helle verschwommene Flecken beobachtet werden. Die Pole des Planeten sind zu bestimmten Zeiten mit den weißen Polkalotten bedeckt, die wahrscheinlich hauchdünne Schichten aus Eis darstellen, welche während der wärmeren Jahreszeiten sofort abschmelzen. Das Problem der Marskanäle dürfte bestimmt im Laufe der nächsten Jahre seiner Lösung wesentlich näher kommen, wurden doch anlässlich der Erdnähe des Kriegsplaneten im vergangenen Jahre (1956) zu seiner Erforschung größte und modernste Mittel eingesetzt.

Jupiter darf den Ruhm für sich beanspruchen, der größte und trabantenreichste Planet des ganzen Sonnensystems zu sein. Er ist 11-mal größer, 318-mal schwerer als die Erde und umkreist von einem Dutzend Monden. Trotz seiner Größe führt er eine volle Umdrehung um seine Achse in knapp 10 Stunden aus. Dies führt dazu, daß sein Körper an den Polen stark abgeplattet ist. Seine eigentliche Oberfläche ist uns durch Grubengas- und Ammoniak-Wolken vollkommen verdeckt. Besonders reizvoll sind bei Jupiter die größeren, in jedem

Teleskop wahrnehmbaren Trabanten zu beobachten, die ständig ihre gegenseitige Stellung verändern.

Saturn, der Planet mit dem rätselhaften Ring, ist für jeden Sternfreund und jeden, der zum erstenmal durch ein Teleskop schaut, ein unvergesslicher Anblick. Wie bei kaum einem andern Himmelskörper hat man hier den Eindruck, ein räumliches Gebilde vor sich zu haben. Das Ringsystem — denn es sind mehrere Ringe, die sich um den Aequator des Planeten legen — besteht aus grobem kosmischem Staub, bis Felsblockgröße, und ist nur wenige Kilometer dick. Je nach dem Blickwinkel unter dem wir die Ringe betrachten, scheinen sie uns stark geöffnet oder ganz schmal zu sein; zu gewissen Zeiten, wenn sich die Erde gerade in der verlängerten Ringebene befindet, verschwinden sie ganz, man ahnt ihre Gegenwart nur noch aus dem Schatten, die sie auf die Saturnkugel werfen. Auch die Saturnoberfläche ist unter einer ähnlichen Wolkendecke versteckt wie diejenige Jupiters, und ebenfalls dieser Planet ist infolge seiner schnellen Rotation erheblich abgeplattet. Er hat, wie Jupiter, eine Anzahl kleinerer Körper um sich versammelt: 9 Trabanten umkreisen ihn, von denen aber nur wenige in unserem Teleskop sichtbar sein werden (Tafel VI).

Uranus erscheint uns als ein Stern, der gelegentlich noch von bloßem Auge sichtbar ist. Wir sind eigentlich erstaunt, daß seine Existenz den alten Astronomen nicht bekannt war; er wurde von Herschel 1781 mit einem seiner selbstgebauten Teleskope entdeckt. Im Fernrohr entpuppt sich Uranus als ein kleines, grünlich angehauchtes Scheibchen und unterscheidet sich deutlich von den wirklichen Fixsternen. Seine Trabanten sind allerdings größeren Teleskopen vorbehalten.

Die genaue Berechnung der Bahn von Uranus und der Vergleich ihrer Ergebnisse mit der beobachteten Bahn führte 1846 zur Vorhersage eines noch weiter entfernten Planeten. Bevor dieser überhaupt je gesehen worden war, konnte man von ihm seine Bahn und seine Masse. Er wurde einige Wochen darauf tatsächlich entdeckt und erhielt den Namen

Neptun. Er kann schon in bescheidenen Teleskopen verfolgt werden. Auch er unterscheidet sich im Gesichtsfeld von den umliegenden Sternen durch seine größere Ausdehnung und sein Licht. Die Neptunmonde bleiben auch in unserem, nicht mehr bescheidenen, Instrument unsichtbar.

Pluto, das äußerste bis heute bekannte Mitglied der Sonnenfamilie, ist erst 1930 entdeckt worden und kann von uns nicht beobachtet werden. Sein Durchmesser konnte übrigens noch nicht bestimmt werden.

Kehren wir nun von unserer Reise wieder auf die Erde zurück und machen unterwegs einen Halt beim

Mond. Er ist der uns benachbarteste Himmelskörper, mit einer Entfernung von im Mittel 384 000 km. Sein Durchmesser ist 4-mal kleiner als jener der Erde. Seiner Kleinheit wegen konnte er keine Gase als Atmosphäre zurück behalten.

Seine Oberfläche ist deshalb allen Sonnenstrahlen ausgesetzt, die den Mondboden stark erhitzen. Nach Sonnenuntergang wird die Wärme wieder in den Weltraum hinausgestrahlt. Auf diese Weise entstehen Temperaturunterschiede zwischen Mond-Nacht und -Tag von rund 200°. Unter dieser Beanspruchung zerbröckelt das Gestein an der Mondoberfläche zu Staub, der aber einfach in die Täler hinunterrieselt und sie auffüllt, da ja keine Winde ihn forttragen und keine Flüsse ihn wegschwemmen. Der Mond ist so eine vollkommen tote und stumme Welt, denn auch der Schall kann sich nicht fortpflanzen, weil keine Luft vorhanden ist. Im Fernrohr besticht uns aber der Formenreichtum seiner Gebirge, Krater, Gräben und Wallebenen. Von vielen Beobachtern wird dem Spiel von Licht und Schatten an den öden Berghängen und in den gezackten Gebirgskämmen große Beachtung geschenkt, denn aus diesen Beobachtungen lassen sich am besten die wahren Formen und deren mögliche Veränderungen erkennen. Besonders die Gebiete, in denen die Sonne gerade auf- oder untergeht, sind sehr lohnend, weil nur dort die Bodenbeschaffenheit dank der Kontraste von Licht und Schatten gut hervortritt.

\* \* \*

Etwas benommen steigen wir vom Beobachtungsschemel herunter und stellen vielleicht mit Erstaunen fest, daß wir immer noch auf der «Steig» stehen, vor einer Vorrichtung, die uns erlaubt hat, weit, sehr weit, in das Weltall hinauszublicken. Im kleinen Gesichtskreis hat sich das Universum gefüllt mit andern Welten, mit Sonnen, mit ganzen Sternsystemen, deren einzelne Glieder wir voneinander nicht mehr unterscheiden können, mit Nebelfetzen, die drohend vor andern Wundern stehen oder in geheimnisvollem Licht aufleuchten, angestrahlt von Himmelskörpern, unter deren Licht alles Leben auf der Erde ausgelöscht würde, stünden sie an Stelle der Sonne am Taghimmel.

Allerlei Gedanken mögen uns beschäftigen: Das Universum umschließt uns Menschen von allen Seiten; unsere Sinne reichen gerade aus, das Lebensnotwendige zu sehen, zu hören und zu fühlen; unsere Muskelkraft ist so bescheiden, daß mit ihr nicht einmal die Schreibtischlampe zum Leuchten gebracht werden könnte; wir sind, stofflich gesehen, wahrhaft ein Stäubchen, ein Nichts in unserem Weltraummodell. Und doch, ein Teil des Menschen, sein Geist, ist imstande, dieses unermäßliche Universum zu ahnen, Teile von ihm zu umfassen und zu denken. Wir stehen hier vor einem neuen, — vielleicht dem größten — Rätsel, dem unseres Daseins, mit dem sich der denkende Mensch auseinandersetzen muß. Wohl bringt die Astronomie nicht den Schlüssel dafür, aber den Maßstab führt sie uns vor Augen.

Wir dürfen trotz unserer Kleinheit stolz sein auf die Reichweite des menschlichen Geistes, die dieser auf allen Gebieten der Forschung gezeigt hat. Vergessen wir aber ob der stillen Forscherarbeit eine wesentliche Aufgabe nicht: alle an den Ergebnissen und an den Aufschlüssen teilnehmen zu lassen.

## Literaturverzeichnis

Für diejenigen Leser, die etwas tiefer in die verschiedenen angeschnittenen Probleme eindringen möchten, seien nachstehend einige Werke genannt, welche diese Aufgabe erfüllen können. Das kurze Verzeichnis erhebt keineswegs Anspruch auf Vollständigkeit. Ist aber einmal der Anfang mit einem Buch gemacht, findet sich leicht der Weg zu spezielleren Literatur.

Sehr gute Einführungen in die Astronomie geben die Bücher der Reihe «Forschung und Fortschritt» der Büchergilde Gutenberg, insbesondere:

W. Brunner, Die Welt der Sterne (1947).

P. Stuker, Der Himmel im Bild (1954), mit vielen prachtvollen Tafeln.

M. Waldmeier, Sonne und Erde (1945, schon etwas überholt).

Elementare Kenntnisse vermitteln auch:

P. Stuker, Himmelskunde (Niehans, Zürich, 1954).

F. Reber, Praktische Himmelskunde (Sauerländer, Aarau, 1946), besonders für die Jugend.

Ein Standardwerk größeren Umfanges ist:

Newcomb-Engelmann, Populäre Astronomie (9. Auflage erscheint 1957).

Derjenige, der sich selbst ein Spiegelteleskop bauen will, greift zum Büchlein von:

Hans Rohr, Das Fernrohr für jedermann (Rascher, Zürich, 2. Aufl. 1955).

Um über alle Himmelsereignisse täglich auf dem laufenden zu sein, benutzt man:

R. A. Naef, Der Sternenhimmel 1957 (Sauerländer, Aarau, erscheint jährlich neu).

Die drehbare Sternkarte SIRIUS (Astronomische Gesellschaft Bern) ist unentbehrlich für das Zurechtfinden am Sternenhimmel.

Am zuverlässigsten und anregendsten ist aber die Mitgliedschaft bei der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft, die vierteljährlich die Zeitschrift «Orion» herausgibt, und so auch laufend über neuere Forschungen orientiert (Generalsekretariat Schaffhausen). In den ihr angeschlossenen lokalen Gesellschaften (wie z. B. der Astronomischen Arbeitsgruppe der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen) findet der Sternfreund Kontakt mit Gleichgesinnten.

## **Früher erschienene Neujahrsblätter:**

1. Stück (1949): **Kummer, Bernhard**: «Schaffhauser Volks-Tierkunde». Volkstümliche Ternamen und volkskundliche Mitteilungen über Tiere aus dem Kanton Schaffhausen. 1. Teil: **Hautiere**. 47 S. Preis Fr. 2.70 (vergriffen).
2. Stück (1950): **Kummer, Bernhard**: «Schaffhauser Volks-Tierkunde». Volkstümliche Ternamen und volkskundliche Mitteilungen über Tiere aus dem Kanton Schaffhausen. 2. Teil: **Tiere im Feld, Wald und Wasser**. 82 S. Preis Fr. 3.50.
3. Stück (1951): **Hübscher, Jakob**: Ueber Quellen, Grundwasserläufe und Wasserversorgungen im Kanton Schaffhausen. 52 S. Preis Fr. 3.90.
4. Stück (1952): **Boesch, Hans**: Die Unternehmungen von Johann Conrad Fischer. 84 S. Preis Fr. 4.70.
5. Stück (1953): **Kummer, Georg**: «Schaffhauser Volksbotanik». (2. umgearbeitete und erweiterte Auflage). 1. Lieferung: **Die wildwachsenden Pflanzen**. 130 S. Preis Fr. 5.—.
6. Stück (1954): **Kummer, Georg**: «Schaffhauser Volksbotanik». (2. umgearbeitete und erweiterte Auflage). 2. Lieferung: **Die Kulturpflanzen** (1. Teil). 142 S. Preis Fr. 5.—.
7. Stück (1955): **Kummer, Georg**: «Schaffhauser Volksbotanik». (2. umgearbeitete und erweiterte Auflage). 3. Lieferung: **Die Kulturpflanzen** (2. Teil). 113 S. mit Lebensbild Dr. h. c. Georg Kummer 1885—1954 (27 S.). Preis Fr. 6.—.
8. Stück (1956): **Blum, Ruth und Uehlinger, Otto**: «Schaffhauser Heimat» **Aus dem Klettgau** (illustriert von W. M. Bürki). 51 S. Preis Fr. 3.80.

---

### **Redaktion und Bezugsquelle der Neujahrsblätter:**

Bernhard Kummer, Lehrer, Rigistraße 10, Schaffhausen 3