

RUDOLF BRANDT

Himmelsbeobachtung mit dem Feldstecher



JOHANN AMBROSIOUS BARTH LEIPZIG

RUDOLF BRANDT
HIMMELSBEOBACHTUNG MIT DEM FELDSTECHER

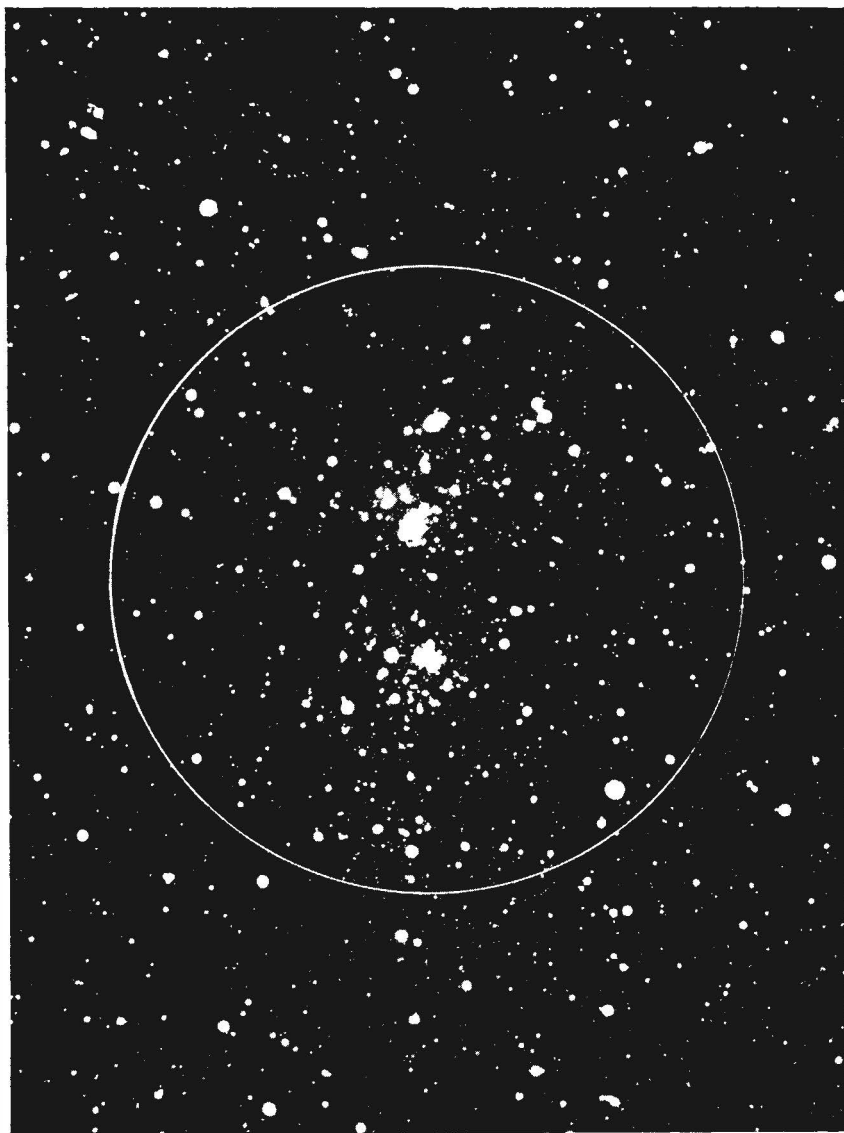


Abb.1 Doppelsternhaufen im Perseus (s. S. 102)

HIMMELSBEOBSACHTUNG MIT DEM FELDSTECHER

VON

DIPL.-OPTIKER RUDOLF BRANDT

SONNEBERG (THÜR.)

MIT 110 ABBILDUNGEN



JOHANN AMBROSIOUS BARTH LEIPZIG 1972

„Der bloße Gedanke, daß die Sterne so außer und über allem Irdischen sind, daß sie alle Menschen und alle Zeiten des Erdbodens verknüpfen, daß sie alles gesehen haben von Anbeginn an und alles sehen werden — darin verliere ich mich immer mit stillem Vergnügen beim Anblick des gestirnten Himmels. Wie entzückt nicht schon der einfache Glanz dieses wundervollen Schauspiels der Natur!“

WILHELM VON HUMBOLDT

Titelbild: Komet Whipple-Fedtke (1942 g) im Sternbild des Großen Bären,
23. 2. 1943



Alle Rechte vorbehalten

Copyright 1972 by Johann Ambrosius Barth, Leipzig

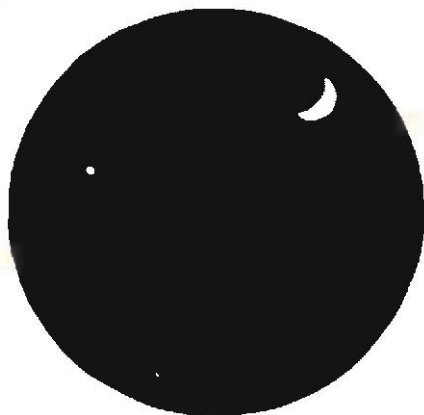
Printed in the German Democratic Republic

Verlagslizenz Nr. 285-125/8/72

Satz und Druck: VEB Buchbinderei Leipzig, 705 Leipzig

ES 18 D 3 • Bestell-Nr. 793 259 3

Abb.2 Mond, Venus und (unten)
Jupiter, 11. 6. 1967; ZEISS-Feld-
stecher 7 \times 50, Kleinbild-Kamera.
(Aufn. des Verf.)



Vorwort

Die Vermutung liegt nahe, daß die Erkundung des erdnahen und interplanetaren Raums mit den modernsten Mitteln von Wissenschaft und Technik die Beobachtung des Himmels mit dem einfachen Feldstecher überflüssig werden läßt. Zahlreiche Briefe, die mich in den letzten Jahren erreichten, beweisen das Gegenteil. Die Zahl der „Feldstecher“-Sternfreunde nimmt zu; vor allem bekundet die Jugend ein wachsendes Interesse für astronomische Vorgänge. Der Astronomieunterricht an den Schulen hat großen Anteil an dieser Entwicklung, besonders dort, wo astronomisch interessierte Lehrer und umsichtige Jugendgruppenleiter entsprechende außerschulische Anleitung vornehmen. Ferner ist zur Anregung der Beschäftigung mit Astronomie die Tätigkeit der an Zahl ständig zunehmenden Volkssternwarten dankbar zu erwähnen, die zum Teil auch schon mit Planetarien ausgerüstet sind, sowie die sehr aktiven astronomischen Arbeitsgruppen des Kulturbundes.

Damit ist das Erscheinen des vorliegenden Buches gerechtfertigt. Es baut auf dem bereits in acht Auflagen erschienenen Buch „Himmelswunder im Feldstecher“ auf, in dem ich meine Erfahrungen als langjähriger wissenschaftlich-technischer Mitarbeiter der Sonneberger Sternwarte niedergelegt habe.

Die „Himmelsbeobachtungen“ sollen kein Fach- oder Handbuch sein, sondern sich an den großen Kreis der Sternfreunde aller Altersstufen wenden, an den Nichtfachmann, der sich mit seinem eigenen Feldstecher oder Kleinfernrohr selbst den Himmel erobern möchte. In möglichst leichtverständlicher Form erfolgt darüber hinaus eine Anleitung, wie mit einfachen, jedem Sternfreund erschwinglichen Mitteln Zusatzgeräte

zu bauen sind, die eine noch intensivere Beobachtung des Himmels ermöglichen.

Ergänzt werden diese Ausführungen durch einen auf die Arbeitsmöglichkeiten mit dem Feldstecher abgestimmten kurzen Abriß der Astronomie, zusammen mit zahlreichen Hinweisen für Beobachtungen mit Auge und Kleinbildkamera in Verbindung mit dem Feldstecher.

Eine kurze Übersicht über einige der schönsten und bemerkenswertesten Erscheinungen des südlichen Sternhimmels ist zur wenigstens teilweisen Vervollständigung des Wissens über den gestirnten Himmel beigefügt.

Mein Dank gilt allen Freunden und Helfern im In- und Ausland, die durch Hinweise und Verbesserungsvorschläge bei der Gestaltung des Buches geholfen haben, vor allem auch dem Verlag für seine volle Unterstützung und Hilfsbereitschaft.

R. BRANDT

Sonneberg/Thür., Januar 1972
Sternwarte-Str. 25 a

Inhaltsverzeichnis

<i>Vorwort</i>	5
<i>Einleitung</i>	9
1. Feldstecher	13
2. Andere Arten von Handfernrohren	24
a) Prismen-Kleinfernrohre	24
b) Galilei-Fernrohr	24
c) Erd- oder Auszugfernrohr	27
d) Zeiss-Aussichtsfernrohre	28
3. Zusatzgeräte zum Feldstecher	30
a) Aufstellungsvorrichtungen und Stative	30
b) Optische Zusatzgeräte	33
c) Vorsatzfernrohr	37
d) T-Optik und Prüfung des Feldstechers am Himmel	45
4. Unsere „Sternwarte“	51
5. Sonne	53
6. Mond	60
Gebilde der Mondoberfläche (Text zur Mondkarte)	73
7. Planeten	75
8. Kometen	80
9. Sternschnuppen (Meteore)	83
10. Künstliche Satelliten	87
11. Beobachtungen von Erscheinungen der atmosphärischen Optik	89
12. Fixsternreich und Milchstraße	92
13. Doppelsterne	105
14. Veränderliche Sterne	109
15. Sternhaufen und Nebel	113
16. Südlicher Sternenhimmel	122
17. Das Auge	125
18. Beobachtungen von Sternen und Planeten am Tage	129
19. Einfache Himmelsaufnahmen mit dem Feldstecher	132
20. Auswahl von Objekten des Fixsternhimmels für den Feldstecher	139
a) Doppelsterne für 6- bis 10fache Feldstecher	140
b) Doppelsterne für Feldstecher ab 12facher Vergrößerung sowie zur	

Beobachtung mit Vorsatzfernrohr und für Auszug- und andere kleine Fernrohre	141
c) Sternreiche Gegenden mit hellen Einzelsternen, Milchstraßensternwolken, Sternhaufen und Nebel, Dunkelnebel in der Milchstraße	142
d) Sternbilder	144
e) Namen einzelner Sterne	146
f) Griechisches Alphabet	147
g) Helle Sterne	147
h) Wissenswerte Zahlenangaben	149
<i>Sachverzeichnis</i>	153



Abb.3 Partielle Sonnenfinsternis am 15. 2. 1961. Projektion der Sonnensichel zur Zeit der größten Phase auf einen an einem kleinen Fernrohr angebrachten weißen Schirm (s. S. 35)

Einleitung

Nach überlieferten Urkunden glückte im Jahre 1608 dem holländischen Brillenschleifer JOHANN LIPPERSHEY die Erfindung eines Instrumentes, „um ferne Dinge nahe zu sehen“. Die „vergrößernde Wirkung“ eines optischen Gerätes überhaupt war damals schon durch JANSSENS Erfindung des Mikroskops (um 1590) bekannt geworden. LIPPERSHEYS Fernrohr bestand aus einer sammelnden Objektiv- und einer zerstreuenden Okularlinse. Etwa 1 Jahr später stellte sich GALILEI ein Instrument gleicher Wirkung von etwa 30facher Vergrößerung her, mit dem ihm im Januar 1610 seine ersten aufsehenerregenden Entdeckungen am Himmel gelangen: die Sonnenflecke, die wechselnden Lichtgestalten der Venus, die vier großen Jupitermonde und die Fixsternnatur der Milchstraße. Die optische Entschleierung des Weltalls war eingeleitet worden mit einem kleinen Röhrchen von wenigen Zentimeter Öffnung. Heute enthüllen riesige Instrumente bis zu 5 und 6 m Durchmesser eine Raumkugel von Milliarden Lichtjahren Ausdehnung, und die Arbeiten der Forscher aller Länder haben vor unserem geistigen Auge ein Weltbild von phantastischer Großartigkeit entstehen lassen.

Es ist nicht möglich, in dem hier vorgezeichneten Rahmen die gesamte Entwicklung der astronomischen Beobachtungsgeräte aufzuzeigen; ihr Fortschreiten ist gleichbedeutend mit der Erweiterung unseres kosmischen Horizontes.

Neben den großen Instrumenten hat die optische Industrie, vornehmlich seit ERNST ABBES Wirken in Jena um 1880, auch kleine Handfernrohre, vor allem für den Gebrauch mit beiden Augen, entwickelt. Als „Feldstecher“ sowohl GALILEISCHER (holländischer) Bauart aus Sammel- und Zerstreulinse als auch KEPLERSCHER Konstruktion (1611) mit zwei Sammellinsen sind diese Fernrohre weit verbreitet und dank ihrer erreichten optischen Güte auch mit Vorteil zu astronomischen Beobachtungen zu verwenden. Das auf dem Kopf stehende Bild des KEPLERSCHEN oder astronomischen Fernrohrs wurde bereits um 1655 durch SCHYRLÄUS DE RHEITA mittels Hinzufügung einer dritten (bildaufrichtenden) Linse

und um 1850 von IGNATIUS PORRO durch die Einschaltung von Glasprismen aufrecht gestellt, um diese Fernrohre auch für Beobachtungen irdischer Gegenstände verwenden zu können.

Vor langen Jahren traf ich einmal einen Inhaber eines 10fachen ZEISS-Feldstechers, der sich stets dessen hoher optischer Leistung erfreute. Zum Himmel hatte er ihn allerdings noch nicht gerichtet angesichts der weit verbreiteten, aber irrigen Ansicht, daß man an ihm mit „so kleinen“

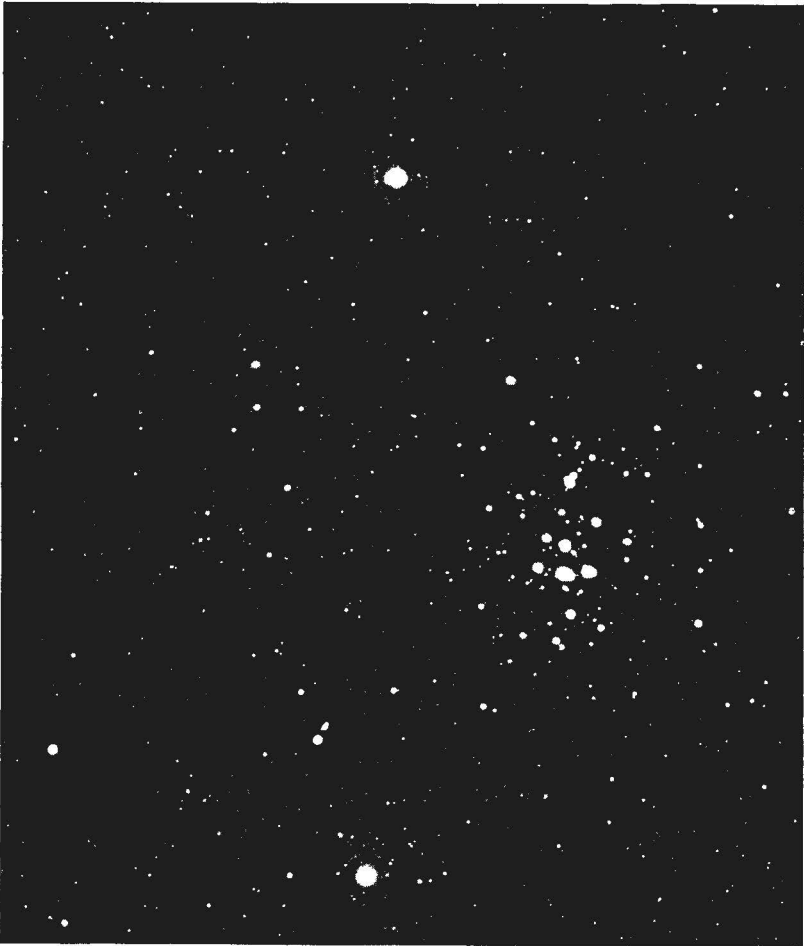


Abb. 4 Offener Sternhaufen „Krippe“ im Krebs

Fernrohren ja doch nichts Besonderes sehen könne. Statt einer Antwort zeigte ich ihm in der klaren Nachtluft der Thüringer Berge in seinem Feldstecher den gerade sichtbaren Kometen mit seinem prachtvollen Schweif, die Sternmengen der Milchstraße und die Jupitermonde. Der



Abb. 5 Spiralnebel in der Andromeda

Beobachter war sehr überrascht und traute seinen Augen kaum — der Komet erschien in dem lichtstarken Doppelglas weitaus eindrucksvoller als im großen Fernrohr der Sternwarte mit seinem wesentlich kleineren Gesichtsfeld. Wie viele andere Besitzer von Feldstechern würden ähnlich überrascht sein von der Leistung ihres Glases am Himmel (Abb. 4 und 5). Für sie sind die folgenden Zeilen geschrieben. Es hat jedes Fernrohr „seinen Himmel“, auch das aller kleinste, und es gibt eine große Zahl von himmlischen Objekten, für die ein Feldstecher dank seines großen Sehfeldes und seiner hohen Lichtstärke das geeignetste Beobachtungsinstrument ist. Auf der Sonne und dem Mond, an den Planeten und Kometen und am Fixsternhimmel zeigt uns der Feldstecher viele und interessante Einzelheiten. Die vorliegende Schrift weist den Weg hierzu. Ein abendlicher Spaziergang bringt uns ohne Mühe die Bergwelt des Mondes oder das köstliche Gefunkel von Millionen Sonnen ferner Milchstraßenwolken nahe. Bei Verwendung der empfohlenen Hilfsmittel können wir noch weiter eindringen in die Schönheiten und Seltsamkeiten der Sternenwelt.

Schon die Freude am Schauen ist etwas Wunderbares. Wer aber Lust und Liebe dazu hat, kann durch ernsthafte Beobachtungen verschiedener Vorgänge (Beobachtung der Bedeckung hellerer Sterne durch den Mond, angezeigt z. B. im „Kalender für Sternfreunde“ von P. AHNERT, Überwa-

chung veränderlicher Sterne) der Wissenschaft wertvolles Material zuführen.

In jedem Land gibt es Freunde der Himmelskunde und Amateurvereinigungen, die gern Gleichgesinnte aufnehmen und beraten; außerdem sei auf Zeitschriften hingewiesen, die nicht nur neue Erkenntnisse vermitteln, sondern auch über Beobachtungsmöglichkeiten und Hilfsmittel berichten. Ein Verzeichnis der DDR-Volks-, -Schul- und -Privatsternwarten, bei denen sich der Himmelsfreund Rat und weitere Anregung holen kann, befindet sich im „Kalender für Sternfreunde 1969“ (S. 179).

1. Feldstecher

Durch die Einfügung von hochpolierten Glasprismen in den Strahlengang eines astronomischen Fernrohrs, eine Erfindung des italienischen Ingenieurs PORRO, besitzen wir heute einen Typus von Instrumenten, die bei hoher optischer Leistung doch sehr handlich im Gebrauch sind und vor allem die Anwendung beider Augen beim Beobachten erlauben. Allerdings blieb die PORROSche Erfindung (um 1850) ziemlich unbeachtet, was wohl daran lag, daß es nicht gelang, die erforderlichen Prismen genügend genau herzustellen. So hat dann ERNST ABBE in Jena um 1891 die PORROSche Konstruktion unabhängig von neuem erfunden und ihr eine zweckentsprechende Anordnung verliehen, die bis heute grundlegend geblieben ist (Abb.6). ERNST ABBE hat das Prinzip des HELMHOLTZschen Tele-

Abb. 6 ZEISS-Feldstecher „Dekarem“,
10fach vergrößernd, Objektivöffnung
50 mm



stereoskops auf sein Doppelfernrohr angewandt, indem er die Objektive in einen größeren Abstand brachte als die Okulare bzw. die Augen. Indessen ist dieser Punkt nur für irdische Beobachtungen von Bedeutung, bei Himmelsbeobachtungen kann er außer acht gelassen werden, denn die Entfernung der Himmelskörper ist so groß, daß eine auch mit größten mechanischen und optischen Hilfsmitteln erreichte Objektivtrennung keine plastischen Bilder geben würde.

Abbildung 8 zeigt den Strahlengang eines modernen Feldstechers mit Prismenbildaufrichtung nach ABBE. Das gewöhnliche astronomische Fernrohr erzeugt bekanntlich, genau so wie eine photographische Kamera auf ihrer Mattscheibe, ein auf dem Kopf stehendes Bild eines Gegenstandes (Abb. 7).

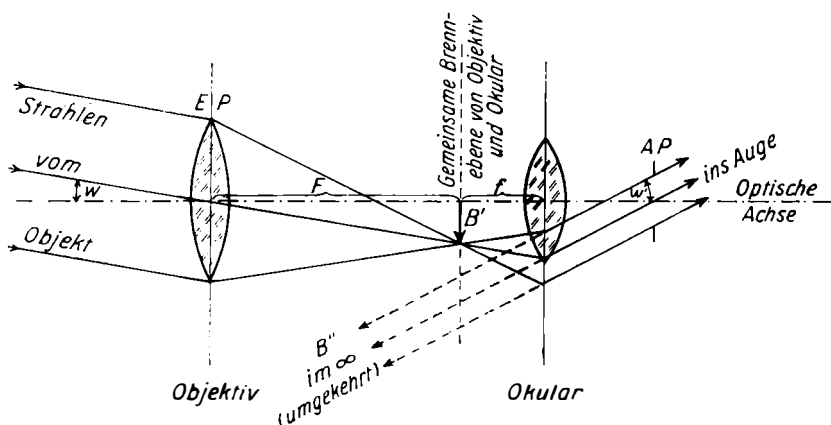


Abb. 7 Strahlen- und Abbildungsvorgang im astronomischen Fernrohr

Das Objektiv (die Eintrittspupille, EP) empfängt ein paralleles Strahlenbündel von einem weit entfernten Objekt (als aufrecht stehender Pfeil gedacht), das unter dem Winkel w erscheint. Das Objektiv erzeugt in seiner Brennebene (Brennweite = F , von lat. focus) ein umgekehrtes, reelles (d. h. wirkliches, auffangbares) Bild B' des Objekts (vgl. Photokamera!). Das als Lupe wirkende positive Okular vergrößert das in seiner Brennweite f befindliche Bild B' und bildet es wieder mit einem parallelen Strahlenbündel ins Auge ab. Dieses erblickt das endgültige vergrößerte Bild B'' als virtuelles (scheinbares) Bild des Objekts umgekehrt unter dem Winkel w' wieder in großer Entfernung, bei Himmelsbeobachtungen im Unendlichen (∞).

Das positive Okular erzeugt von der Eintrittspupille EP hinter sich in AP das reelle (auffangbare) Bild der Austrittspupille (s. auch S. 17), durch deren Querschnitt alle Strahlen wieder aus dem Fernrohr aus- und in das Auge eintreten. Am Ort des Bildes B' befindet sich die runde Gesichtsfeldblende, die zusammen mit B' ins Auge scharf abgebildet wird. Bei zeichnerischen Darstellungen des Strahlenganges, wie es hier geschehen ist, können wegen besserer Übersicht auch Strahlen benutzt

werden, welche die Linsen außerhalb ihrer wirksamen Öffnung treffen. Sowohl die Objektive als auch die Okulare bestehen zwecks Steigerung der Abbildungsgüte und Erzielung eines größeren Gesichtsfeldes aus mehreren Linsengliedern, teils verschiedener Glasarten.

Optische Fernrohrlänge ist Brennweite des Objektivs plus Brennweite des Okulars ($F + f$). Vergrößerung des Fernrohrs ist

$$\frac{F}{f} = \frac{EP}{AP} = \frac{\text{tgw}'}{\text{tgw}}$$

Am Himmel stört das umgekehrte Bild nicht, und die Astronomen haben sich längst mit dieser Tatsache abgefunden. Da aber der Feldstecher in erster Linie für irdische Beobachtungen gedacht ist, so schuf man für ihn die bildaufrichtende Einrichtung zweier Prismen. Wie Abbildung 8 zeigt, besteht der optische Teil des Instruments aus folgenden Einzelteilen: Dem Gegenstand zugewandt ist das Objektiv (im Bild unten), das wie bei allen modernen Fernrohren aus zwei Linsen verschiedener Glassorten besteht und ein weitgehend farbenfreies und möglichst



Abb. 8 Strahlengang im ZEISS-Feldstecher

naturgetreues Bild des fernen Gegenstandes erzeugt. Hinter dem Objektiv, im Innern des Fernrohrkörpers, sieht man eine Anordnung von zwei Reflexionsprismen, die unverschiebbar gegeneinander angebracht sind. Das eine Prisma bewirkt eine Umkehrung von oben und unten, das andere eine solche von rechts und links, wodurch das durch das Objektiv erzeugte umgekehrte Bild vollständig aufgerichtet und durch das Okular (im Bild oben) betrachtet wird. Weiter bewirkt diese Anordnung durch die in den Prismen erfolgende vierfache Spiegelung, daß der gebrochene Weg der Lichtstrahlen den Abstand zwischen Objektiv und Okular erheblich

verkürzt und man auf diese Weise trotz längerer Objektivbrennweiten und der damit möglichen starken Vergrößerungen immer noch ein handliches Instrument erhält, das infolge der Verwendung modernen Leichtmetalls auch im Gewicht selbst bei längeren Beobachtungen aus freier Hand kaum noch beschwerlich wird. Diese Eigenschaften sind von hoher Bedeutung und haben dem Prismenfeldstecher seine große Verbreitung gesichert. Die beiden Fernrohrgehäuse haben eine ansprechende symmetrische Form erhalten. Nach dem Durchgang durch das Prismensystem gelangt das Licht in die Okulare, die bei modernen Feldstechern aus mehreren (bis zu 6) Linsen bestehen, teils einzeln, teils verkittet (Abb. 8).

Ein neuzeitlicher Feldstecher ist ein wirkliches mechanisches und optisches Kunstwerk. Nicht weniger als 71 verschiedene Teile müssen kunstvoll zusammengesetzt werden, um seine hervorragende Leistung zu ergeben. Von einem verständigen Benutzer wird man daher erwarten, daß er sein Glas so pfleglich wie möglich behandelt. Man sollte daher auch nie eigenhändig an einem Feldstecher etwas unternehmen und ihn etwa gar ausbessern wollen. Er hält bei normalem Gebrauch jahrzehntelang. Ist trotzdem einmal etwa durch Fall oder harten Stoß ein Unglück mit ihm geschehen oder muß er einmal gereinigt werden, so ist es immer das beste, ihn einem sachkundigen Optiker oder dem Herstellerwerk zur Instandsetzung zu übergeben, wenn man nicht selbst Fachmann und seiner Sache ganz sicher ist, so daß man bei einem Eingriff nicht noch mehr Schaden anrichtet.

Die Objektive der Feldstecher, also die großen Linsen an seinem dem Objekt zugewandten Ende, sind zweiteilige achromatische, bestehend aus einer Kron- und einer Flintglaslinse. Ihr Öffnungsverhältnis beträgt im Mittel 1:3,7 bis 1:5, d. h., die Brennweite ist 3,7 bis 5mal so groß wie die Öffnung. Die Normalbrennweiten der astronomischen Fernrohre sind größer, etwa das 12- bis 15fache der Öffnung. Je kürzer aber die Brennweite im Verhältnis zur Öffnung ist, um so schwieriger ist die Erzielung einer guten Strahlenvereinigung. Da aber diese kurzbrennweitigen Objektive nur mit schwachen Vergrößerungen benutzt werden, sind die übrigenbleibenden Farb- sowie auch andere Fehler nicht störend bemerkbar. Indessen wird auf diesen Punkt bei der Besprechung der Vorsatzfernrohre zur Erzielung stärkerer Vergrößerungen nochmals zurückzukommen sein.

Die *Vergrößerung* eines Feldstechers ist auf dem Gehäuse aufgraviert. Sie ergibt sich genau so wie bei dem normalen astronomischen Fernrohr als der Quotient aus der Objektiv- und der Okularbrennweite (S. 15). Da diese beiden Größen unveränderlich sind, ist auch die Vergrößerung eine eindeutig festgelegte Zahl. In den meisten Fällen ist die Vergrößerung in Verbindung mit der Objektivöffnung angegeben, die in Millimetern

gemessen wird, und man findet auf den verschiedenen Gläsern z. B. die Angaben: 6×30 , 8×40 , 10×50 . Die erste Angabe bezeichnet ein Glas mit 6facher Vergrößerung und 30 mm Objektivdurchmesser, die zweite ein solches von 8facher Vergrößerung und 40 mm Öffnung und die letzte eines mit 10facher Vergrößerung und 50 mm Objektivöffnung. Die optische Leistung eines Glases ist durch diese beiden Zahlen völlig eindeutig bestimmt. Die „Vergrößerung“ gibt zunächst an, unter einem wievielmals größeren Winkel als mit dem bloßen Auge ein Objekt gesehen wird, oder mit anderen Worten: aus einer wievielmals kleineren Entfernung¹. Wenn man also z. B. mit dem bloßen Auge den Mond unter einem Winkel von 30 Bogenminuten sieht, so wird ihn eine 6fache Vergrößerung unter einem Winkel von 180 Bogenminuten zeigen, also unter einem 6mal so großen Winkel, oder was dasselbe ist, aus einer 6mal kleineren Entfernung, denn durch das Glas wird die Entfernung des Mondes von rund 400 000 km auf scheinbar rund 65 000 km verringert. Durch diese Kraft der Vergrößerung werden also Einzelheiten, die dem bloßen Auge nicht erkennbar sind, ebenfalls unter dem der Vergrößerung entsprechenden größeren Winkel abgebildet und daher dann sichtbar.

Die in Verbindung mit der Vergrößerung genannte zweite Zahl, der *Objektivdurchmesser* (optisch auch „Eintrittspupille“ genannt; Abb. 7), ist gewissermaßen das Fenster, durch welches das Licht in das Fernrohr eintritt. Es ist hier nun genau so wie bei einem wirklichen Fenster: ein großes läßt viel, ein kleines wenig Licht in ein Zimmer; entsprechend der Beleuchtung in demselben ist auch die Helligkeit der Bilder in einem Fernrohr von der eintretenden Lichtmenge abhängig. Ein Feldstecher mit kleinen Objektiven wird also dunklere Bilder geben als ein solcher mit großen Objektivdurchmessern bei gleicher Vergrößerung, sofern der Durchmesser der Austrittspupille (s. weiter unten) kleiner oder gleich der Augenpupille (S. 18) ist. Die jeweilige Lichtmenge, die auf diese Weise in ein Fernrohr eintritt, läßt sich ebenfalls wie die Vergrößerung genau zahlenmäßig festlegen, und zwar immer in Verbindung mit der Vergrößerung. Wir nehmen einmal unseren Feldstecher und halten ihn mit den Objektiven gegen eine helle Fläche, also etwa zum Fenster hinaus gegen den hellen Tageshimmel. Sieht man nun aus etwa 30 cm Abstand auf die Okulare, so erblickt man in jedem Okular eine kleine helle Kreisscheibe. Dieses kleine Scheibchen, die „Austrittspupille“, sagt uns etwas aus über die geometrische *Lichtstärke* des Glases. Die Austrittspupille ist die durch

1 Zur genauen Bestimmung sind (insbesondere bei größeren Winkeln) die trigonometrischen Tangenten der Sehwinkel von Ding und Bild einzusetzen (s. Abb. 7).

2 Brandt, Himmelsbeobachtung mit dem Feldstecher

das Okular abgebildete Eintrittspupille (freie Objektivöffnung); s. Abbildung 7. Man kann diese kleine Scheibe auf ein vor das Okular gehaltenes weißes durchscheinendes Papier scharf abbilden, man kann also genau ihren Durchmesser bestimmen, wenn man einen Millimetermaßstab oder durchscheinendes Millimeterpapier zur Hilfe nimmt. Man kann ferner den Durchmesser dieses Kreises ausrechnen, indem man die Millimeterzahl der Objektivöffnung durch die Vergrößerung des Glases dividiert. Beide Male, bei der Messung und bei der Rechnung, müssen dieselben Zahlen als Durchmesser der Austrittspupille herauskommen. Haben wir z. B. zwei Gläser, das eine mit 20, das andere mit 40 mm Öffnung und je 5facher Vergrößerung, so erhalten wir bei dem ersten $20/5 = 4$ mm, bei dem zweiten $40/5 = 8$ mm Austrittspupille, also den doppelten Wert. Man hat nun die Quadratzahlen der Durchmesser der Austrittspupillen als das wirkliche Maß der Lichtstärke eines Fernrohrs angesetzt, wobei eine solche von 1 mm Durchmesser als Einheit, geometrische „Lichtstärke 1“ angenommen wird. Rechnen wir die Quadratzahlen unserer beiden Werte aus, so finden wir für den Feldstecher mit 20 mm Öffnung eine Lichtstärke von $4 \times 4 = 16$, für den anderen mit 40 mm Öffnung eine Lichtstärke von $8 \times 8 = 64$. Das Glas mit der doppelten Öffnung ist also viermal so lichtstark, es wird, auf den Nachthimmel angewandt, schwächere Sterne und Nebelflecke weitaus besser zeigen als das kleine Glas mit nur 20 mm Öffnung. Da die Pupille des menschlichen Auges am hellen Tage etwa 2, in dunkler Nacht etwa 8 mm Öffnung hat, so erkennt man weiter, daß das zweite Glas gerade so viel Licht liefert, wie das Auge nachts noch aufnehmen kann, daß es also erst in der Nacht (und auch schon in der Dämmerung) seine volle Leistung entfaltet. Man nennt die Feldstecher mit großer Öffnung deshalb auch Nachtgläser. Mitunter werden in Druckschriften besonders Feldstecher nach dem GALILEI-Typus mit Lichtstärken bis zu 100 und höher verzeichnet, also mit Austrittspupillen von 10 mm und darüber. Wie man aber aus dem eben Gesagten ersieht, sind diese Bezeichnungen optisch sinnlos, denn das Auge kann das Mehr an Licht doch nicht aufnehmen. Unter gewissen Umständen kann die große Austrittspupille eines Feldstechers allerdings einen beobachtungstechnischen Vorteil bieten, nämlich dann, wenn man mit dem Glas entweder ein bewegtes Objekt (z. B. einen künstlichen Erdsatelliten) verfolgt oder von einem bewegten Standpunkt (Bahn, Schiff, Flugzeug) aus beobachtet. Man verliert in diesem Fall das Objekt weniger rasch aus dem Blickfeld. Der gleiche Vorteil einer großen Austrittspupille kann sich bei höherem Alter nutzbringend auswirken, wenn die ruhige Körper- bzw. Hand- oder Armhaltung des Beobachters nachgelassen hat.

Auf einen wesentlichen Umstand muß in diesem Zusammenhang noch

hingewiesen werden. Der größtmögliche Durchmesser der Augenpupille hängt vom Alter ab. Im Durchschnitt kann man ihn wie folgt ansetzen:

Alter, Jahre:	10	20	30	40	50	60	70	80
Durchmesser der Augenpupille in mm	8	8	7	6	5	4	3	2,3 (max.)

Die Erkenntnis, daß die *Gesamtleistung* eines Fernrohres, also auch eines Feldstechers, indessen nicht nur von seiner geometrischen Lichtstärke, sondern auch von einer gewissen Vergrößerung abhängig ist (hauptsächlich in der Dämmerung und bei Nachtbeobachtungen, also besonders bei astronomischen Beobachtungen), hat sich zufolge zahlreicher Erfahrungen bestätigt. Das ganze Problem ist noch nicht restlos geklärt; es liegen aber bereits zahlreiche Reihen von theoretischen und praktischen Untersuchungen hierüber vor, die diese Tatsache zum Gegenstand haben. Der astronomische Beobachter kann sich hiervon jederzeit leicht selbst überzeugen, besonders bei der Beobachtung schwacher Sterne und Flächenhelligkeiten (Nebelflecke, Kometen, Meteorschweife). Es zeigt sich, auch nach eingehenden Beobachtungen des Verfassers, daß von zwei Feldstechern mit gleicher Öffnung und verschiedenen Vergrößerungen derjenige mit der stärkeren Vergrößerung der leistungsfähigere ist. Zu hohe Lichtstärke hellt den Himmelsgrund derartig stark auf, daß schwache Erscheinungen sich nicht mehr deutlich oder überhaupt nicht mehr von demselben abheben.

Der völlig ungestörte, d. h. nicht von Mondschein oder durch künstliche Lichtquellen aufgehellte Nachthimmel ist nämlich nicht „rabenschwarz“. Er weist infolge gewisser Leuchterscheinungen in der hohen Atmosphäre (Nachthimmellicht, airglow usw.) eine recht beachtliche und auch Schwankungen unterworfenen Helligkeit auf. Sie wird um so auffälliger, je länger sich das Auge im Dunkeln aufhält (Adaptation, S. 126) und erreicht Werte der Flächenhelligkeit von 4,2 bis 1,9 Sterngrößen je Quadratgrad.

Als „Maßzahl für die Dämmerungsleistung“ geben verschiedene Herstellerbetriebe das Produkt von Objektivöffnung und Vergrößerung an¹, welche Zahl auch für den astronomischen Beobachter einen Anhalt zur Beurteilung der Leistung eines Feldstechers bietet. So haben z. B. Gläser in den Abmessungen $6 \times$ bzw. 8×30 mm Dämmerungszahlen von 180 bzw. 240; solche von $7 \times$ bzw. 10×50 mm Dämmerungszahlen von 350 bzw. 500. Man erkennt hieraus deutlich die Überlegenheit der Feldstecher mit der stärkeren Vergrößerung.

Ein weiterer wichtiger Begriff, über den wir uns bei Beobachtungen

¹ bzw. die Quadratwurzel aus diesem Produkt $\sqrt{\text{Öffnung} \times \text{Vergrößerung}}$

mit dem Feldstecher im klaren sein sollen, ist die Größe des Feldes, der Ausschnitt des Himmels (oder auch der Landschaft), der mit dem betreffenden Glase noch überblickt werden kann. Man bezeichnet diesen Gelände- oder Himmelsausschnitt als das Gesichtsfeld und dessen Durchmesser als den Gesichtsfelddurchmesser. Da wir es bei dem Feldstecher (von dem später zu beschreibenden Vorsatzfernrohr abgesehen) immer nur mit einer festen, unveränderlichen Vergrößerung zu tun haben, so ist auch das Gesichtsfeld auf eine bestimmte Entfernung immer dasselbe. Seine Begrenzung ist die in den Okularen fest eingebaute Gesichtsfeldblende, die zugleich mit dem Bild scharf erscheint.

Eine schwache Vergrößerung liefert ein großes, eine starke ein kleines Gesichtsfeld, dieses wird also mit wachsender Vergrößerung immer kleiner. Bei den Feldstechern mit starker Vergrößerung (von 8fach an aufwärts) gelang es seit Einführung der „Weitwinkelokulare“ durch H. ERFLE 1917, auch das Gesichtsfeld beachtlich groß zu gestalten. Man bezeichnet solche Gläser als Weitwinkelfeldstecher.

Es wird nicht nur zweckmäßig, sondern sogar erwünscht sein, wenn jeder Besitzer eines Feldstechers dessen Gesichtsfeld kennt. Zu diesem Zweck findet der Leser hier die Karten zweier bekannter Sternbilder, den Orion vom Winterhimmel (Abb. 9) und den Adler vom Sommerhimmel (Abb. 10). Zu beiden Karten sind die scheinbaren gegenseitigen Entfernungen der Sterne in diesen beiden Sternbildern angeführt, und der Beobachter kann nun ermitteln, welche beiden Sterne gerade in zwei gegenüberliegende Stellen des Gesichtsfeldes seines Glases noch hineinpassen. Ein Glas mit $8,5^\circ$ Gesichtsfelddurchmesser wird also sehr genau den Raum zwischen den beiden Sternen Beta (β) und Kappa (κ) des Orion umfassen. Auf diese Weise erhält der Beobachter einen Begriff davon, was er mit seinem Glas noch übersehen kann.

Dem Anfänger im Beobachten und vor allem dem Benutzer stärker vergrößernder Feldstecher gelingt es mitunter bei den ersten Versuchen nicht, das gewünschte Objekt ins Gesichtsfeld zu bringen. Hier kann nach einem Vorschlag von H. APELT ein Visieren über die beiden höchstliegenden Bogenstücke des rechten oder linken Gehäuseteils helfend eingreifen. Die Verlängerung dieser Linie weist zum Objekt.

Durch Drehen der beiden Feldstecherhälften um die gemeinsame Mittelachse läßt sich der genaue *Augenabstand* des Beobachters einstellen. Dies ist eine sehr wichtige Forderung, denn nur dann wird ein gutes Gesamtbild erfaßt. Die meisten Feldstecher haben auf der Mittelachse eine Skala, an der der Beobachter seinen Augenabstand einstellen kann, wenn er ihn bereits kennt (1 in Abb. 11). Die Einstellung auf die beste *Sehschärfe* wird je nach dem Modell verschieden vorgenommen.

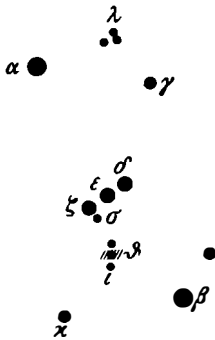


Abb. 9

Orion: (W)

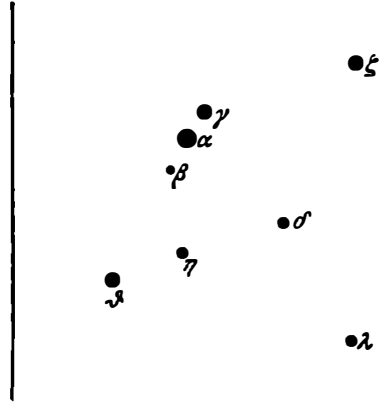
 $\alpha-\gamma: 7^{\circ}8$ $\alpha-\lambda: 5^{\circ}7$ $\alpha-\zeta: 10^{\circ}0$ $\delta-\zeta: 2^{\circ}8$ $\zeta-\vartheta: 3^{\circ}8$ $\kappa-\iota: 4^{\circ}7$ $\kappa-\beta: 8^{\circ}3$ 

Abb. 10

Adler: (S)

 $\alpha-\gamma: 2^{\circ}2$ $\beta-\gamma: 4^{\circ}8$ $\vartheta-\eta: 5^{\circ}2$ $\vartheta-\delta: 12^{\circ}2$ $\alpha-\zeta: 12^{\circ}6$ $\alpha-\lambda: 18^{\circ}0$ $\eta-\delta: 7^{\circ}1$

Abb. 9 Orion (Winterhimmel)

Abb. 10 Adler (Sommerhimmel)

mit den Abständen einiger Sterne im Winkelmaß zur Bestimmung des Sehfeld-
durchmessers eines Feldstechers

Bei Mitteltriebmodellen (wie in Abb. 11) hat man auf der Mittelachse einen Triebknopf, der beide Okulare gemeinsam einstellt (2 in Abb. 11). Außerdem hat meist das rechte Okular eine gesonderte Einstellung mit Schneckengewinde (3 in Abb. 11), um etwaige Verschiedenheiten der besten Sehschärfe beider Augen ausgleichen zu können. Man stellt in diesem Fall zuerst mit dem Mitteltrieb für das linke Auge scharf ein und dann durch Drehung des rechten Okulars für das rechte Auge. Die Stellungen merkt man sich. Normalsichtige Personen stellen alle Skalen auf 0. Bei den Modellen ohne vorhandenen Mitteltrieb lassen sich die beiden Okulare einzeln einstellen. Wer astigmatische oder schielende Augen hat, die durch Brillengläser entsprechend berichtigt werden, behalte beim Sehen durch einen Feldstecher entweder die Brille auf oder beschaffe sich *Korrektionsgläser*, die in kleinen Fassungen auf die Okulare

aufgesteckt werden. Indessen ist bei der Bestellung solcher Gläser ein genaues Brillenrezept einzusenden. Beobachtet man mit Brille, so besorge man sich für seinen Feldstecher die flachen Okularmuscheln für Brillenträger, mit denen man näher an die Okulare herankommt und keine Einbuße des Gesichtsfeldes hat. Wer einfach weit- oder kurzsichtig ist, kann indessen die Brille auch abnehmen und muß den entsprechenden Betrag

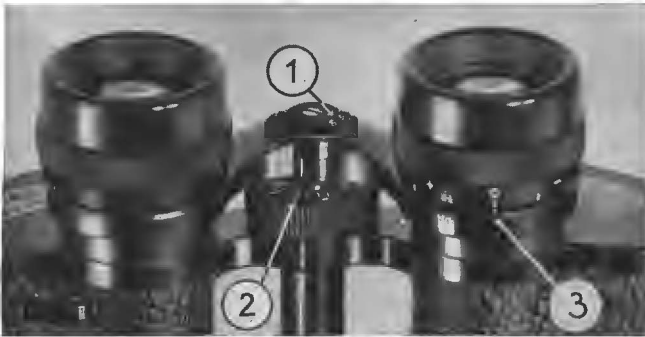


Abb. 11 Einstellung des Feldstechers auf Sehschärfe (2,3) und Augenabstand (1)



Abb. 12 Monokularer (einäugiger) Feldstecher

seiner Brillengläser an den Okularen einstellen. Der Weitsichtige stellt auf Plus (+) und der Kurzsichtige auf Minus (—) ein. Alle diese Einstellungen sind sehr wichtig für die Ausnutzung der vollen Leistung eines Feldstechers.

Das *Auflösevermögen*, d. h. die Fähigkeit, eng zusammenstehende Objekte und Einzelheiten zu trennen, wird bei jedem Feldstecher infolge

der niedrigen Vergrößerung nicht voll ausgenutzt. Die Leistung eines Feldstechers nach dieser Richtung hin ist besonders bei Doppelsternbeobachtungen wichtig. Verschiedene Versuche an Doppelsternen bei ruhig aufgestelltem Glase haben ergeben, daß mit einem 8fachen Glase bei nicht zu großem Helligkeitsunterschied noch Doppelsterne mit 35 Bogensekunden (") Distanz getrennt werden, z. B. Beta (β) im Schwan, Größen 3,2 und 4,5, Distanz 34,5". Je nach der Helligkeit und damit zeitbedingten Sichtbarkeit der Einzelsterne von Doppelsternen gelingt deren Trennung in der mehr oder weniger fortgeschrittenen bzw. morgens nachlassenden Dämmerung oftmals deshalb besser, weil dann die Sterne nicht so hell erscheinen wie am nachtdunklen Himmel und keine gegenseitige Überstrahlung eintritt.

Besondere Vorteile der binokularen Beobachtung sind die gleichmäßige Benutzung beider Augen, ein länger dauerndes und aufmerksameres Beobachten, wodurch der Beobachter weniger rasch ermüdet. Die Wahrnehmung schwacher Stern- und Flächenhelligkeiten ist bedeutend sicherer, auch werden Farben heller Sterne ausgesprochen besser erkannt. Ein seltsamer physiologischer Effekt ist auch die scheinbar höhere Vergrößerung eines binokularen Glases gegenüber einem monokularen mit gleicher Vergrößerung.

Abbildung 12 zeigt einen monokularen Feldstecher für einäugigen Gebrauch (s. auch S. 135).

2. Andere Arten von Handfernrohren

a) *Prismenkleinfernrohre*

Prismentheatergläser sind mit der gleichen hochwertigen Optik versehen wie die Feldstecher. Sie können auch zu manchen Himmelsbeobachtungen mit Erfolg benutzt werden; z. B. zum Aufsuchen des Merkur, größerer Sonnenflecken (mit Blendglas!), Beobachtung des aschgrauen Mondlichtes, von Sonnen- und Mondfinsternissen, heller Kometen, heller Sterngruppen. Das gleiche gilt von anderen Prismenkleinfernrohren, z. B. dem einäugigen ZEISS-Turmon (Objektivöffnung 21 mm, Vergrößerung 8fach, Abb.13). Es zeigt dank seiner etwas stärkeren Vergrößerung gewisse Einzelheiten, z. B. bei Mond- und Sonne, bereits sehr deutlich.



Abb. 13 ZEISS-Prismenkleinfeldstecher „Turmon“ 8×21 (monokular)

b) *Galilei-Fernrohr*

Fernrohre holländischer (JOHANN LIPPERSHEY, Middelburg, 1608) oder GALILEISCHER Bauart (GALILEI, Venedig, August 1609), wie sie in der Einleitung bereits kurz erwähnt wurden, lassen sich für Himmelsbeobachtungen ebenfalls nutzbringend anwenden. Bei diesem Typus von Fernrohren übernimmt eine negative (konkave) Linse die Rolle des Okulars,

und es entsteht (Abb. 14) ein aufrechtes Bild des betrachteten Gegenstandes. GALILEIS beste Fernrohre dieser Bauart, mit denen ihm seinerzeit die epochemachenden Entdeckungen am Himmel gelangen, hatten eine etwa 33fache Vergrößerung. Da die optische Länge des GALILEI-Fernrohres der Strecke Brennweite des Objektivs minus Brennweite des Okulars ($F - f$) entspricht, hat es die kleinste Baulänge aller Linsenfernrohre und wird dadurch sehr handlich im Gebrauch.

GALILEI-Gläser werden fast ausschließlich binokular benutzt, und zwar als Opern- und Theatergläser sowie Sport- und Touristengläser mit $2\frac{1}{2}$ - bis 4facher Vergrößerung und 25 bis 40 mm Objektivdurchmesser und als Jagd- und Nachtgläser mit 4- bis 6facher Vergrößerung und Objektiven bis 50 mm Öffnung. Die besseren Modelle sind mit Knickbrücke zur Einstellung beider Rohre auf den Augenabstand versehen; die Einstellung der Bildschärfe geschieht durch Mitteltrieb, für beide Augen gleichmäßig.

Infolge des diesen Gläsern zugrunde liegenden optischen Prinzips ist die Größe des Objektivs zugleich maßgebend für das Gesichtsfeld, und dieses wird mit wachsender Vergrößerung rasch kleiner, nach dem Rande

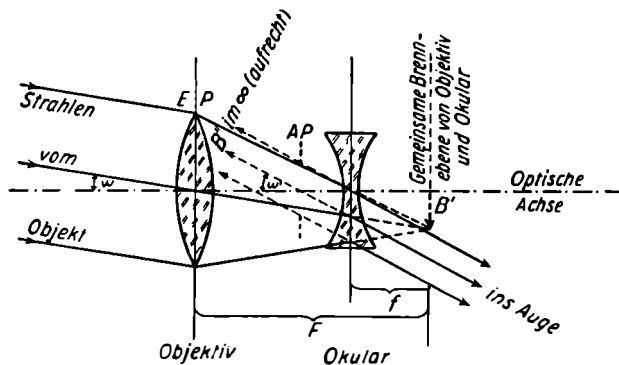


Abb. 14 Strahlengang im GALILEI-Fernrohr

Wie bei dem astronomischen Fernrohr (s. S. 14) tritt auch hier in das Objektiv (die Eintrittspupille) ein aus großer Ferne kommendes paralleles Lichtbündel ein; das Objekt erscheint unter dem Winkel w . Bevor jedoch die Strahlen ein Bild B' erzeugen können, treffen sie auf die negative Okularlinse mit der Brennweite f und werden von dieser unter dem Winkel w' ins Auge gelenkt. Das dort entstehende aufrechte, virtuelle (scheinbare) Bild B'' des Objekts sieht das Auge im Unendlichen. Das Okular erzeugt bei AP ein virtuelles Bild der Austrittspupille von der Objektivöffnung. Von dieser AP scheint das parallele Strahlenbündel herzukommen, welches ins Auge gelangt. Die (virtuelle) Gesichtsbildung wird von der Objektivfassung gebildet. Die Vergrößerung des Instruments ist $\tan w' / \tan w = \text{Objektivbrennweite} / \text{Okularbrennweite} (F/f) = EP/AP$. Die optische Fernrohrlänge ist $F - f$

zu diffus und weniger gut ausgeleuchtet. Eine 6fache Vergrößerung bei 40 mm Öffnung ist daher meist die obere Grenze, die noch ein hinreichend großes Gesichtsfeld und Handlichkeit des Glases gewährt. Eine Übersicht über Vergrößerung, Objektivdurchmesser, Gesichtsfeld und Austrittspupille gibt die folgende Tabelle:

Vergrößerung	Objektiv- durchmesser mm	Gesichtsfeld auf 1000 m Entfernung m	Austrittspupille mm
2 $\frac{3}{4}$ fach	30	270	10,9
3 $\frac{1}{2}$ fach	40	180	11,3
4fach	42	154	10,5
6fach	42	90	7
6fach	50	100	8,3

Ein Vorteil der GALILEI-Gläser ist die hohe Lichtstärke. Sie ist praktisch so groß, daß auch die größte Austrittspupille vom normal gebauten dunkelangepaßten Auge nicht aufgenommen werden kann (s. S. 18). Aus der Tabelle ersieht man, daß dies nur bei dem Glas 6 \times 42 mm zutrifft. Im übrigen ist der Begriff Lichtstärke demjenigen des astronomischen bzw. Prismenfernrohres gleichzusetzen. Allerdings kann man die Austrittspupille nicht hinter dem Okular abbilden (S. 14), da sie nur virtuell (scheinbar) im Inneren des Rohres vorhanden ist (Abb. 14). Die Verwendung einer negativen Okularlinse bringt das mit sich.

Die große Lichtstärke macht das GALILEI-Glas zur Durchmusterung glänzender Sternfelder (Orion, Hyaden, Plejaden, Perseus, Milchstraße im Schützen, Schild, Adler, Schwan, Fuhrmann, Einhorn) besonders geeignet, ebenso wird es zur Betrachtung heller Kometen, der Bahn eines künstlichen Satelliten und Meteors, oder des Verlaufs einer Finsternis nützlich sein. Die Projektion des Sonnenbildes auf einen Schirm (S. 35) ist mit dem GALILEI-Glas genau so möglich wie beim Prismenfeldstecher, nur wird man wegen der schwächeren Vergrößerung den Abstand des Schirmes vom Glase größer wählen (je nach den vorliegenden Verhältnissen 1 bis 3 m). In dieser Anordnung (welche dem Prinzip des photographischen Teleobjektivs ähnlich ist) wurde das GALILEISCHE Fernrohr bereits 1615 von dem Astronomen CHR. SCHEINER zur Beobachtung der Sonne benutzt, der auf diese Weise erstmalig die Größe und Bewegung der Flecke feststellte: die ersten Messungen am Himmel mittels des Fernrohres. SCHEINER, der damals Professor in Ingolstadt war, entdeckte im März 1611 die Sonnenflecke unabhängig von GALILEI.

Die Benutzung eines Vorsatzfernrohres (S. 37) beim GALILEI-Glas ist

ebenfalls möglich und bietet die gleichen Vorteile wie bei dem Prismenglas. Man hat dann hier noch die Annehmlichkeit des gleichmäßig ausgeleuchteten Gesichtsfeldes. Eine stärkere Zusatzvergrößerung als 4- bis 5fach läßt die GALILEI-Optik indessen im allgemeinen nicht zu, da die Okulare meist nur einfache Linsen sind; die Objektive dagegen sind fast ausschließlich achromatisch (S. 16).

Erwähnt seien an dieser Stelle auch Sportbrillen. Bei ihnen handelt es sich um zwei in einem Brillengestell gefaßte kleine GALILEISCHE Fernrohre, meist mit Vergrößerungen zwischen 2- und 3,5fach. Der Benutzer hat die Hände vollständig frei. Hochwertigere Erzeugnisse dieser Art sind auch mit Einzeleinstellung der beiden Fernrohre versehen, um ungleiche Sehschärfe der beiden Augen ausgleichen zu können. Auch diese wohl kleinsten Fernrohre, zu denen in gewisser Hinsicht auch die besonders für schwachsichtige Personen (mit vermindertem Sehvermögen infolge Krankheit oder Verletzung) entwickelten „Fernrohrbrillen“ mit Vergrößerungen von 1,3- und 1,8fach zu rechnen sind, wurden bereits mit Erfolg zu astronomischen Beobachtungen benutzt.

c) Erd- oder Auszugfernrohr

Das auf GALILEI und KEPLER zurückgehende Fernrohr mit Linsenbildaufrichtung wurde von SCHYRLÄUS DE RHEIDTA durch Einführung eines dreilinsigen Okulars vervollkommnet. Die jetzt gebräuchlichen Fernrohre dieser Art sind meist mit einem vierlinsigen Erdfernrohrökular nach FRAUNHOFER ausgestattet. Infolge des bildaufrichtenden Linsensystems (Abb. 15) ist die optische Länge größer als die des astronomischen Fernrohrs gleicher Brennweite. Es wird daher meist mit mehreren Auszügen versehen, damit es sich in praktischer Weise zusammenschieben läßt. Das Erdfernrohr wird nur monokular angefertigt, mit Objektivöffnungen zwischen 20 und 70 mm und Vergrößerungen zwischen 15- und 60fach. Sehr gebräuchlich sind die mittleren Modelle, etwa 20- bis 30fach bei einer Öffnung von 35 bis 45 mm. Diese Fernrohre haben eine geringere Lichtstärke als die Feldstecher, die höhere Vergrößerung indessen läßt sie mit Vorteil auf hellere Objekte mit reicherer Oberflächengliederung, besonders den Mond, anwenden. Auch die Sonne, die Planeten und Doppelsterne sind geeignete Beobachtungsobjekte. Der Liebhaber des Himmels wird bei richtiger Anwendung viel Freude mit diesen Fernrohren haben.

Ogleich die Erdfernrohre meist freihändig benutzt werden, ist bei Anwendung auf den Himmel die Benutzung einer Aufstellvorrichtung doch entschieden anzuraten, da erst dann die volle Leistung des Instru-

menten ausgenutzt werden kann. – Sonnenprojektion ist infolge der stärkeren Vergrößerung mit besonderem Vorteil möglich, schon in kürzeren Abständen bekommt man ein hinreichend vergrößertes Bild von der Sonne.

Auf dem Monde sind schon eine Fülle von Oberflächengebilden zu sehen, und Fernrohre mit 30facher und stärkerer Vergrößerung zeigen auch bereits die kräftigsten Wolkenstreifen auf der Jupiteroberfläche und den Ring des Saturn.

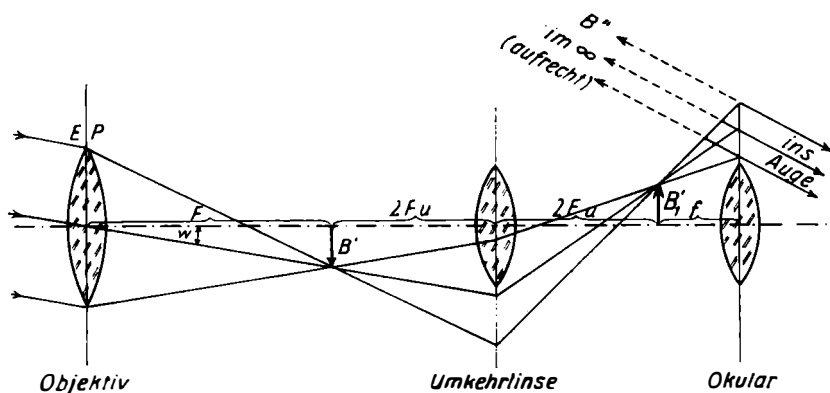


Abb. 15 Strahlengang im Erdfernrohr (Auszugfernrohr)

Zwischen dem Objektiv und dem positiven Okular ist zur Aufrichtung des vom Objektiv erzeugten umgekehrten Bildes B' eine Umkehrlinse eingeschaltet, die das Bild vor dem Okular aufrecht stellt (B_1'). Die weitere Abbildung durch das Okular ist die gleiche wie bei dem astronomischen Fernrohr (s. Abb. 7). Die Einschaltung des (in der praktischen Ausführung aus zwei Linsensystemen bestehenden) Umkehrsystems bedingt eine Verlängerung des Strahlenganges. In der schematischen Zeichnung ist die Bildaufrichtung im Maßstab 1:1 dargestellt, was der Praxis meist sehr nahe kommt. Hierdurch wird die optische Fernrohrlänge zweimal um die doppelte Brennweite des Umkehrsystems ($2Fu$) verlängert

d) Zeiss-Aussichtsfernrohre

Der VEB Carl Zeiss, Jena, liefert verschiedene „Aussichtsfernrohre“ mit Objektiven zwischen 63 und 110 mm Öffnung, von denen besonders das kleinste Modell „Asiola“ ein leicht transportables Gerät mit hoher optischer Leistung auch für vielseitige astronomische Beobachtungen darstellt. Bei 63 mm Öffnung besitzt es einen fest angebauten Prismenumkehrsatz nach dem Prinzip des Feldstechers. In einer mit Mehrgangsgewinde versehenen Okularsteckhülse können alle normalen Fernrohr-

okulare von Zeiss mit Brennweiten zwischen 25 und 10 mm benutzt werden. Je nach dem verwendeten Okular ergeben sich hierbei Vergrößerungen zwischen 17- und 42fach. Abbildung 16 zeigt es mit speziellem Klemmhalter auf einem Dreibeinstativ.



Abb. 16 „Asiolo“-Fernrohr des VEB Carl Zeiss, Jena. Öffnung 63 mm, fest angebauter Prismenumkehrsatz, Okularsteckhülse für Astrookulare 25 bis 10 mm (Vergrößerungen zwischen 17- und 42fach)

3. Zusatzgeräte zum Feldstecher

a) Aufstellungsvorrichtungen und Stative

Für die Erkennbarkeit feiner Einzelheiten, wie sie am Himmel z. B. bei der Beobachtung der Doppelsterne, beim Studium von Teilen der Mondoberfläche oder der Sonnenflecken auftritt, ist eine geeignete feste Aufstellung des Glases von großer Wichtigkeit. Durch das ständige geringe Zittern der Hand, das teils nervöser Art ist und teils vom Blutdruck stammt, gerät auch der Feldstecher in eine feine zitternde Bewegung, die besonders bei stärkeren Vergrößerungen feine Einzelheiten, die das Glas noch abbilden könnte, gänzlich verschwimmen läßt und dadurch unsichtbar macht. Es ist infolgedessen zweckmäßig, dem Glase eine ruhige Aufstellung zu geben, die auf verschiedene Weise erreicht werden kann.

Über die Leistungsfähigkeit von Feldstechern verschiedener Vergrößerung bei freihändigem und feststehendem Gebrauch liegen mehrere Untersuchungen vor, deren wesentlichstes Ergebnis das folgende ist: die Leistung eines Feldstechers entspricht der Vergrößerung multipliziert mit einem Faktor, der bei feststehender Beobachtung etwa 0,8 beträgt (dieser Faktor resultiert aus Untersuchungen über die optische Leistung des Auges unter verschiedenen Bedingungen). Bei freihändigem Gebrauch ist dieser Faktor um etwa 20% bei schwachen, um etwa 40% bei starken Vergrößerungen niedriger anzusetzen als bei feststehender Beobachtung. Eine 8fache Vergrößerung wird als die „freihändig wirtschaftlichste“ bezeichnet. Gläser mit einer höheren Vergrößerung müssen, um ihre volle Leistung zu entfalten, auf jeden Fall eine feste Aufstellung (bei den bescheidensten Ansprüchen irgendeine Auflage) erhalten.

Einen praktischen Feldstecherhalter hat der VEB Carl Zeiss, Jena, entwickelt. Er faßt das Glas an der Mitteltriebachse und ermöglicht das Richten desselben in die Höhe und nach der Seite. Die Einstellung kann durch Klemmschrauben fixiert werden. Der Halter ist auf jedes Photo-stativ aufzuschrauben.

Selbstzubauende Haltevorrichtungen lassen sich besonders bequem aus den Geräteklammern für chemische und physikalische Apparate her-

stellen. Zum Beispiel kann eine solche Klammer mit einem Feldstecher auf ein Fußbodenstativ geklemmt werden. Der auf diesem befindliche Aufsteckzapfen läßt sich natürlich ebenso leicht in etwas längerer Ausführung auf einem schweren Brett oder dgl. befestigen, so daß die Anlage auch zur Tisch- oder Fensterbankbenutzung verwendbar wird. Einrichtungen, bei denen der Feldstecher seitlich gehalten wird und der Raum um ihn daher möglichst frei ist, bieten eine bessere Möglichkeit der Beobachtung in größeren Himmelshöhen. Sie sind auch zum Festhalten eines monokularen Glases gut geeignet.

Fast jeder besitzt heute ein photographisches Stativ, das zu Feldstecherbeobachtungen gut verwendet werden kann, wenn man es mit einem der allseitig beweglichen Kugelgelenke versieht. Auf das Kugelgelenk selbst wird ein Halter geschraubt, der den Feldstecher an der Gelenkachse faßt und wie folgt beschaffen ist (Abb. 17): Ein Stück Rund-

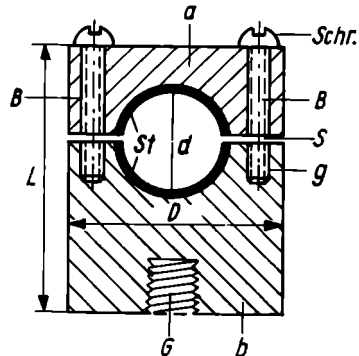


Abb. 17 Einfacher Halter für den Feldstecher (s. Text)

metall oder Preßgewebe, ersatzweise Hartholz, von etwa 25 bis 30 mm Durchmesser (D) und 30 bis 35 mm Länge (L) erhält zunächst eine Bohrung, deren Durchmesser d etwa 1 mm größer sein soll als derjenige der Gelenkachse des Feldstechers. Bei G erhält das Metallstück ein Innengewinde von $\frac{3}{8}$ Zoll (Photogewinde), etwa 1 cm tief eingeschnitten. Bei B bohren wir zwei Löcher von zunächst 2,5 mm Durchmesser etwa so tief ein, wie die Abbildung zeigt. Mit einer Metallsäge wird mitten durch die große Bohrung d das ganze Stück in zwei Teile a und b zerschnitten und der entstehende Grat mit einer Feile gut entfernt. In das untere Teil (b) wird in die 2,5 mm Löcher bei g $\frac{3}{m}$ -Gewinde geschnitten, die Bohrungen B im Teil a werden auf 3 mm aufgebohrt, so daß beide Teile mittels zwei $\frac{3}{m}$ -Eisenrundkopfschrauben (*Schr*) wieder zusammengesetzt werden können. Um die Achse des Feldstechers durch das Metall nicht zu be-

schädigen, kleben wir in beide Teile der Bohrung d einen kleinen Samt- oder Stoffrest (St), so daß die Achse weich gelagert ist.

Wer kein Metall oder keine Gelegenheit zur Metallbearbeitung hat, kann den Halter auch aus einem Stück Hartholz herstellen. Statt der $3^m/m$ -Eisenschrauben werden dann zwei Holzschrauben etwa $3 \times 15^m/m$ verwendet, und das Photogewinde bei G besorgt man sich in einer Photohandlung, das man auf den Hartholzkörper aufschrauben kann. Man verlange natürlich ein Innengewinde, wie es die Kameras tragen! Wenn der Halter sauber hergestellt ist und ansprechend schwarz lackiert wird, wird er stets am Feldstecher bleiben können und auch bei freihändigem Gebrauch kaum stören.



Abb. 18 Fußbodenstativ von H. BADERSCHNEIDER (s. Text)

Zum Beobachten besonders hochstehender Objekte in bequemer Kopfhaltung hat Dipl.-Optiker H. BADERSCHNEIDER die in Abbildung 18 dargestellte Vorrichtung entwickelt. Auf einem langen Metallrohr (rechts), dessen Fuß zusätzlich beschwert ist, kann eine Hülse klemmbar verschoben werden. Sie trägt an einem Halter den Feldstecher, der gesondert in einer viertelkreisförmigen Metallplatte in der Höhe verstellt und ebenfalls geklemmt werden kann.

Ganz allgemein soll noch folgender Hinweis gegeben werden: alle Feldstecher (insbesondere die größeren und schwereren) gewährleisten bei freihändiger Benutzung ein ruhiges Bild, wenn man sie nicht am Rohrkörper, sondern ganz vorn an den Objektivstutzen hält und die Okularmuscheln leicht an die Augen anlegt. Die größere Strecke Auge–Hand vermindert auffallend die kurzzeitigen Schwankungen der Körper-

unruhe und verwandelt sie in solche längerer Zeitdauer. Die Wahrnehmung von Einzelheiten steigt hierdurch erheblich an. Noch wirkungsvoller sind in dieser Hinsicht aus steifem Papier oder dünner Pappe gefertigte Verlängerungsstutzen, die auf die Objektivfassungen aufgesteckt werden. Bei den 50 mm-Feldstechern ist nach meinen Erfahrungen eine Länge von 10 bis 12 cm empfehlenswert.

b) Optische Zusatzgeräte

Filtergläser. Auf die Hartgummiokularmuscheln des Feldstechers lassen sich Filtergläser verschiedener Art aufstecken, wobei man zweckmäßig natürlich immer je zwei Gläsergleicher Art leicht verwendet. Um beim Kauf solcher Gläser sicher zu sein, daß sie auch passen, empfiehlt es sich, die Gläser von dem Betrieb zu beziehen, der den Feldstecher geliefert hat, am besten unter Angabe des Feldstechertypus. Gelbgläser finden vorzugsweise Anwendung bei zu heller Beleuchtung. Sie erhöhen das Unterscheidungsvermögen wesentlich und lassen dadurch lichtüberflutete Einzelheiten besser erkennen. Bei astronomischen Beobachtungen wird man sie mit Vorteil am Monde anwenden, besonders in den Zeiten um den Vollmond herum, der in einem lichtstarken Glase ganz erheblich blenden kann, wodurch die Augen gereizt werden. Ferner leisten sie gute Dienste beim Aufsuchen des Planeten Venus in der hellen Morgen- und Abenddämmerung. — Über die Korrektionsgläser für astigmatische oder schielende Augen ist bereits auf Seite 21 gesprochen worden. Auch sie werden in gleicher Weise auf die Muscheln aufgesteckt. Ihre spezielle Anfertigung erfolgt nach genauem augenärztlichem Rezept, ferner sind sie in richtiger Weise aufzustecken, worüber jedoch bei der Lieferung genaue Anweisung mitgegeben wird. — Sonnenblendgläser dienen zur Beobachtung der Sonne und der Sonnenfinsternisse. Bei Sonnenbeobachtungen ist immer besondere Vorsicht am Platze. Vor allem schaue man nie direkt und erst recht nicht mit einem Glase in die Sonne, dauernde Schädigungen der Augen können die Folge eines solchen unverantwortlichen Leichtsinns sein! Man stecke auf den Feldstecher immer erst die Sonnenblendgläser auf und suche mit dem so ausgerüsteten Glas die Sonne. Da fast alle Feldstecher ein sehr ausgedehntes Gesichtsfeld haben, ist dies nach einiger Übung nicht schwierig, auch bei Anwendung eines Stativs nicht.

Über die Leistungen verschiedener, mit solchen Blendgläsern ausgerüsteter Feldstecher ist im Kapitel „Sonne“ Näheres zu finden. Die meist gebräuchlichen Feldstecher haben etwa 30 bis 50 mm Objektivöffnung. Sollen die Blendgläser auch an Feldstechern mit größerer

Öffnung angewendet werden, so empfiehlt es sich, die Beobachtungen nur kürzere Zeit vorzunehmen, sowohl um die Blendgläser nicht zum Platzen zu bringen, wodurch die Augen in große Gefahr kämen, als auch um die Okulare zu schützen, denn auch deren Kittflächen könnte bei längeren Beobachtungen die von den Objektiven gesammelte Hitze schaden. **Man blende durch kleine Pappringe die Objektive gegebenenfalls auf etwa 30 bis 40 mm Öffnung ab!**

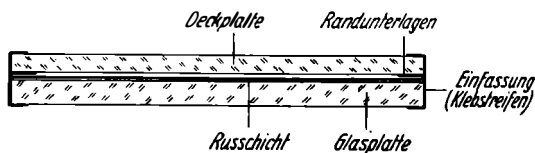


Abb. 19 Rußfilter zur Sonnenbeobachtung (s. Text)

In einfacher und billiger Weise kann man als Blendgläser auch berußte Glasplatten verwenden. Solche Rußgläser entsprechen in ihrer Wirkung nahezu den neutralen Blendgläsern. Für Beobachtung mit dem Feldstecher z. B. kann man einen Glasstreifen 3×12 cm berußen. Zu dieser Arbeit muß allerdings die Sonne auch scheinen, damit man die Dichte des Rußbelags richtig und möglichst gleichmäßig trifft. Man vermeide auf jeden Fall ein zu helles Sonnenbild, das infolge der Überstrahlung auch keine feinen Einzelheiten mehr zeigt, ganz abgesehen davon, daß die Augen geschädigt werden. Einen solchen Rußstreifen kann man gleichzeitig vor beide Okulare halten. Um die sehr empfindliche Rußschicht zu schützen, legt man sie nach Abbildung 19 zwischen zwei Glasplatten. Nachdem die eine Platte zweckentsprechend berußt ist, nimmt man eine zweite gleich große Glasplatte, auf der man zuerst am Rande ringsherum schmale Papierstreifen aufklebt. Legt man diese Platte nun auf die berußte, so ist die Rußschicht in dem kleinen Luftzwischenraum gut geschützt. Beide Platten werden dann am Rande wie Glaslichtbilder mit Klebestreifen eingefast. Da die Stärke der Sonnenstrahlung für uns im Winter geringer ist als im Sommer, so kann man sich auch zwei derartige Blendscheiben herstellen, von denen die eine in der Durchlässigkeit etwas größer ist und im Winter Verwendung findet. Auch für die Beobachtung einer Sonnenfinsternis ist eine Sammlung solcher Rußgläser sehr zu empfehlen, denn erfahrungsgemäß finden sich bei einer solchen Gelegenheit immer Gruppen interessierter Personen zusammen.

In optischen Geschäften findet man bisweilen *Brillen mit schwarzen Gläsern*, die vorzugsweise bei Arbeiten mit intensiven Lichtquellen ver-

wendet werden, z. B. beim Schweißen oder in Schmelzbetrieben. Beabsichtigt man, eine solche Brille zu Sonnenbeobachtungen zu benutzen, so prüfe man auch in diesem Falle an der Sonne selbst nach, ob sich die Brille dafür eignet, d. h., ob die Filterwirkung genügend stark ist und ob das Glas nicht etwa gewöhnliches Preßglas ist (wie Verfasser einmal gefunden hat), wodurch das Bild erheblich verzerrt werden kann und ganz unscharf erscheint. Besitzt man keine Blendgläser, so kann man Sonnenbeobachtungen auch nach der altbewährten Projektionsmethode durchführen (Abb. 20). Das Auffangen des Sonnenbildes auf einem weißen Schirm ist die gefahrloseste Methode der Sonnenbeobachtung, und sie ist insbesondere dann vorzuziehen, wenn eine größere Anzahl von Personen die Vorgänge auf der Sonne oder den Verlauf einer Sonnenfinsternis zugleich verfolgen will. Eine feste Aufstellung des Feldstechers ist dazu nötig. Da sich die beiden Sonnenbilder auf dem Schirm stören würden (denn jede Feldstecherhälfte liefert ja ein Bild), muß eines der Objektive abgedeckt werden. Vor das ganze Instrument setzt man einen größeren Schirm aus Pappe, der das Nebenlicht von dem Auffangschirm abhält. Dieser wird in 1 bis 2 m Abstand hinter dem Feldstecher genau rechtwinklig zur Lichttrichtung aufgestellt, damit man ein rundes Sonnenbild erhält. Das noch unscharfe Bild muß mit einer geringen Verstellung des Okulars oder des Mitteltriebs scharf eingestellt werden. Das Okular ist in jedem Fall etwas herauszudrehen. Der Betrag der Verschiebung läßt sich bei bekannter Projektionsentfernung selbst genau einstellen. Bei einer Schirmmentfernung von 50 cm dreht man das Okular oder den Mitteltrieb aus der Stellung 0 heraus auf + 2, bei 1 m Abstand auf + 1, bei 2 m auf $+ \frac{1}{2}$ (also immer den reziproken Wert der Meterzahl). Näher als etwa 50 cm heranzugehen hat wenig Zweck, da das Sonnenbild dann sehr klein wird, es sei denn, man benutzt einen stark vergrößernden Feldstecher

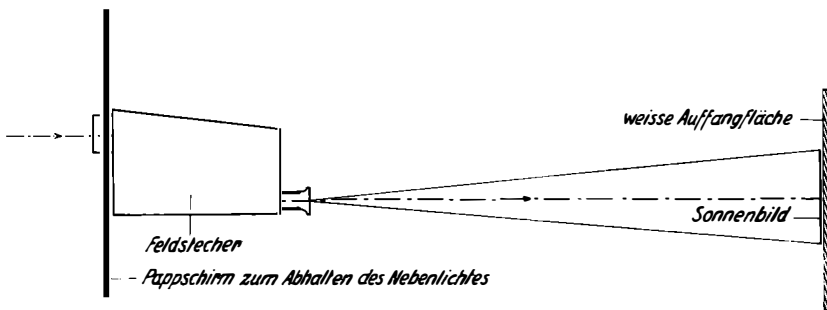


Abb. 20 Projektion des Sonnenbildes auf einen weißen Schirm (schematisch)

(über $10\times$) oder ein Zusatzfernrohr, das im folgenden beschrieben wird. Je dunkler die Umgebung des weißen Schirms ist, um so deutlicher sieht man die im Sonnenbilde enthaltenen Einzelheiten, also Flecke, Fackeln usw. Besteht die Möglichkeit, den Feldstecher auf einem Fensterbrett aufzustellen und ihn durch die Lücke eines dunklen Vorhangs auf die Sonne zu richten, so sieht man im verdunkelten Zimmer die feinen Einzelheiten des Sonnenbildes sehr deutlich. Das Fenster selbst ist hierbei zu öffnen, da die Glasscheibe erhebliche Verzerrungen hervorrufen würde;



Abb. 21 Sonnenprojektionsschirm am ZEISS-Feldstecher 10×50 nach Vorschlag von Prof. ARTHUR KRAUSE, Leipzig

im Winter muß bei dieser Art der Beobachtung das betreffende Zimmer ungeheizt sein. Die Projektionsbeobachtung ist gut dazu geeignet, die Größen von Sonnenflecken zu bestimmen. Geben wir dem Bilde der Sonne auf dem Schirm einen Durchmesser von 11 cm, dann entspricht 1 mm im Bilde dem Erddurchmesser; man wird auf diese Weise häufig Sonnenflecken feststellen können, die an Größe die ganze Erde erheblich übertreffen (Abb. 37 und 38). Da die Sonne am Himmel weiterläuft, muß man den Feldstecher und den Schirm von Zeit zu Zeit ein wenig verstellen. Ist der Projektionsschirm gut fest angebracht, so kann man das Sonnenbild auch nachzeichnen. Auch Aufnahmen des projizierten Sonnenbildes aus einigem Abstand sind leicht durchzuführen, wobei die Kamera seitlich direkt neben dem Feldstecher (oder Fernrohr) zu halten ist (s. Abb. 3).

Abbildung 21 zeigt einen Projektionsschirm nach Prof. A. KRAUSE, Leipzig, vom Verfasser gebaut, am ZEISS-Feldstecher 10×50 auf Stativ. Der Schirm ist mit einem Klemmring (Abb. 21) an der Okularmuschel zu befestigen.

c) *Vorsatzfernrohr*

Der Feldstecher besitzt, wie erläutert, im Gegensatz zu den größeren Fernrohren mit mehreren auswechselbaren Vergrößerungen nur eine einzige fest angebaute Vergrößerung. Da er indessen das einzige Fernrohr ist, das in großer Zahl verbreitet ist und auch von vielen Naturfreunden zur Beobachtung des Himmels verwendet wird, so sei hier ein Weg mitgeteilt, auf welche verhältnismäßig einfache Weise man mit seinem Feldstecher auch eine oder mehrere wechselbare höhere Vergrößerungen erreichen kann, und zwar innerhalb der Grenzen des Gegebenen. Sie sind bestimmt durch die Lichtstärke des Feldstechers, die optische Vollkommenheit seiner Objektive sowie neuerdings in vielen Fällen durch die Konstruktion der Okulare. Diese Faktoren bestimmen die Zahl, bis zu der man etwa die Gesamtvergrößerung steigern kann, ohne ein schlechtes Bild zu erhalten. Schon bei einer 3- oder 4fach höheren Vergrößerung, als sie der Feldstecher an sich bietet, ist der Gewinn an Beobachtungseinzelheiten besonders bei den helleren Objekten so überraschend groß, daß dieser Versuch lohnt wie kaum ein anderer.

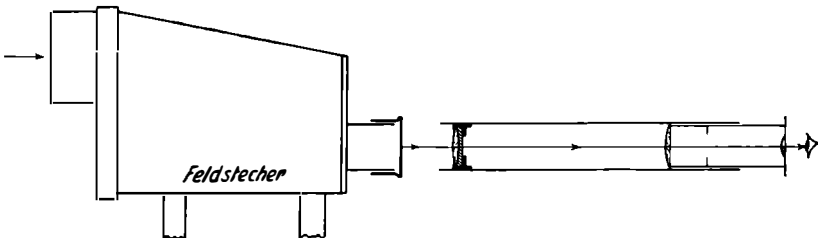


Abb. 22 Anordnung des Vorsatzfernrohres

Zunächst das rein Optische der Methode: nach dem Gesetz des Strahlenganges im astronomischen Fernrohr (und auch der Prismenfeldstecher ist streng genommen ein solches) treten die Strahlen aus dem Okular wieder parallel aus. Da in das Objektiv eines Fernrohrs die Strahlen eines weit entfernten Objekts aber auch parallel eintreten, so besteht ohne weiteres die Möglichkeit, hinter das Okular des Feldstechers nach Abbildung 22 ein zweites kleines Fernrohr mit schwacher Vergrößerung zu setzen, wodurch die insgesamt erzielte Vergrößerung gleich der Feldstechervergrößerung *mal* der Zusatzfernrohrvergrößerung wird, also ganz einfach zu bestimmen ist. Haben wir z. B. ein Glas mit 6facher und ein Zusatzfernrohr mit 3facher Vergrößerung, so wird die von beiden

erzeugte Vergrößerung $6 \times 3 = 18$ fach. Der Mond, der 384 000 km entfernt ist, erscheint in dem Feldstecher mit 6facher Vergrößerung allein in einer scheinbaren Entfernung von rund 65 000 km; nämlich $384\,000 : 6$; mit Hilfe des Zusatzfernrohrs von 3facher Vergrößerung sinkt seine scheinbare Entfernung nochmals auf ein Drittel, also auf etwa 22 000 km. Wir werden daher jetzt auf ihm eine große Zahl vorher nicht sichtbarer Oberflächengebilde erkennen können. Mit dieser 18fachen Vergrößerung sehen wir ferner die Sonnenflecken besser (sowohl mit dem Blendglase als auch in der Projektion), die Sichelgestalt der Venus und die Monde des Jupiter sind deutlich zu sehen, auch werden nunmehr verschiedene berühmte Doppelsterne getrennt. Wegen der durch die stärkere Vergrößerung herabgesetzten Lichtstärke, also der verminderten Helligkeit der Bilder, wird man das Zusatzrohr vornehmlich bei diesen helleren Objekten anwenden. Abnahme der Lichtstärke ist genau so wie Zunahme der Vergrößerung zahlenmäßig genau festzulegen. Hat unser Feldstecher von 6facher Vergrößerung eine Öffnung von 30 mm, so ergibt sich eine Austrittspupille (S. 14 und 18) von $30 : 6 = 5$ mm, und seine Lichtstärke ist $5 \times 5 = 25$. Durch die hinzukommende nochmalige 3fache Vergrößerung wird die Austrittspupille, die ja jetzt die „Objektivöffnung“ des neuen Rohres ist, auf $5 : 3 = 1,66$ mm herabgesetzt, und die Lichtstärke beträgt nur noch etwa 2,8, also nur noch etwa den 9. Teil derjenigen des Feldstechers allein. Die Bilder sind also nur noch $\frac{1}{9}$ so hell wie vordem, dafür erscheinen aber die Objekte jetzt statt in 6facher in 18facher Vergrößerung. Für die beiden hellsten Objekte am Himmel, die Sonne und den Mond, kann man bei guter optischer Beschaffenheit der Feldstecherobjektive sogar noch höhere Zusatzvergrößerungen anwenden und damit, besonders am Monde, einen weiteren erheblichen Gewinn an Beobachtungseinzelheiten erzielen. Gläser mit großen Objektiven gestatten ebenfalls die Anwendung stärkerer Zusatzvergrößerungen, da bei ihnen die Bilder nicht so rasch an Helligkeit abnehmen. Der Feldstecher $10\times$ mit 50 mm Öffnung des Verfassers verträgt noch sehr gut eine 5- bis 6fache Übervergrößerung, also Gesamtvergrößerungen von 50- bis 60fach. Bei ausgezeichnet scharfen Bildern sind damit Doppelsterne bis zu etwa 12 Bogensekunden kleinstem Abstand, der Saturnring, die Wolkenstreifen auf Jupiter und eine Fülle von Mondobjekten zu sehen. Da die Feldstecherobjektive meist sehr kurzbrennweitige Systeme sind, machen sich bei der Anwendung eines Zusatzrohrs oft die nicht streng beseitigten Farbenabweichungen bemerkbar, zumeist in Gestalt blauroter Säume bei hellen Objekten. Man kann diese Erscheinung durch die Anwendung von Gelbgläsern etwas mildern; bei der Sonne, dem Monde und der Venus kann man auch durch kleine Pappringe die Objektive des Feld-

stechers etwas abblenden, wodurch das Bild ein wenig lichtschwächer, aber besser wird. Man kann sich aber auch an die Erscheinung gewöhnen, wie man das bei größeren Fernrohren auch oft muß, so daß sie einem dann später gar nicht mehr störend auffällt. Ist infolge der farbigen, meist rötlichen Säume, z. B. bei der Beobachtung der Sonne, das Bild mit dem Vorsatzfernrohr zu stark gestört, dann kann ein ganz leichtes *Grünfilter* Abhilfe schaffen. Das SCHOTT-Filterglas BG 10 z. B., Dicke $2^m/m$, noch hinter dem Sonnendämpfglas benutzt, beseitigt die roten Farbsäume völlig, so daß ein sehr scharfes Sonnenbild entsteht. In gleicher Weise werden auch die Bilder des Mondes und der Planeten verbessert, wenn man hinter dem Okular das Filter BG 10 benutzt.

Wir wollen uns nunmehr mit dem Bau eines kleinen Zusatzfernrohrs für eine der Feldstecherhälften befassen. Als geeignete zusätzliche Vergrößerung wählen wir folgende:

für einen Feldstecher	6 × 30	3- bis 4fach
„ „ „	8 × 30	3- bis 4fach
„ „ „	7 × 50	3- bis 5fach
„ „ „	10 × 50	3- bis 5fach
„ „ „	15 × 50	2- bis 4fach

Das einfache, hier beschriebene astronomische Zusatzrohr liefert in Verbindung mit dem Feldstecher auf dem Kopf stehende Bilder, was aber bei astronomischen Beobachtungen nicht stört. Hierbei kommt es sehr zustatten, daß man in jedem Falle die andere Feldstecherhälfte im aufrechten Bild mit schwacher Vergrößerung als *Sucher* benutzen kann. Für den Selbstbau des Rohres brauchen wir ein kleines Objektiv und ein Okular. Als Objektiv verwenden wir in diesem Fall ein sammelndes Brillenglas. Da nämlich dieses Objektiv nur mit einer ganz geringen Öffnung, entsprechend der Austrittspupille des Feldstechers, die nur wenige Millimeter groß ist, gebraucht wird, so sind die Bilder damit nicht schlechter als mit einem kleinen achromatischen Objektiv an dieser Stelle. Wir besorgen uns ein Brillenglas mit der Bezeichnung „+5 Dioptrien“, gleich 20 cm Brennweite. Da ein solches Brillenglas roh rund 42 mm Durchmesser hat, lassen wir es uns gleich vom Optiker auf etwa 20 mm Durchmesser verkleinern, was in wenigen Minuten geschehen ist. Nach Bild 23 verfertigen wir uns entweder aus Metall oder aus Pappe eine kleine Fassung, die wir in ein kleines Rohr von etwa 23 cm Länge genau zentrisch einsetzen. Auch dieses Rohr kann entweder aus dünnwandigem Metall oder aus Pappe sein, je leichter, um so besser. Zur Vermeidung störender Spiegelungen schwärzt man es innen mit Tusche oder mattschwarzem Lack. Als Okulare für das Zusatzfernrohr nehmen wir Mikro-

skopokulare (HUYGENSSche Okulare), die wir bei verschiedenen optischen Herstellerbetrieben erhalten.

Wegen ihrer Billigkeit haben wir die Möglichkeit, mehrere, mindestens zwei verschiedene Zusatzvergrößerungen zu schaffen. Als erstes Okular besorgen wir uns ein solches von 50 mm Brennweite (Okular „5 \times “ der mikroskopischen Verzeichnisse), das in unserem kleinen Fernrohr eine

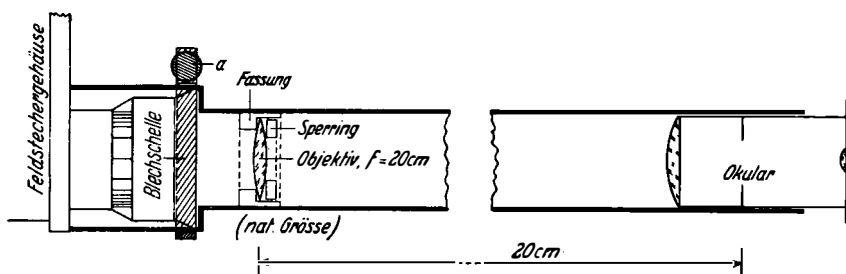


Abb. 23 Das Vorsatzfernrohr im Schnitt

4fache Vergrößerung ergibt. Als zweites Okular können wir eines von 31,2 mm Brennweite (8 \times) wählen, mit dem wir eine 6 $\frac{1}{2}$ fache Vergrößerung erzielen. Mit einem solchen Zusatzfernrohr erhalten wir bei einem Feldstecher mit 6facher Vergrößerung zwei Zusatzvergrößerungen von 24fach und 39fach, von denen man die zweite mit großem Vorteil hauptsächlich beim Monde anwenden kann. Eine unbedingt zitterfreie Aufstellung des Feldstechers ist bei der Beobachtung mit dem Zusatzfernrohr allerdings nötig!

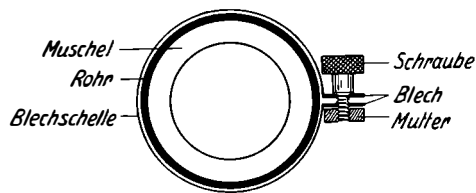
Eine wichtige Frage ist die einer guten starren und zentrischen Verbindung des Zusatzrohrs mit dem Feldstecher. Idealste Lösung ist dabei zweifellos, daß man dem Zusatzrohr vorn ein Gewinde geben kann, das genau demjenigen der aufgeschraubten Okularmuschel entspricht.

Besteht nicht die Möglichkeit, in ein kurzes entsprechendes Stück Metallrohr dieses Gewinde einzuschneiden oder einschneiden zu lassen, so beschafft man sich unter Angabe des Feldstechertypus vom Herstellerbetrieb eine Ersatzokularmuschel, die man vorn am Zusatzrohr ankittet (Kittifix, Duoson-Rapid usw.) oder mit kleinen Schrauben befestigt. Man kann dann stets die eine Okularmuschel des Feldstechers ab- und an ihre Stelle das Zusatzrohr anschrauben. Indessen ist dies nur dann zu empfehlen, wenn die Okularmuscheln des Feldstechers mit einer Metalleinlage aufgeschraubt sind. Bei Muscheln, die ganz aus Hartgummi bestehen, läuft man bei dem öfteren Wechsel Gefahr, daß die Gewinde zerstört werden. In diesem Fall ist ein anderer Weg besser: Man nimmt

das eigentliche Zusatzrohr selbst oder einen vorn angebrachten Metallstutzen in seinem lichten Durchmesser weniger Zehntel Millimeter größer, als der Außendurchmesser der Okularmuschel beträgt, so daß nach Abbildung 24 das Rohr oder der Stutzen leicht über diese bis zum Anschlag an das Feldstechergehäuse geschoben werden kann. Um das Rohr oder den Stutzen legen wir an der Stelle, wo sich innen die Okularmuschel befindet, einen Ring aus Blech mit einer Schraube zum Festziehen nach Abbildung 24, womit wir das Zusatzrohr dann ebenfalls fest genug mit dem Feldstecher verbinden können. Ist das Zusatzrohr ganz aus Pappe und daher sehr leicht, so genügt es unter Umständen, dem Rohr vorn einen kleinen, auf die Muschel straff aufzusteckenden Metallring zu geben, so daß man es genau so aufsteckt wie die Sonnenblendgläser.

Das Zusatzrohr ist so zu bauen, daß es für sich allein auf ferne Gegenstände scharf einzustellen ist, und zwar durch Verschieben des Okulars in seinem hinteren Rohrende. Nach der Befestigung am Feldstecher dreht man dann zur Gesamtscharfeinstellung entweder das Okular des Feldstechers oder bewegt dessen Mitteltrieb.

Abb. 24 Befestigungsschelle für das Vorsatzfernrohr



Die Sonne läßt sich sowohl direkt, unter Benutzung eines Blendglases hinter dem Okular des Zusatzrohres, als auch nach der Projektionsmethode beobachten. Kleinere Flecken und die größeren Fackelgebiete werden bei ruhiger Luft jetzt deutlich sichtbar. Durch die stärkere Vergrößerung entsteht ein hinreichend großes Schirmbild der Sonne jetzt bereits näher am Okular als mit dem Feldstecher allein.

Zur Betrachtung hochstehender Objekte kann das Zusatzrohr auch mit einem „Zenitprisma“ nach Abbildung 25 und 26 ausgerüstet werden. Dieses Prisma biegt den Strahlengang rechtwinklig um und ermöglicht eine bequeme Beobachtung in großer Höhe über dem Horizont, also z. B. bei Beobachtungen der Sonne im Sommer. Eine weitere Möglichkeit zur Vergrößerungssteigerung besteht in der Anwendung eines Vorsatzfernrohres nur in Form eines Zusatzokulars, etwa 20 bis 30 cm hinter dem Feldstecherokular, das dann allerdings so weit auf das plus (+) zu drehen ist, daß man ein scharfes Bild erhält. Der Feldstecher erzeugt hierbei ein Zwischenbild (ähnlich dem Erdfernrohr, Abb. 15), das mit dem Zusatz-

okular nochmals vergrößert wird. Diesen Weg beschritt z. B. mit großem Erfolg G. LEIN in Grünhain/Sa., er verwendete den Tubus mit Okular eines ROW-Kleinmikroskops (Rathenower Optische Werke, s. Abb.27).

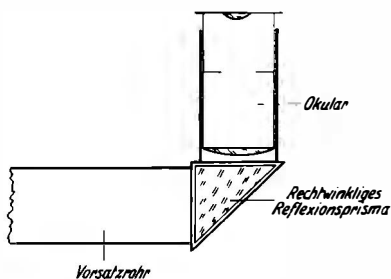


Abb. 25 Vorsatzfernrohr mit Zenitprisma



Abb. 26 Vorsatzfernrohr mit Zenitprisma am ZEISS-Feldstecher 15×50 auf selbstgebaute Stativ. Ausführung und Photo R. KUHNHARDT, Eisleben

Zwei weitere Aufstellungsmöglichkeiten seien hier noch vorgestellt. In Abbildung 28 ist ein Feldstecher 10×50 mit Vorsatzfernrohr in einem ZEISS-Halter auf einem sehr stabilen Photostativ mit dem allseits beweglichen und klemmbaren „Kinokopf“ montiert (Konstrukteur D. RICHTER, Erfurt).

Eine vielseitig verwendbare und die wohl für diesen Zweck komfortabelste Möglichkeit der Aufstellung hat ein Mitglied der Fachgruppe Astro-

nomie der Arbeitsgemeinschaft in Thal bei Eisenach geschaffen: Mit Hilfe von Rohr-, Eisen- und Holzteilen ist eine „parallaktische“ Montierung entstanden, bei der durch Drehung um die schräggestellte Polachse das eingestellte Objekt im Gesichtsfeld behalten werden kann. Der Winkel zwischen der zum Himmelsnordpol (s. Abb. 59 bis 61) zeigenden Polachse und der Waagerechten in Richtung Nord entspricht der geographischen



Abb. 27 Tubus mit Okular eines ROW-Kleinmikroskops als Vorsatzfernrohr am ZEISS-Feldstecher 15×50 . Ausführung und Photo G. LEIN, Grünhain/Sa.



Abb. 28 Feldstecher 10×50 mit Vorsatzfernrohr auf Photostativ mit Kinokopf (D. RICHTER, Erfurt)

Breite φ des Beobachtungsortes, s. Abbildung 29. Peinlich genaue Einhaltung des Winkels φ ist hierbei in Anbetracht der nur schwachen Vergrößerung nicht unbedingt erforderlich. Auf dieser Abbildung sieht man eine Plattenkamera am Feldstecher angebracht, wozu Eisenflansche und eine Haltestange dienen, s. auch Abbildung 30. Zum Ausgleich der unterschiedlichen Belastung durch Kamera und Vorsatzfernrohr dienen ver-

stellbare Gegengewichte (Ausführung und Aufnahmen J. BÜHNER, Thal bei Eisenach).

Nicht nur hinter das Okular, sondern auch vor das Objektiv eines Feldstechers kann man ein Vorsatzfernrohr bringen. Indessen geht das nur dann, wenn ein optisch hochwertiges System verwendet werden kann,



Abb. 29 Parallaktische Feldstecheraufstellung mit angesetzter Kamera. Ausführung und Photo J. BÜHNER, Thal bei Eisenach

z. B. ein Teleobjektiv für Fernaufnahmen mit dem Vergrößerungsfaktor 1,5- bis 2,5fach, oder auch ein ebenso schwach vergrößerndes Fernrohr aus achromatischer Optik. Zur Vermeidung von Lichtverlust sollte das Objektiv dieses Fernrohres dann aber den gleichen Durchmesser wie das Feldstecherobjektiv haben; ist er größer, kann es nur von Vorteil sein. Für Sternfreunde, welche in dieser Hinsicht Versuche anstellen möchten, sei eine Anlage erwähnt, die sich Sternfreund K. DIETZE in Halle gebaut hat und von deren guter Wirksamkeit ich mich selbst überzeugen konnte. Es handelt sich um ein ZEISS-Teleobjektiv Duonar 2mal; solche Objektive sind nach Art des GALILEI-Fernrohres aufgebaut. Es wirkt also auch hier das oben geschilderte Prinzip, daß zwischen dem objektivseitigen Vorsatzfernrohr und dem Objektiv des Feldstechers paralleler Strahlengang vorhanden sein muß! Dabei ist es gleichgültig, ob das objektivseitige Vorsatzrohr ein terrestrisches (wie in diesem Fall)

oder astronomisches Fernrohr darstellt. Im ersten Fall ist das Bild aufrecht, im zweiten umgekehrt.

Auf jeden Fall ist es empfehlenswert, eine solche Anlage erst einmal provisorisch daraufhin auszuprobieren, ob ein eventuell zu verwendendes Vorsatzobjektiv auch visuell, d. h. für den Augengebrauch, geeignet ist, bevor man sich die Arbeit der Herstellung eines derartigen objektivseitigen Vorsatzfernrohres macht!

Von der optischen Industrie werden Vorsatzfernrohre für den hier beschriebenen Zweck nicht geliefert. Anfragen sind daher zwecklos.

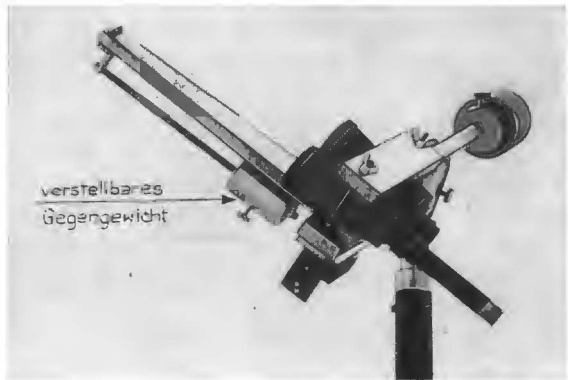


Abb.30 Die gleiche Ausführung wie in Abb.29; am Feldstecher ist hier ein Vorsatzfernrohr angebracht

d) T-Optik und Prüfung des Feldstechers am Himmel

Eine seit dem Jahre 1940 zuerst von Carl Zeiss in Jena, dann aber auch von anderen optischen Herstellerbetrieben eingeführte Verbesserung muß hier noch Erwähnung finden, da sie bei ihrer Anwendung auch die Leistungsfähigkeit von Feldstechern in entscheidender Weise beeinflußt. Es handelt sich um die von Zeiss als „T-Optik“ (T = Transparenz) bezeichnete Vergütung der Oberflächen optischer Systeme (Linsen, Prismen). Um dem Verständnis dieser beachtlichen Verbesserung entgegenzukommen, sei deren optische Grundlage hier kurz erläutert.

Trifft ein Lichtstrahl eine optische Fläche, so geht er nicht wie im Idealfall (Abb.31) durch diese ungestört hindurch, sondern erleidet nach Abbildung 32 an ihr durch teilweise Reflexion Lichtverluste von etwa 5% seiner Gesamtintensität. Diese Lichtverluste können bei mehreren zu durchlaufenden, freistehenden optischen Flächen sehr beachtlich sein,

ganz abgesehen von den dabei entstehenden störenden Nebenbildern (Reflexen) und Verschleierungen jeglicher Art. Bei einem Prismenfeldstecher kann der Lichtverlust hierdurch bis zu 40% betragen. Daran vermag auch die exaktest hergestellte Optik nichts zu ändern. Erst der T-Belag konnte hier Wandel schaffen. Er besteht aus einem hauchdünnen Belag eines durchsichtigen Stoffes mit niedrigerem Brechungsvermögen als Glas; er wird in genau bemessener Schichtdicke auf die Oberfläche der Linsen und Prismen aufgedampft. Die Folge davon ist, daß Lichtmengen, welche an den beiden Grenzflächen des Belages reflektiert werden, miteinander interferieren und ausgelöscht werden, wenn sie gleiche Intensität aufweisen und der Belag eine bestimmte Dicke hat.

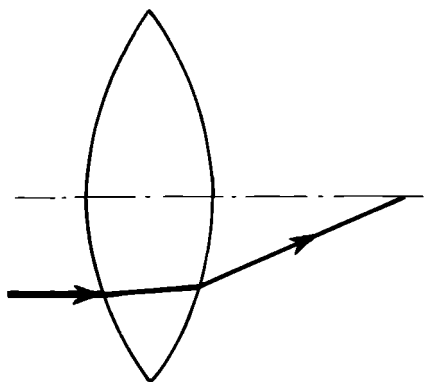


Abb. 31

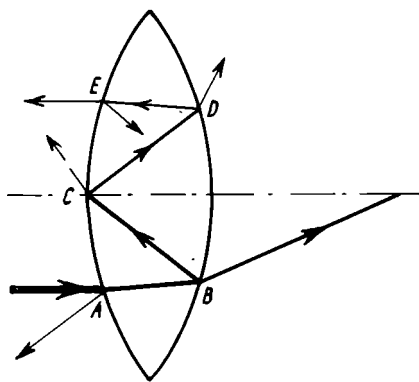


Abb. 32

Abb. 31 Idealer Durchgang des Lichtes durch eine Linse

Abb. 32 Lichtverluste durch Absorption (zwischen A und B) und Reflexionen (bei A, B, D, C und E) beim Auftreffen und Durchgang durch eine Linse

Da ein Transparenzbelag für verschiedene Spektralbereiche vorgesehen werden kann, vergütet man optische Geräte zur direkten Beobachtung vorzugsweise für denjenigen Teil des Spektrums, der dem menschlichen Auge am hellsten erscheint. Es ist dies der gelbgrüne Bereich; hierfür wird die Auslöschung fast total. Übrigbleibende Restfarben der nicht völlig beseitigten Strahlen lassen bei Aufsicht auf derart vergütete Linsen und Prismen deren Flächen schwach rötlichblau erscheinen. Hieran ist ein vergüteter Feldstecher sofort als solcher zu erkennen.

Die Wirkung ist überraschend. Ein mit T-Belag versehenes optisches

Gerät, also auch ein Prismenfeldstecher, zeigt infolge fast jeglichen Wegfalls gespiegelten und verschleiernnden Lichtes eine vordem nie gekannte Brillanz der Bilder, verbunden mit einer beachtlichen Helligkeitssteigerung, die im Mittel etwa 30% ausmacht. Daß dieser Umstand bei Himmelsbeobachtungen, bei denen man es meist mit leuchtenden Objekten auf dunklem Grund zu tun hat, von ganz besonderer Bedeutung ist, braucht man kaum besonders zu betonen, und der Vorteil konnte vom Verfasser bei einer Anzahl von Vergleichsbeobachtungen bestätigt werden.

Mit der nötigen Vorsicht (weiches, sauberes Leinen- oder Lederläppchen, trocken oder mit wenig Spiritus, möglichst nach vorherigem Entfernen des Staubes vermittels eines weichen Haarpinsels) können T-belegte Flächen ebenso geputzt werden wie gewöhnliche. Daß man mit den Fingern optische Flächen möglichst überhaupt nicht berühren soll, erwähne ich besonders; Fett, Feuchtigkeit und insbesondere Schweiß können die hochpolierten Glasflächen in ungünstiger Weise beeinflussen. Um das Beschlagen eines in der kalten Jahreszeit benutzten Glases beim Zurückbringen in warme Räume möglichst zu unterdrücken, empfehle ich, das Glas noch im Freien in seinen Behälter zu tun. Dadurch wird das unschöne und oft sehr erhebliche Beschlagen zum größten Teil vermieden, indem das Glas sich im Behälter der Innentemperatur langsam anpassen kann.

Die beachtliche Leistung von Feldstechern mit T-Belag geht aus der Reichweite derselben hervor. Während das normalsichtige unbewaffnete Auge (am ganzen Himmel) nur etwa 6000 Sterne einzeln deutlich unterscheidet, wächst deren Zahl bei Benutzung von Fernrohren stark an. Seit altersher werden die Sterne ihrer Helligkeit nach unterschieden. Den schwächsten allgemein sichtbaren wurde die „sechste Größenklasse“ zuerkannt, den hellsten die erste. Diese Angabe kennzeichnet nur die Helligkeit, in der uns die Sterne am Himmel erscheinen, nicht etwa ihre wirkliche Größe. Genaue Messungen der Helligkeiten erforderten eine exakte Definition des Begriffes „scheinbare Helligkeit“. Hiernach entspricht dem Unterschied einer Größenklasse ein Unterschied der Lichtstärke von nahe $2\frac{1}{2}$. Ein Stern 6. Größe ist also rund $2\frac{1}{2}$ mal schwächer als ein solcher 5. Größe usw.; 100 Sterne 6. Größe wären also ebenso hell wie ein Stern 1. Größe. Dem Polarstern wurde die Standardhelligkeit von $+2^m.12$ (von lat. magnitudo = Größe) gegeben. Fixsterne und Planeten, die heller als Sterne erster Größe sind, werden mit 0., $-1.$, $-2.$ Größe usw. bezeichnet. Der Vollmond hat in dieser Helligkeitsskala $-12^m.55$, die Sonne $-27^m.01$.

Nach Beobachtungen des Verfassers in sehr klaren, mondlosen Nächten zeigte ein ZEISS-Feldstecher 6×30 noch Sterne der 9.83 Größe (Stern 4s

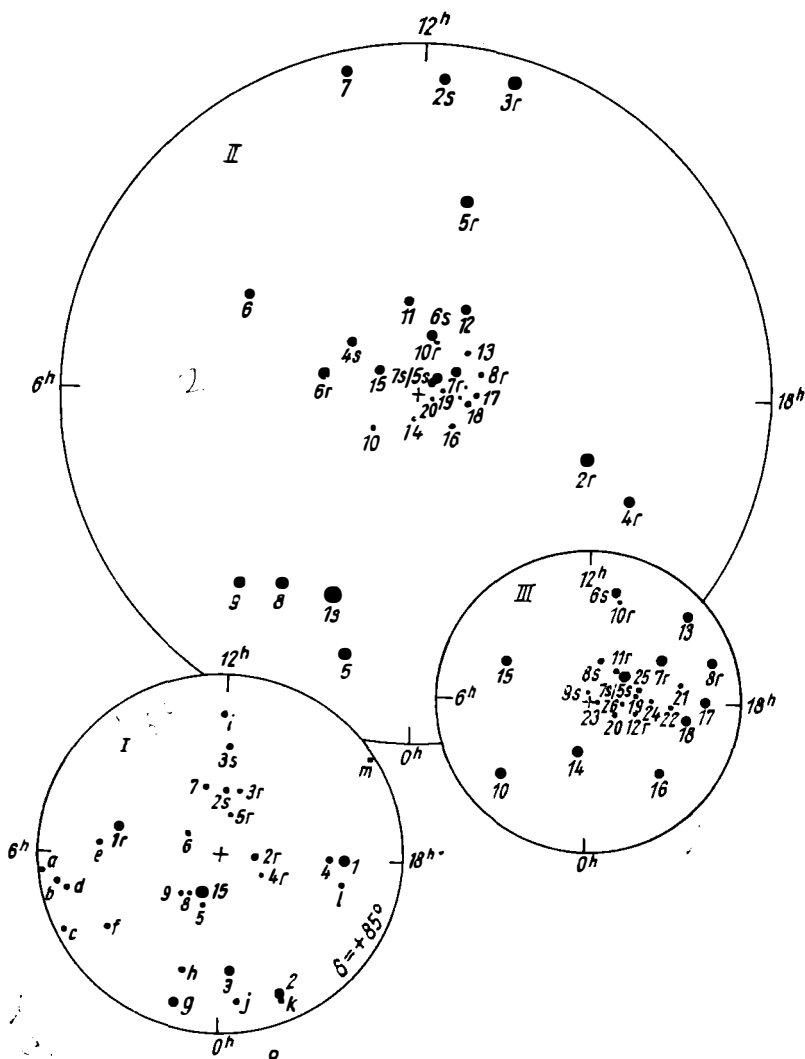


Abb. 33 Sternhelligkeit der Nordpolarsequenz

in Abbildung 33), der ZEISS-Feldstecher 15 \times 50 Pentekarem ließ noch die Sterne 17 und blickweise 18 (Größe 11.30 bzw. 11.90) erkennen. Beide Gläser wurden mit Stativ benutzt. Die Grenzgröße wurde für das bloße Auge gleichzeitig zu 7^m.06, Stern 6 blickweise) ermittelt. Bei dem letztgenannten Glas zeigte sich die von der Vergrößerung erheblich abhängende Gesamtleistung (S. 19) in besonders augenfälliger Weise.

Damit der Besitzer eines Feldstechers oder anderen kleinen Fernrohres in der Lage ist, die Reichweite seines Instrumentes in einer klaren Nacht selbst zu erproben, gebe ich hier 3 Karten von Sternhelligkeiten um den Nordpol (Abb. 33), der sog. Polsequenz. Diese enthält eine Anzahl von Sternen rings um den nördlichen Himmelspol, deren Helligkeiten sowohl visuell als photographisch genau bestimmt wurden, so daß sie zu Eichzwecken jederzeit benutzt werden können. Die zugehörige Tabelle gibt die Helligkeiten der betreffenden Sterne an. Karte I stellt die Umgebung des Pols bis zu 5° Abstand von diesem dar und enthält Sterne bis zur etwa 9. Größe. Karte II gibt Sterne bis zur etwa 12. Größe und 2° Polabstand und dürfte für alle, auch die leistungsfähigsten Feldstecher, aus-

Sterne der internationalen Polsequenz

Stern	Helligkeit Photovis.	Stern	Helligkeit Photovis.	Stern	Helligkeit Photovis.
1s	2 ^m .08	6r	9 ^m .24	25	13 ^m .58
1	4.37	13	10.37	8s	13.77
2	5.28	7r	9.87	26	13.69
3	5.56	14	10.56	9s	13.74
4	5.84	5s	10.06	27	14.25
5	6.45	15	10.88	28	14.54
2s	6.30	6s	10.72	10s	14.52
1r	5.09	8r	10.46	11s	14.35
3s	6.35	16	11.22	12s	14.67
6	7.06	17	11.30	13s	14.54
7	7.55	18	11.90	29	15.21
2r	6.32	10r	12.03	14s	15.05
8	8.13	7s	12.04	30	15.44
9	8.83	19	12.24	31	15.62
3r	7.57	20	12.52	15s	15.71
10	9.06	11r	12.07	32	15.58
4r	8.27	21	12.49	16s	15.50
11	9.56	22	12.84	33	15.97
12	9.77	23	13.00	34	16.29
5r	8.63	12r	12.47	35	16.94
4s	9.83	24	13.31		

reichend sein. Karte III weist Sterne bis nahe 17. Größe bei 0.5° Polabstand auf zur Prüfung größerer Instrumente. Der Pol ist in jedem Fall durch das Kreuz in der Mitte gekennzeichnet. Sterne mit dem Index r sind rötlich; solche mit dem Index s wurden der Polsequenz erst nachträglich eingefügt.

Der Polarstern (ls) steht Mitte Oktober um Mitternacht mittlere Ortszeit genau südlich, d. h. beim Blick nach Norden oberhalb des Pols. Ein Vierteljahr später, Mitte Januar, steht er genau westlich (links), Mitte April genau nördlich (unterhalb) und Mitte Juli genau östlich (rechts) vom Pol, immer jeweils um Mitternacht mittlerer Ortszeit.

4. Unsere „Sternwarte“

Die meisten Menschen wohnen heute in großen Städten, die nachts hell erleuchtet sind. Aber auch die Beleuchtung kleinerer Orte nimmt ständig weiter zu. Dieser Umstand erschwert die Sichtbarkeit der oft lichtschwachen Himmelsobjekte sehr, und wer den Wundern des Weltalls richtig nachspüren will, muß dies weitab von den störenden Lichtern der menschlichen Siedlungen tun. Das ist für viele nicht einfach, aber wo ein Wille ist, da ist auch ein Weg. Wer in einer nachts zu stark beleuchteten Gegend wohnt, der hat vielleicht einen guten Bekannten oder einen Freund in einer „dunkleren“ Umgebung, mancher hat auch einen Garten oder ein Wochenendfläckchen fern von der Stadt. Hier lassen sich schöne Beobachtungen machen. Einen Pfahl an geeigneter Stelle in die Erde, die Stativeinrichtung daran befestigt, und schon ist die Sternwarte fertig.

Ganz besonders aber wollen wir die Tage des Urlaubs, ganz gleich ob im Sommer oder Winter, dazu ausnutzen, unseren Feldstecher nicht nur am Tage, sondern auch abends und nachts zum Beobachten des Himmels zu benutzen. Ruhe und Abgeschiedenheit in der Umgebung der kleinen schönen Urlaubsorte unserer Mittelgebirge oder gar die Möglichkeit der Beobachtungen vom Hochgebirge aus werden uns Himmelsanblicke unvergeßlicher Eindrucks kraft vermitteln.

Wer gezwungen ist, vom Fenster aus zu beobachten, der tue dies in einem ungeheizten Zimmer in der kalten Jahreszeit. Warme und kalte Luft führen zu schlimmen Luftschlieren, die jede feine Einzelheit der Bilder verwischen. Auch am Fensterbrett läßt sich mit Hilfe einer Klammer eine Haltevorrichtung für den Feldstecher gut anbringen. Ein Balkon ist oft ein sehr guter Beobachtungsplatz, besonders wenn er nach Süden liegt, so daß man von ihm aus auch die Planeten verfolgen kann. Die idealste Stelle zum Beobachten bietet ein Platz auf dem flachen Lande oder auf einem Berge. Wem sich derartige Beobachtungsbedingungen bieten, der nutze sie aus.

Was braucht man nun noch alles zum Beobachten? Auf jeden Fall sollte eine gutgehende Uhr (Taschenuhr) dabei nicht fehlen. Es kann vorkommen, daß z. B. ein helles Meteor aufleuchtet; die daran interessierten Astronomen sind für eine möglichst genaue Zeitangabe zur späteren

Berechnung einer solchen Erscheinung dankbar. Dann ist aber auch die Eintragung der Feldstecherbeobachtungen in ein ganz einfaches Beobachtungsheft eine nützliche und anregende Sache. Man notiere das Datum, die Zeit, das Objekt, die Vergrößerung, ob mit oder ohne Vorsatzrohr, und die wahrgenommenen Besonderheiten. Zu empfehlen ist die Anschaffung einer drehbaren Sternkarte oder eines Sternatlas. Solche Karten sind für jede Stunde des Jahres einzustellen und erleichtern das Aufsuchen der Sternbilder sehr. Noch genauer als drehbare Karten erlauben Sternatlanten das Aufsuchen einzelner, auch schwächerer Objekte. Treue Begleiter vieler Sternfreunde sind die in verschiedenen Verlagen erscheinenden Jahrbücher für Sternfreunde (z. B. „Kalender für Sternfreunde“ von P. AHNERT, Verlag J. A. Barth, Leipzig), die jeweils im Herbst für das nächstfolgende Jahr herauskommen und alle wichtigen und schönen Ereignisse des Himmels im voraus darbieten. Man findet darin den Sternenhimmel in den 12 Monaten, Sonnen- und Mondlauf, Planetendarstellungen, Finsternisse, Sternbedeckungen, Zeiten des kleinsten Lichtes für veränderliche Sterne und viele andere nützliche Anregungen.

Mondkarten und Sternkarten, die für unsere Beobachtungen oft sehr gut brauchbar sind, findet man mitunter in Atlanten und in allen größeren Lexika; wem in einem derartigen Buche solche Karten begegnen, der versuche sie mit Erfolg zu verwenden.

Jedem ernsthaften Sternfreund sei der Bezug der astronomischen Zeitschrift „Die Sterne“ (Verlag J. A. Barth) empfohlen; sie vermittelt stets neuestes Wissen auf allen Gebieten der Himmelskunde.

Zum Lesen und Schreiben trage man eine kleine Taschenlampe bei sich, deren Licht rot gedämpft sein soll, damit das an die Dunkelheit gewöhnte Auge nicht geblendet wird. Wer sich einen ständigen Beobachtungsplatz einrichten kann und eine elektrische Leitung in der Nähe hat, kann auch einen kleinen Transformator oder Widerstand für 4 Volt (Taschenlampenbirne) in Betrieb nehmen und eine kleine rote Handlampe damit speisen.

Sehr gute Beobachtungsplätze bieten mitunter flache Dächer hoher Häuser, die sonst als Wäschetrockenplatz dienen. Hier muß man nur die Beobachtungsrichtung so wählen, daß sie nicht gerade über erhitzte Schornsteine hinwegführt, denn die herauskommende heiße Luft führt zu stark wallenden Bildern, die keine Einzelheiten mehr erkennen lassen. Dies gilt besonders für Beobachtungen mit dem Vorsatzfernrohr.

Folgende allgemeine Bemerkung sei noch angeführt: es empfiehlt sich, einen Feldstecher ganz vorn an den Objektivstutzen festzuhalten; dies gilt insbesondere für die größeren Gläser. Das Bild erscheint dabei ruhiger, da sich das ständige Zittern der Arme nicht so stark auswirkt.

5. Sonne

Die Sonne ist der Zentralkörper des Sonnen- oder Planetensystems; ihrer Licht- und Wärmestrahlung verdankt das ganze irdische Leben seine Entfaltung und Erhaltung. Sie bestimmt nicht nur Tag und Nacht, sondern mit ihrem Himmelslauf auch die Jahreszeiten. Die Erde würde ohne die Sonnenwärme bald von einem dicken Eispanzer umgeben sein. Die Vorgänge auf der Sonne bestimmen in hohem Maße die Vorgänge auf der Erde. Die Sonne ist „unser Stern“, denn alle Fixsterne sind Sonnen, und sie bietet auch schon dem mit entsprechendem Blendglas versehenen bloßen Auge eine ansehnliche Scheibe dar. Vor allem aber offenbart sie den Astronomen und Astrophysikern mit Hilfe ihrer Spezialgeräte weitgehenden Auf- und Einblick in die erregenden Besonderheiten eines Sterns. Wir wollen aus diesem Grunde auch unseren Feldstecher einmal auf die Sonne richten und zusehen, was wir damit erkennen können. Wie das zu geschehen hat, ist auf Seite 33 genau erläutert worden. Vor allen Dingen sei noch einmal dringend vor einem ungeschützten Blick in die Sonne gewarnt! Das ist schon mit dem unbewaffneten Auge nicht möglich, wieviel weniger mit einem Feldstecher oder gar einem Fernrohr. Schwere Augenschädigungen wären die Folgen einer solchen Unachtsamkeit. Man verwende auch nicht irgendwelche beliebigen Blendscheiben, sondern man halte sich an die Vorschriften, welche bei den einzelnen Beobachtungsmethoden angegeben worden sind. Für den einzelnen ist die Blendglasmethode vorzuziehen; beobachtet eine ganze Gruppe von Personen, etwa bei einer Sonnenfinsternis, dann ist die Projektionsmethode anzuraten. Eine Aufstellvorrichtung ist zu empfehlen, besonders dann, wenn man genauere Beobachtungen machen will, beispielsweise das Zählen von Flecken oder Beobachtungen mit dem Zusatzfernrohr.

Richten wir nun unser mit Blendgläsern ausgerüstetes Fernglas auf die Sonne oder bilden wir das Bild in der beschriebenen Weise (Abb. 20) auf einen weißen Schirm ab, so ist zunächst folgendes zu bemerken: Die Sonne erscheint an ihrem Rande weniger hell als in der Mitte. Das ist

bereits eine sehr wichtige Beobachtung, die wir da machen. Wir sehen nämlich daran, daß der sehr stark leuchtende Ball der Sonne mit einer Gashülle umgeben sein muß. Da am Rande die Lichtstrahlen durch diese Gashülle einen längeren Weg machen müssen (genau so wie bei den Gestirnen in Horizontnähe, sie erscheinen dort auch lichtschwächer als hoch oben am Himmel), so erscheint die Sonne an ihrem Rande weniger hell als in der Mitte. Wir können also direkt von einer Sonnenatmosphäre sprechen, die sich um den fast 6000° heißen Sonnenball befindet. Die astrophysikalischen Beobachtungen lassen auch den feineren Aufbau dieser Sonnenhülle und der darunterliegenden Oberflächenschichten erkennen und geben uns genauen Aufschluß über die Natur der auf der Sonne leuchtenden Gase und chemischen Baustoffe sowie über die dort obwaltenden Vorgänge gigantischen Ausmaßes.

Zu manchen Zeiten erkennen wir mit unserem Glas dunkle Flecken und Punkte auf der hellen Sonnenscheibe, die Sonnenflecken. Sie wurden erstmalig bereits kurz nach der Erfindung des Fernrohrs, um 1610, entdeckt. Große Sonnenflecken sind sehr wahrscheinlich aber bereits viel früher von scharfsichtigen Beobachtern erkannt worden, z. B. bei der teilweisen Abschirmung der Sonne durch Rauch, Dunst oder Nebel. Die große in Abbildung 37 dargestellte Fleckengruppe war auf diese Weise zu erkennen und hat allgemeine Beachtung gefunden. Eingehend hat sich mit ihnen dann erst viel später ein Liebhaberastronom beschäftigt, der Apotheker SCHWABE in Dessau, der sie in den Jahren 1828 bis 1868, also 40 Jahre lang, beobachtete. An Hand dieser großen Beobachtungsreihe konnte er bereits damals feststellen, daß nicht immer gleichviele Flecken zu sehen sind, daß vielmehr mitunter gar keine erscheinen und dann wieder in manchen Jahren sehr viele. Es gelang SCHWABE, eine gewisse Periode im Auftreten der Sonnenflecken zu ermitteln; diese Arbeit hat dann der Sonnenforscher R. WOLF in Zürich fortgesetzt und die Periode aus allen Beobachtungen bis zum Jahre 1615 rückwärts zu durchschnittlich 11,1 Jahren ermittelt. Die Zahl der Jahre von einem Maximum bis zum anderen beträgt also im Mittel 11, es kommen aber auch erhebliche Abweichungen vor bis zu 7 Jahren kleinstem und bis zu 17 Jahren größtem Abstand der einzelnen Maxima.

Zur Zeit eines Sonnenfleckenmaximums können die Fleckenzahlen auch im Feldstecher beachtlich groß sein. Wie leistungsfähig die verschiedenen Typen von Feldstechern in dieser Hinsicht sind, soll eine Beobachtungsreihe vom 23. Juni 1937 kennzeichnen, die der Verfasser in Jena an fünf ZEISS-Feldstechern gewonnen hat:

Glas	Vergr.	Öffnung mm	Grup- pen	Flek- ken	Bemerkungen
Silvamar	6×	30	6	13	} Große Fackelgebiete gut sichtbar
Deltrentis	8×	30	7	18	
Dekarem	10×	50	9	25	
Telonar	12×	40	9	32	} Fackeln und Granulation sehr gut sichtbar
Telarem	18×	50	10	50	

Zur Beobachtung wurden ZEISS-Sonnengläser „dunkel“ benutzt und die Feldstecher selbst in einem Stativ eingespannt. Abbildung 34 zeigt den Anblick der Sonne am 6. Oktober 1937.

Die „Himmelsrichtungen“ auf der Sonne sind in den Abbildungen 35 und 36 dargestellt: bei der Beobachtung mit bloßem Auge durch ein Blendglas sowie mit dem Feldstecher, Spektiv und Aussichtsfernrohr erscheint die Sonne so wie in Abbildung 35, d. h., Osten ist links, Westen

Abb. 34 Sonne im Feldstecher 6 × 30, Blendgläser, 6. 10. 1937, 11^h

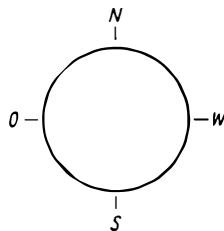
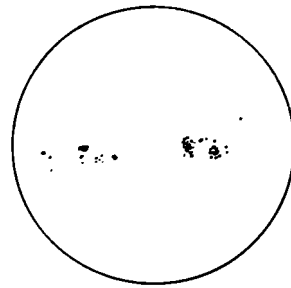


Abb. 35

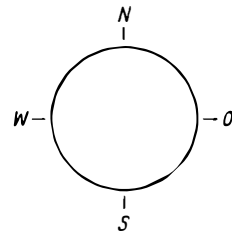


Abb. 36

Abb.35 Orientierung des Sonnenbildes bei der Beobachtung mit bloßem Auge, mit dem Feldstecher, Spektiv und Aussichtsfernrohr

Abb.36 Orientierung des Sonnenbildes bei dessen Betrachtung auf dem Projektionsschirm

rechts, Norden oben und Süden unten. Etwas anders wird es, wenn wir das Projektionsbild auf dem weißen Schirm ansehen, hier sind Osten und Westen vertauscht, Norden und Süden bleiben (Abb.36). Bei der mehr-tägigen Verfolgung der langsamen Wanderung der Sonnenflecke (s. u.) sind diese Richtungen daher zu beachten!

Gelingt es, durch ein entsprechendes Filterglas einen Sonnenfleck mit bloßem Auge zu sehen, so ist derselbe mindestens 4mal so groß wie die Erde, er hat also wenigstens 50000 km Durchmesser (Abb.37, 38). Die Flecken sind Gebiete verminderter Temperatur und stellen Zentren großer Wirbelbewegungen und starker Magnetfelder dar. Alle diesbezüglichen Untersuchungen deuten darauf hin, daß die Flecken durch Prozesse im Sonnenkörper selbst ausgelöst werden.

Die Lebensdauer eines Fleckes ist sehr verschieden. Sehr große Flecken überdauern oft mehrere Sonnenrotationen, und man kann mit ihrer Hilfe eine weitere interessante Feststellung treffen, nämlich die Bestimmung der Drehungszeit der Sonne um ihre Achse. Erscheint ein Fleck an irgendeinem Tage am östlichen Sonnenrand, so rückt er von Tag zu Tag ein

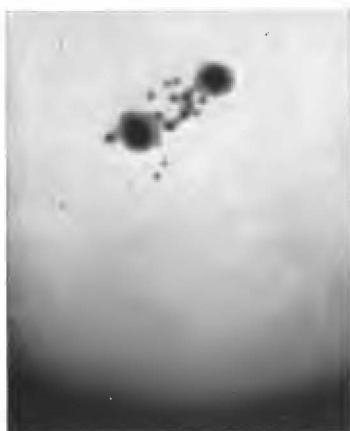


Abb. 37

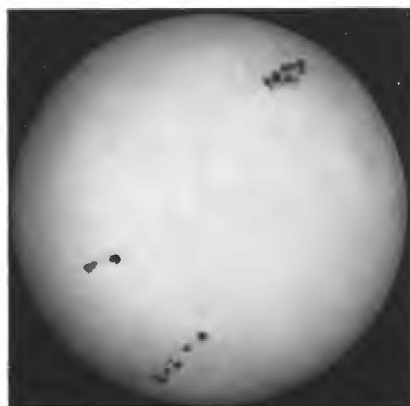


Abb. 38



Abb. 37 und 38 Sonnenflecke vom 6. 1. 1940 und 30. 7. 1946. Der eingezeichnete Maßstab (Abstand Erde-Mond) kennzeichnet die riesige Ausdehnung der Gruppe in Abb.37 (270000 km Länge). Derartige Flecken sind für Feldstecherbeobachtungen lohnende Objekte (Aufn. des Verf.)

Stück weiter nach dem westlichen Rand und verschwindet dort am 13. Tage. Wenn wir ihn dann am 26. oder 27. Tage am östlichen Rand wieder auftauchen sehen, so hat er eine ganze Umdrehung der Sonne von 27 Tagen überdauert.

Eines der eindrucksvollsten Schauspiele, das uns der Himmel zu bieten vermag, ist eine Sonnenfinsternis, besonders wenn dabei ein größerer



Abb. 39 Totale Sonnenfinsternis vom 15. 2. 1961. Die Korona (Atmosphäre der Sonne) umgibt die vom Mond verdeckte helle Sonnenscheibe (Aufn. KLAUS LÖCHEL, Jena, mit ZEISS-Amateurfernrohr 63/840 mm auf Brač, Jugoslawien)

Teil der Sonne vom Monde bedeckt wird. Bei einem solchen Ereignis werden sich fast immer Schaulustige an einem Fernrohr zusammenfinden, und so ist es auch für den Himmelsfreund, der mit dem Feldstecher beobachten will, ratsam, in diesem Fall die Projektionsmethode anzuwenden. Eine Sonnenfinsternis ist immer ein sehr eindrucksvoller Vorgang, und die wissenschaftlichen Beobachter, die bei Expeditionen zu totalen Finsternissen (Abb.39) in den wenigen Minuten, oft sogar nur Sekunden, wichtige Aufgaben haben, müssen sich sehr zusammennehmen, um nicht, von dem Schauspiel überwältigt, ihre Handgriffe an den Instrumenten zu versäumen. Auch eine teilweise Sonnenfinsternis mit größerer Bedeckung (Abb.3 und 105 bis 107) hinterläßt schon einen nachhaltigen Eindruck. Immerhin kann aber hier auch der Freund der Himmelskunde wertvolles Material sammeln durch genaue Beobachtung der Kontakte, d. h. der genauen Berührungszeiten von Sonne und Mond, und

zwar des Eintritts des dunklen Mondes in die helle Sonnenscheibe und dann am Ende der Finsternis den umgekehrten Vorgang. Diese Berührungen lassen sich aber direkt, d. h. mit den Blendgläsern, genauer beobachten als auf dem Schirm. Zu erwartende Sonnen-(und Mond-) Finsternisse findet der Leser z. B. in dem „Kalender für Sternfreunde“ von P. AHNERT.

Sowohl die Sonnenvorgänge selbst als auch die Berührungen bei den Finsternissen lassen sich noch genauer beobachten, wenn man ein Zusatzfernrohr benutzt. Da man bei der Sonne die größte Lichtfülle hat, kann man in diesem Fall auch die stärksten möglichen Vergrößerungen anwenden. Man wird bei einem Feldstecher 6×30 auf 18- bis 24fache, bei einem 8×30 auf 24- bis 32fache, bei einem 10×50 auf 40- bis 50fache Vergrößerung gehen können und noch gute Bilder erhalten. Es kommt dabei sehr auf die Korrektur des Feldstecherobjektivs an (S. 16 und 17). Unter Umständen kann man die Bildgüte durch Abblenden desselben erhöhen. Da man in diesem Fall der Beobachtung immer nur eines der beiden Feldstecherrohre benutzen wird, so decke man das nichtbenutzte ganz ab. Mit dem Zusatzfernrohr sind je nach der Vergrößerung auch kleinere Flecken, die Granulation (Körnung der Sonnenoberfläche) und die Fackeln (helle Lichtadern in der Nähe des Sonnenrandes, besonders in der Umgebung von Sonnenflecken) gut zu sehen. Man kann selbstverständlich mit dem Zusatzfernrohr auch projizieren und erreicht dann schon in kürzeren Abständen vom Instrument stärker vergrößerte Sonnenbilder. Zum Schluß sollen noch einige wissenswerte Angaben von der Sonne beigefügt werden:

Durchmesser: 1391000 km (109mal Erde);

Masse: 333 434 Erdmassen;

Volumen 1,3millionenmal Erde;

Schwere an ihrer Oberfläche 28mal größer als auf der Erde;

Oberflächentemperatur 5713 °C; Mittelpunktstemperatur etwa 15 Millionen Grad; Temperatur der Flecken etwa 4500°;

Rotation in mittlerer heliographischer Breite (Helios = Sonne) 27 Tage;

Entfernung Anfang Januar 147 Millionen km;

Entfernung Anfang Juli 151 Millionen km.

Die Sonne steht etwa 33000 Lichtjahre vom Zentrum des Milchstraßensystems ab und befindet sich rund 50 Lichtjahre nördlich seiner Hauptebene, im äußeren Teil eines Spiralarms. Unter den Sternen ihrer Umgebung bewegt sie sich mit rund 20 km pro Sekunde auf einen Punkt im Sternbild des Herkules zu, der Apex genannt wird. Mit den Sternen ihrer Umgebung zusammen vollführt sie eine Rotation um das Milch-

straßenzentrum; bei 250¹ km Geschwindigkeit in der Sekunde dauert ein solcher Umlauf etwa 248 Millionen Jahre (galaktisches Jahr, von griech. Galaxis, Milchstraße).

Im Zentrum der Sonne werden bei einer Temperatur von etwa 15 Millionen Grad durch eine Reihe von Atomkernprozessen pro Sekunde 564 Millionen Tonnen Wasserstoff in 560 Millionen Tonnen Helium umgewandelt. Der größte Teil der restlichen 4 Millionen Tonnen wird als Strahlungsenergie von der Sonne ausgesandt: Licht und Wärme (neben anderen Strahlungen), die wir erhalten. Umgerechnet entstehen bei der Umwandlung von 1 g Wasserstoff 170 000 Kilowattstunden; die Gesamtausstrahlung der Sonne pro Sekunde beträgt 400 000 Trillionen Kilowatt.

1 Neue Werte! D. V.

6. Mond

Der Mond ist als Trabant der Erde der uns nächste Himmelskörper. Schon das bloße Auge erkennt auf ihm eine größere Zahl von Einzelheiten, helle und dunkle Stellen. Sein Abstand von der Erde beträgt rund 400 000 km, so daß ihn ein 4faches Glas auf 100 000, ein 6faches auf 67 000, ein 8faches auf 50 000, ein 10faches auf 40 000 und ein 15faches Glas auf 27 000 km nahebringt. Er befindet sich also schon bei der Anwendung bescheidener optischer Mittel in geringem scheinbarem Abstand, und ein ruhig aufgestellter 8facher Feldstecher vermag schon eine Fülle von Einzelheiten auf seiner Oberfläche zu zeigen. Man erblickt hier eine gegenüber der unsrigen ganz anders geartete Welt. Zur Beobachtung von Einzelheiten ist ein Stativ unerlässlich; bei größeren Mondphasen, besonders um den Vollmond herum, sind Gelbgläser von Nutzen, um die Augen nicht zu blenden.

Die zuerst auffallenden grauen Flächen der Mondscheibe sind die „Mare“¹. Astronomen früherer Jahrhunderte glaubten in diesen großen dunklen Flächen wirkliche Meere zu sehen. Indessen hat sich nun längst herausgestellt, daß es auf dem Mond kein Wasser gibt, er besitzt ferner auch keine Lufthülle, die sich optisch nachweisen läßt. Erst radioastronomisch war eine sehr geringe Elektronenkonzentration (als Verdichtung des interplanetaren Gases) als „Mondatmosphäre“ nachzuweisen. Infolgedessen zeigen sich auf ihm auch keine Dunst- oder Wolkenerscheinungen, seine Oberfläche liegt immer klar vor unseren Augen. Daß wir von ihm immer nur eine Seite sehen, ist kein Beweis dafür, daß er sich nicht dreht, sondern sagt uns, daß er zu einer Achsendrehung und zu einem Erdumlauf die gleiche Zeit braucht. Dieser Zustand wird als „gebundene Rotation“ bezeichnet. Außerdem steht die Rotationsachse des Mondes fast senkrecht auf der Mondbahnebene; der Neigungswinkel beträgt nur $6\frac{1}{2}^\circ$. Die „Mare“ sind Flächen wüstenähnlichen Charakters, die von größeren Erhebungen frei sind. Sie verleihen der Mondoberfläche ihr charakteristisches Aussehen und haben zu allerlei Volksmärchen Anlaß gegeben.

1 Lat. mare = Meer.

RICCIOLI hat 1651 die meisten dieser Gebilde mit Namen belegt (s. d. Mondkarte Abb.40 und „Gebilde der Mondoberfläche“ S.73): Oceanus, Procellarum, Mare Humorum, Nubium, Imbrium, Frigoris, Serenitatis, Vaporum, Tranquillitatis, Crisium, Foecunditatis, Nectaris.

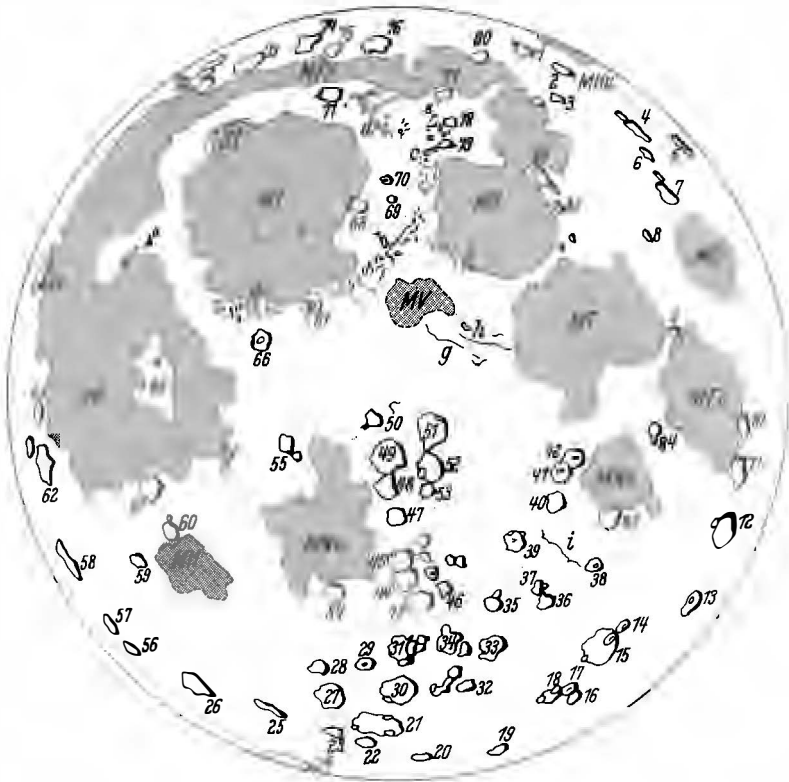


Abb.40 Mondkarte mit besonders auffälligen Gebilden der Mondoberfläche (s. deren Zusammenstellung auf S. 73)

Die interessantesten Gebilde der Mondoberfläche sind zweifellos die zahlreichen „Mondkrater“ verschiedener Größe und Gestalt, die meisten kreis- oder nahezu kreisförmig. Es sind alle Größen vertreten von der auch mit großen Instrumenten kaum erkennbaren Pore bis zum vielgestalteten Ringgebirge mit 300 km Durchmesser. Ihre Entstehung verdanken sie wahrscheinlich dem Aufsturz von Meteoriten mit z. T. nachfolgendem Aufquellen von Lava aus dem Inneren. Auch die erdabge-

wandte Mondhälfte zeigt die gleichen Oberflächenerscheinungen. Als dritte bemerkenswerte Oberflächenformation besitzt der Mond auch Kettengebirge, die in ihrem Aufbau den großen Gebirgszügen der Erde einigermaßen ähnlich sind, und die zum Teil auch nach irdischen Gebirgen benannt wurden.

Wir wollen jetzt einmal einen Ausflug nach dem Monde machen und uns an Hand unserer optischen Hilfsmittel einen Überblick über die Mondoberfläche verschaffen. Einmal im Monat zieht der Mond längs des Tierkreises um den ganzen Himmel, uns dabei seine wechselnden Lichtgestalten vorführend (Abb. 41). Die bemerkenswerten Erhebungen seiner Oberfläche werden wir immer an der Lichtgrenze finden, jener Linie, die Tag und Nacht auf dem Monde trennt. Infolge des langen Schattenwurfs

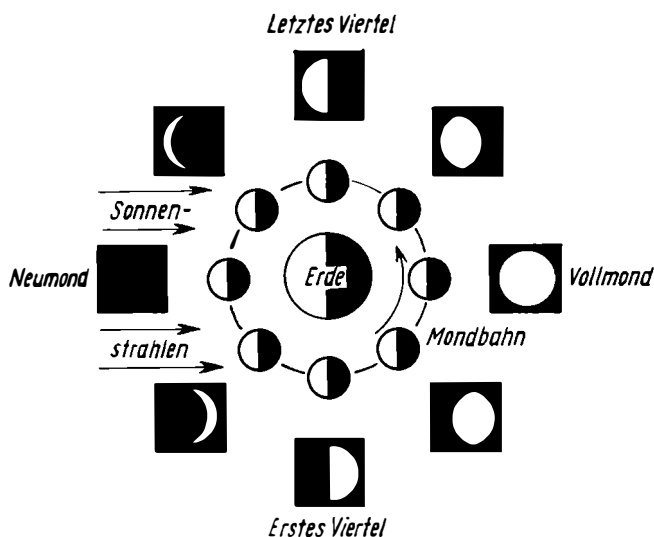


Abb. 41 Entstehung der Lichtgestalten (Phasen) des Mondes nach einer Zeichnung von K. ULLERICH, Burg bei Magdeburg. (Mit frdl. Genehmigung des Verlages „Neues Leben“, Berlin)

an dieser Grenze treten die Bergspitzen und Kraterwälle geradezu plastisch deutlich hervor und bieten mitunter einen märchenhaft schönen Anblick. Da der Mond praktisch keine Lufthülle besitzt und somit infolge der fehlenden Zerstreuung des Lichtes keine Halbschatten und keine Dämmerung auftreten, werfen alle Gebilde tiefschwarze Schatten, die so scharf ausgeprägt sind, daß man mit ihrer Hilfe sogar die Höhen der

Gebirge messen kann. Man fand auf diese Weise auf dem Mond Erhebungen bis zu 9000 m Höhe. Bei höherem Sonnenstand, besonders um den Vollmond herum, verschwinden die Schatten völlig, weshalb zur Vollmondzeit ein Studium der Erhebungen unmöglich ist.

Zur Zeit des Neumondes befindet sich der Mond zwischen Sonne und Erde und wendet uns seine unbeleuchtete Seite zu. Er ist daher, außer bei Sonnenfinsternissen, unsichtbar (Abb. 41). Etwa $1\frac{1}{2}$ bis 2 Tage nach dem Neumond erscheint am westlichen Abenddämmerungshimmel eine schmale Sichel. Da diese schmale Sichel in der Nähe der Untergangsstelle der Sonne steht, so findet man sie im Hochsommer am nordwestlichen, im Frühjahr und Herbst am westlichen und im Winter tief am südwestlichen Himmel.

Auf der hellen Mondsichel ist das erste auffallende Gebilde, das wir kennenlernen, eine große ovale graue Fläche im nördlichen Teile, das Mare Crisium (Meer der Gefahren). Es ist eine große Walltieffläche mit einer westöstlichen Breite von 580 km, die jedoch infolge der Randverkürzung kleiner erscheint als die nordsüdliche Ausdehnung von etwa 450 km. Unterhalb des Mare Crisium, also nach Süden zu, sieht man eine Reihe von Riesenkratern; diese sind von oben nach unten: Langrenus (10)¹, Vendelinus (11), Petavius (12) und Furnerius (13). Die Dimensionen einiger bedeutender Mondgebilde sind am Schluß des Mondkapitels verzeichnet. Die hier erwähnten Oberflächengebilde zeigt die kleine beigegebene Mondkarte (Abb. 40).

Um diese Zeit sieht man indessen außer der schmalen, hell von der Sonne beleuchteten Sichel auch die ganze übrige Scheibe des Mondes in einem ganz schwachen Licht leuchten. Dieses „aschgraue Mondlicht“ (s. dazu Abb. 110), wie man es nennt, stammt von der Erde, wie zuerst LEONARDO DA VINCI richtig erkannt hat, denn um diese Zeit hat die uns zugewandte Mondhälfte fast „Vollerde“ an ihrem Himmel und erleuchtet jene genau so wie uns der Vollmond, nur weit stärker. Die gute Sichtbarkeit dieses schwachen Lichtes hängt sehr wesentlich von dem Zustand unserer irdischen Lufthülle und der Höhe des Mondes über dem Horizont ab; es scheint ferner, wie schon GALILEI und SCHRÖTER angaben, für den europäischen Beobachter das aschgraue Licht des alten abnehmenden Mondes heller zu sein als das des jungen zunehmenden, was darin zu suchen ist, daß jener sein Licht vornehmlich von den hellstrahlenden Landflächen Asiens, dieser aber von dem dunkler reflektierenden atlantischen Ozean erhält.

1 Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf die Nummern der Gebilde der Mondkarte.

Ganz abgesehen davon, daß die schmale hellstrahlende Sichel „im Arme des großen Mondes“ an sich schon eine reizvolle Erscheinung ist, kann man auch mancherlei wesentliche Beobachtungen daran anstellen. Ganz auffallend ist z. B. die Erscheinung der Überstrahlung (Irradiation), indem die helle schmale Sichel im Durchmesser größer erscheint als die schwach beleuchtete übrige Mondscheibe: selbstverständlich eine Täuschung unseres Auges. Im Feldstecher und Fernrohr kann man bei guter Sichtbarkeit des aschgrauen Lichtes helle und dunkle Flecke in demselben beobachten, es sind dies die markantesten Gebilde der Mondoberfläche, wie die großen dunklen Mare und einige hellstrahlende Krater (Kepler, Aristarch), die wir noch kennenlernen. Auf die Sichtbarkeit solcher Gebilde achte man ganz besonders. Die Beobachtung des aschgrauen Lichtes gelingt in Europa am besten bei den hochstehenden schmalen Sichel; im Frühjahr abends (Abb. 110), im Herbst morgens.

Der 3. und 4. Montag (Abb. 42) lassen auf der bereits wesentlich breiter gewordenen Sichel weitere Einzelheiten erkennen. Südlich des Mare Crisium finden wir die nicht so regelmäßig gestaltete Fläche des Mare



Abb. 42 Der Mond im Alter von 3 bis 4 Tagen
(Aufn. des Verf.)

Foecunditatis (Meer der Fruchtbarkeit), westlich flankiert von dem schon erwähnten Riesenkater Langrenus, nordöstlich von den Kratern Gutenberg und Goclenius (Abb. 42). Der 5. Tag nach dem Neumond enthüllt uns bereits Formen von großer Schönheit. Aus dem Dunkel der Nacht taucht im Norden das große Mare Serenitatis auf (Meer der Heiterkeit), über ihm die beiden Riesenkater Aristoteles (77) und Eudoxus (78). Am

nordwestlichen Rande des Mare Serenitatis finden wir den Krater Posidonius (81). Unmittelbar an das Mare Serenitatis schließt sich das Mare Tranquillitatis (Meer der Ruhe) an, mit einer Reihe von Kleinkratern in seinem Inneren. Noch weiter südlich setzt stark zerklüftetes Bergland ein, das nur noch einmal unterbrochen wird durch das kleine Mare Nectaris (Nektarmeer), an dessen östlichem Rand wir eine Reihe der wichtigsten Bergformationen des Mondes finden: die drei großen zusammenhängenden Krater Theophilus (42), Cyrillus (41) und Catharina (40), auf Abbildung 42 zu erkennen. Das stark zerrissene Bergland erstreckt sich bis zur südlichen Sichelspitze. Der 6. Tag läßt dieses Bergland, übersät mit einer Unmenge von Kratern aller Arten und Formen, noch eindrucksvoller hervortreten.

Im Alter von etwa $7\frac{1}{2}$ Tagen ist der Mond zur Hälfte von der Sonne beleuchtet, wir haben Erstes Viertel, für die Beobachtung im Fernrohr eine der günstigsten Zeiten (Abb. 43). Mächtig türmen sich die Wälle des südlichen Kratergewirres, das nördliche Meer der Heiterkeit ist völlig gerundet und an seiner östlichen Seite von Bergwällen umgeben, die uns deutlich einen Kettengebirgscharakter verraten. Nach Norden, direkt auf die beiden Krater Aristoteles (77) und Eudoxus (78) zu, verläuft der Kaukasus (c); vom östlichen Rande des Meeres der Heiterkeit nach Südosten zu verlaufen noch in das Dunkel der Nacht hinein die Apeninnen (b), der südöstliche und südliche Rand des Meeres der Heiterkeit wird vom Haemusgebirge (e) gebildet.

Mit jedem neuen Tag rückt die Lichtgrenze weiter nach Osten zu und läßt neue gewaltige Eindrücke entstehen. Der 8. und 9. Tag enthüllen zunächst im Norden die Alpen, in denen man mit einer stärkeren Fernrohrvergrößerung ein sehr eigenartiges Quertal sieht, südlich davon als Süd- und Südwestrand des neu auftauchenden Mare Imbrium (Regenmeer) die Apeninnen (b), einer der großartigsten Gebirgszüge des Mondes. Im Westteil des Mare Imbrium finden wir ein auffallendes Dreieck großer Krater: der nördlichste davon ist Aristillus (70), darunter Autolycus (69), und östlich den größten, Archimedes (68). Weiter nach Süden zu finden wir die riesigen Ringgebirge Ptolemäus (49), Alphonsus (48), Arzachel (47), die eine ähnliche Dreiheit bilden wie am 5. Tage Theophilus, Cyrillus und Catharina am Mare Nectaris.

Der 10. Mondtag (Abb. 44) bringt einige Formen von großartigster Gestaltung: hoch im Norden zunächst am Ostrand der Alpen (d) und am Nordrand des Mare Imbrium die dunkle Wallebene Plato (71), ein auffallendes Gebilde. Am Südostrand des Mare Imbrium, unterhalb des neu erschienenen Karpatengebirges, fällt eines der herrlichsten Ringgebirge des Mondes auf: Copernicus (66), ein in seinem mehrfachen Wallaufbau

äußerst regelmäßig gestaltetes Ringgebirge von 90 km Durchmesser. Die Wälle ragen gegen 3300 m empor. Südlich von Copernicus wird das Mare Nubium sichtbar (Wolkenmeer), und noch südlicher finden wir eine Reihe von Kratergroßformen. Diese Mondlandschaft zeigt in starker Vergröße-



Abb. 44

Abb. 43

Abb. 43 Der Mond im Alter von $7\frac{1}{2}$ bis 8 Tagen (Erstes Viertel). Aufnahme von G. LOIBL. Anblick im stark vergrößernden Feldstecher bzw. kleinen Fernrohr Asiola, s. S. 28)

Abb. 44 Der Mond im Alter von 9 bis 10 Tagen. Aufnahme von FR. PAUSCH und N. NICOLAI, Sonneberg. Links und unten die „umstrahlten“ Ringgebirge Kopernikus und Tycho

rung Abbildung 45 nach einer Aufnahme des Verfassers vom 18. April 1929. Als eines der deutlichsten Gebilde fällt der umstrahlte Krater Tycho (29, Wallhöhen bis 5100 m, höher als der Montblanc) auf: die von ihm ausgehenden hellen Strahlen verlaufen radial über einen großen Teil der Mondoberfläche. Bei Vollmond ist diese Erscheinung besonders gut zu sehen. Ein ähnliches Strahlensystem zeigt auch Copernicus (66). Genau südlich von Tycho finden wir eines der größten Ringgebirge des Mondes, Clavius (21), mit einem Durchmesser von 250 km. Er hat sowohl auf seinem Wall als auch in seinem Inneren noch mehrere kleinere Krater.

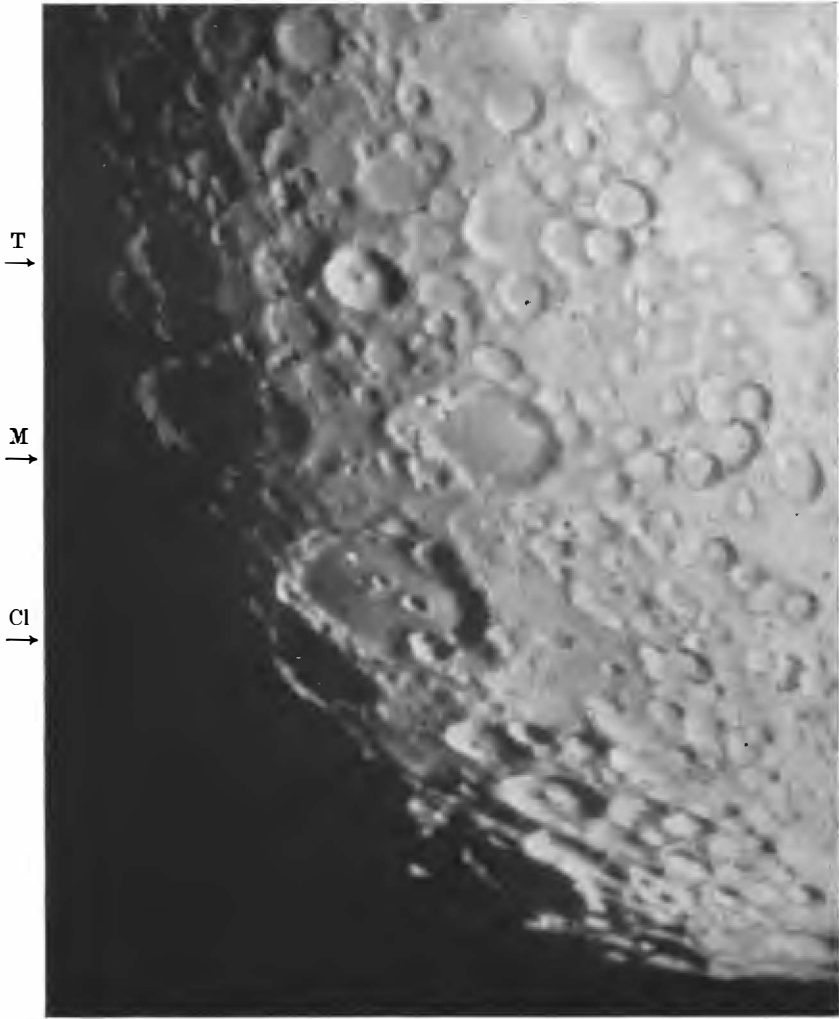


Abb. 45 Mondlandschaft bei den Ringgebirgen Clavius (C, 21) und Tycho (T, 29 auf der Mondkarte Abb. 40). Zwischen Clavius und Tycho das Ringgebirge Maginus (M, 30). Starke Vergrößerung (Aufn. des Verf. am 18. 4. 1929)

Bis zum 14. Tage noch nimmt der Mond zu, bis er schließlich als Vollmond vollkommen gerundet vom Himmel schaut (Abb. 46). Alle Einzelheiten sind dann vom vollen Sonnenlicht überflutet. Nur das allgemein

helle Gebirgsland und die dunklen Ebenen der Mare beleben das Bild und verleihen der Mondscheibe ihr charakteristisches Gepräge. Über große Teile der Oberfläche ziehen die weißen Strahlen der Krater Copernicus (66), Tycho (29) und Kepler (65, im Oceanos Procellarum) am Ostrand. Ganz nahe beim Ostrand finden wir noch die beiden großen Ringgebirge Grimaldi (62, im Inneren teilweise dunkel wie die Wallebene Plato) und Riccioli (54).

Die Helligkeit des Vollmondes ist so erheblich, besonders in Feldstechern mit großen Objektiven, daß er ganz ordentlich blenden kann. Zum Schutze der Augen bei der Beobachtung sind in der Zeit von einigen Tagen vor bis nach dem Vollmond Gelbgläser zu empfehlen, die auch manche Einzelheiten im Vollmondbilde besser hervortreten lassen; wenn man diese nicht besitzt, blende man die Objektive bis auf 20 oder 24 mm ab. Die Beobachtung des Vollmondbildes hat auch ihre Reize. Man hat dann sozusagen einen Blick auf eine andere Weltkugel von ganz eigenartiger Oberflächengestaltung. Die Strahlen des Kraters Tycho (29) nahe beim Südpol des Mondes erwecken oft den Eindruck von Rissen einer gesprungenen Glaskugel. Die vielen Gestalten, welche die Volksmeinung auf die Mondscheibe versetzte, verschwinden sofort selbst bei der geringsten angewandten Vergrößerung.



Abb. 46 Vollmond (Aufn. des Verf.)

Wie bereits erwähnt, dreht sich der Mond in der gleichen Zeit einmal um seine Achse, in der er sich einmal um die Erde bewegt, so daß wir immer, von kleinen Schwankungen abgesehen, nur eine Seite von ihm sehen.

Diese kleinen Schwankungen jedoch, die „Librationen“ genannt werden, sind die Ursache dafür, daß wir insgesamt 59% der Mondoberfläche durch wechselndes Auftauchen von Randgebieten erblicken können. Die „Libration in Länge“ wird durch die Ungleichförmigkeit der Bahnbewegung des Mondes verursacht; er läuft im Perigäum (erdnächster Bahnort) rascher als im Apogäum (erdfernster Bahnort). Seine Rotation ist aber stets gleichförmig und gleich der mittleren Umlaufszeit um die Erde. Dadurch erscheint der Mond einmal mehr nach Osten, ein andermal mehr nach Westen „verdreht“, im Maximum um $7,9^\circ$. Das kleine Mare Crisium nahe dem Westrand ist ein sehr auffälliger Anzeiger für diese Ost-West-Libration.

Die „Libration in Breite“ hat ihre Ursache darin, daß die Drehachse des Mondes nicht genau senkrecht auf seiner Bahnebene steht (Neigungswinkel etwa $6\frac{1}{2}^\circ$). Daher kann man je einmal im Laufe eines Monats in Zwischenzeiten von 13 bis 14 Tagen etwas mehr über den Nordpol und dann mehr über den Südpol des Mondes blicken, im Maximum bis zu etwa $6,8^\circ$.

Eine wechselnde Blickrichtung über alle Randgebiete des Mondes endlich wird durch die „parallaktische Libration“ bewirkt; infolge der verhältnismäßig geringen Mondentfernung ergibt sich von verschiedenen Stellen der Erdoberfläche aus ein etwas veränderter Blickwinkel, wenig über 1° . Da die Erdrotation einen Beobachter schon im Verlaufe eines Tages in verschiedene Stellungen zum Mond gelangen läßt und der Blickwinkel sich dadurch ebenfalls ändert, wird die parallaktische Libration auch als tägliche Libration bezeichnet.

Die durch alle Librationen sich wechselnd ändernde Sichtbarkeit der äußersten Randgebiete unseres Trabanten bietet auch schon dem Feldstecherbeobachter interessante Studien. Sowohl der „Kalender für Sternfreunde“ als auch das schweizerische Jahrbuch „Der Sternenhimmel“ (R. A. NAFF) geben Hinweise auf die Librationen in Länge und Breite.

Vom 15. Tag an beginnt der Mond wieder abzunehmen, und alle Objekte seiner Oberfläche werden nach und nach bei Abendbeleuchtung sichtbar, bevor sie in die 14tägige eisige Mondnacht versinken. So entspricht dann die Lichtgrenze vom 15. und 16. Tage etwa der des 1. und 2. Tages, der 17. Tag entspricht dem 3., der 18. und 19. dem 4. und 5., der 20. und 21. entsprechen dem 5. und 6., im Alter von 22 Tagen erreicht die Beleuchtung das Letzte Viertel, d. h., die Lichtgrenze halbiert den Mond wie im Alter von 7 bis 8 Tagen; der 23. und 24. Tag zeigen ähnliche Gebilde wie der 9. und 10. (Abb. 47, 48). Bald wird dann die Sichel immer schmaler, geht erst später nach Mitternacht auf, und schließlich kann man in der hellen Morgendämmerung kaum noch Einzelheiten auf ihr sehen. Im

Winter ist diese schmale Morgensichel tief im Südosten, im Herbst und Frühling im Osten und im Sommer im Nordosten zu finden. Da der Vollmond immer der Sonne gegenübersteht, so finden wir diesen im Sommer tief im Süden, und im Winter geht er hoch oben durch die Mittagslinie.

Ähnlich den Sonnenfinsternissen sind auch Mondfinsternisse (Abb.49) im Feldstecher lohnend zu beobachten. Besonders eindrucksvoll sind die totalen Mondfinsternisse. Nur in seltenen Fällen (s. Kapitel 11!) wird hierbei der Mond völlig unsichtbar. Fast stets leuchtet der verfinsterte Mond in kupferrotem Licht. Infolge der Brechung des Lichtes in der Erdatmosphäre gelangt ein Rest des vornehmlich roten Anteils des Sonnen-



Abb. 47



Abb. 48

Abb. 47 Der Mond im Alter von 22 Tagen (Letztes Viertel) (Aufn. des Verf.)

Abb. 48 Der Mond 4 Tage vor Neumond (Aufn. des Verf.)



Abb.49 Drei Phasenbilder der partiellen (teilweisen) Mondfinsternis vom 6./7. Juli 1963 (Aufn. d. Verf.)

lichtes auf den Mond. Mitunter sind auch grünliche Färbungen zu beobachten. Es hat sich gezeigt, daß die Lage der Erdschattengrenze weitgehend von optisch wirksamen Trübungen innerhalb der Erdatmosphäre abhängt. Daraus lassen sich wichtige Rückschlüsse auf die vertikale Ozonverteilung in der Erdatmosphäre ziehen.

Während des Vorrückens des Erdschattens sind daher Notierungen der „Schattenantritte“ an markanten Objekten der Mondoberfläche (Krater) sehr erwünscht, wozu Feldstecher mit starker Vergrößerung oder Erdfernrohre geeignet sind. Genaue Zeit, Ortsangabe des Mondobjekts und Ortsangabe des Beobachters sind zu notieren. Die genannten Zeitschriften bringen Vorausberechnungen von Schattenantritten.

Es kommt häufig vor, daß der Mond auf seiner monatlichen Wanderung um die Erde hellere Sterne bedeckt, man spricht dann von einer „Sternbedeckung“ durch den Mond. Er verursacht hier also eine Sternfinsternis, die, wenn es sich um helle Sterne oder gar um einen Planeten handelt, eine sehr reizvolle Erscheinung sein kann. In seiner Bahn bewegt sich der Mond stündlich um etwa seinen eigenen scheinbaren Durchmesser nach Osten. Im Fall einer Sternbedeckung also nähert sich der Mond einem Stern ganz langsam, und zwar als zunehmender Mond, mit seinem noch dunklen Ostrand (Abb. 50), als abnehmender mit dem hellen Ostrand. Bei

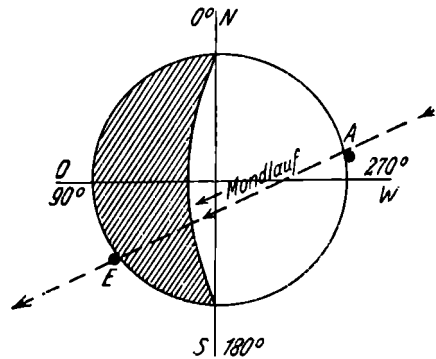


Abb. 50 Sternbedeckung durch den Mond. E = Eintritt, A = Austritt des Sterns an der Mondscheibe. Bezüglich der Angabe des Positionswinkels s. S. 139

zunehmendem Mond wird ein Stern also durch den dunklen Rand ausgelöscht, und zwar so urplötzlich, daß man förmlich überrascht ist. Da der Mond keine Lufthülle besitzt, die das Sternlicht allmählich abschwächen könnte (wie bei dem Auf- oder Untergang von Gestirnen am irdischen Horizont), so verschwindet oder erscheint ein Stern am Monde ruckartig

schnell. Geht der Mond zentral vor einem Stern vorüber, so erscheint dieser nach etwa 1 Stunde am westlichen Mondrand wieder, beim zunehmenden Mond am hellen, beim abnehmenden am dunklen Westrande. Durch genaue Beobachtung von Sternbedeckungen kann auch der Sternfreund der Wissenschaft erwünschtes Material liefern. Diese Beobachtungen dienen der ständigen Ermittlung eines genauen Mondortes. Das Studium der Mondbewegung zeigt Unregelmäßigkeiten, die sich mit der Theorie nicht in Einklang bringen lassen. Es ist eine möglichst auf Sekundenbruchteile genaue Ermittlung der Ein- bzw. Austrittszeit des Sterns erforderlich (genau gehende, nach Zeitzeichen gerichtete Taschenuhr, wenn möglich Zuhilfenahme einer Stoppuhr, die man im Augenblick des Ereignisses drückt). Gute Beobachtungsergebnisse kann man jeder Sternwarte mitteilen.

Als Folge der Raumfahrt und unter der Annahme, daß man auf der Mondoberfläche steht, sind die Richtungen Ost und West bei allen neuen Mondbeschreibungen gegenüber der herkömmlichen Bezeichnungsweise vertauscht worden. Damit ist auch eine Angleichung an die seit altersher gebräuchliche Anordnung der Erdkarten vorgenommen. Der Leser möge sich also nicht wundern, daß nunmehr das nahe dem bisherigen Westrand gelegte Mare Crisium sich jetzt nahe dem Ostrand befindet und der Oceanus Procellarum im Westteil.

Daß der Mond als erdnächster Körper ganz gewaltige physikalische Einflüsse auf der Erde hervorruft, dafür sind Ebbe und Flut ein Beispiel. Ein Einfluß auf gewisse *Großwetterlagen* scheint neuerdings in Abhängigkeit von den Phasen nachgewiesen zu sein. Daß der Mond aber „kalt mache“, liegt nicht etwa an ihm, sondern an der nächtlichen Ausstrahlung, die natürlich stärker ist, wenn der Himmel klar ist und der Mond sichtbar, sofern er am Himmel steht.

Einige bemerkenswerte Angaben über den Mond seien hier noch angeführt: Von der Erde ist der Mond 356 000 bis 407 000 km entfernt, im Mittel 384 410 km. Sein Durchmesser beträgt 3480 km, seine Dichte 3,44 der des Wassers oder 0,6 der Erde. Verglichen mit den Maßen der Erde ist seine Oberfläche $\frac{2}{27}$, sein Rauminhalt $\frac{1}{50}$, seine Masse $\frac{1}{81}$ und die Schwere an seiner Oberfläche $\frac{1}{6}$ der entsprechenden Werte für die Erde. Nach schon früher vorgenommenen Temperaturmessungen erhitzt sich der Mondboden zu Mittag der betreffenden Gegend bis auf $+130^\circ$ und kühlt sich um Mitternacht bis auf -150° ab.

Nach den Untersuchungen aller bisher weich auf dem Mond gelandeten Sonden sowie des zur Erde gebrachten Materials besteht die Mondoberfläche aus Gestein, das (zumindest an den bisherigen Landungsstellen) weitgehend unserem irdischen Basalt ähnlich ist.

Gebilde der Mondoberfläche (Text zur Mondkarte Abb. 40)

Meere:

MC	=	Mare Crisium, Meer der Gefahren
MFc	=	„ Foecunditatis, Meer der Fruchtbarkeit
MNe	=	„ Nectaris, Nektarmeer
MS	=	„ Serenitaris Meer der Heiterkeit
MV	=	„ Vaporum Meer der Dämpfe
MFr	=	„ Frigoris, Meer der Kälte
MI	=	„ Imbrium, Regenmeer
MT	=	„ Tranquillitatis Meer der Ruhe
OP	=	Oceanos Procellarum, Ozean der Stürme
MH	=	Mare Humorum, Meer der Feuchtigkeit
MNu	=	„ Nubium, Wolkenmeer
SI	=	Sinus Iridum, Regenbogenbucht

Gebirgszüge und Rillen

a = Karpaten	d = Alpen	g = Hyginusrille
b = Apenninen	e = Haemusgebirge	h = Ariadaeusrille
c = Kaukasus	f = Riphäen	i = Altaigebirge

Ringgebirge und Krater

1 De la Rue	29 Tycho (umstrahlt)	57 Lagrange
2 Endymion	30 Maginus	58 Darwin
3 Atlas	31 Orontius	59 Mersenius
4 Messala	32 Cuvier	60 Gassendi
5 Gauss	33 Maurolycus	61 Letronne
6 Geminus	34 Stöffler	62 Grimaldi (dunkel)
7 Cleomedes	35 Gemma Frisius	63 Hevelius
8 Proclus	36 Rabbi Levi	64 Otto Struve
9 Taruntius	37 Zagut	65 Kepler (umstrahlt)
10 Langrenus	38 Piccolomini	66 Kopernikus (umstrahlt)
11 Vendelinus	39 Sacrobosco	67 Erathostenes
12 Petavius	40 Catharina	68 Archimedes
13 Furnerius	41 Cyrillus	69 Autolycus
14 Metius	42 Theophilus	70 Aristillus
15 Janssen	43 Walter	71 Plato (dunkel)
16 Rosenberg	44 Regiomontanus	72 Pythagoras
17 Vlacq	45 Purbach	73 J. Herschel
18 Hommel	46 Aliacensis	74 Fontenelle
19 Manzinus	47 Arzachel	75 Epigenes
20 Moretus	48 Alphonsus	76 W. C. Bond
21 Clavius	49 Ptolemäus	77 Aristoteles
22 Blancanus	50 Moesting	78 Eudoxus
23 Scheiner	51 Hipparchus	79 Callipus
24 Bailly	52 Albategnius	80 Gärtner
25 Schiller	53 Parrot	81 Posidonius
26 Schickard	54 Riccioli	82 Le Monnier
27 Longomontan	55 Fra Mauro	83 Fracastor
28 Wilhelm I.	56 Piazzi	84 Pitatus

Größen einiger Mondgebilde

(Die eingeklammerte Zahl ist die des Objekts auf der Mondkarte. n-s. w-o = nord-südliche bzw. west-östliche Ausdehnung. WH = Wallhöhe).

Mare Crisium	n-s: 450, w-o: 580 km, 180000 km ² Fläche
Grimaldi (62)	n-s: 240, w-o: 200 km, 35000 km ² Fläche
Clavius (21)	248 km Ø, WH 4500–5100 m, 40000 km ² Fläche
Schickard (26)	223 km Ø
Gauss (5)	183 km Ø
Petavius (12)	173 km Ø, WH 3300 m
Ptolemäus (49)	161 km Ø, 23000 km ² Fläche
Langrenus (10)	158 km Ø, WH bis 3000 m, Zentralberg 900 m hoch
Maginus (30)	158 km Ø
Stöffler (34)	158 km Ø
Cleomedes (7)	149 km Ø, WH 2400–3000 m
Vendelinus (11)	148 km Ø
Endymion (2)	145 km Ø, WH bis 4500 m
Alphonsus (48)	143 km Ø
Posidonius (81)	124 km Ø, WH 1800 m
Maurolycus (33)	124 km Ø
Furnerius (13)	124 km Ø
Kepler (65)	35 km Ø, Ostrand 3000 m
Atlas (3)	WH 3300 m
Eudoxus (78)	WH 3000 m
Aristoteles (77)	WH 3300 m
Katharina (40)	n-s 118 km Ø
Theophilus (42)	100 km Ø, WH 5400 m, Zentralberg 1800 m hoch
Arzachel (47)	110 km Ø, WH 3900 m
Archimedes (68)	WH 1200 m
Copernicus (66)	90 km Ø, WH 3300 m, Zentralberge 1500 m hoch
Tycho (29)	85 km Ø, WH 5100 m (höher als der Mt. Blanc)
Höhen des Sinus Iridum (SI) bis 4500 m	

7. Planeten

Planeten (Wandelsterne) sind nächst Sonne und Mond in ihren erdnächsten Stellungen die hellsten Himmelskörper. Besonders Venus, der Abend- und Morgenstern, wird zu manchen Zeiten ihres „größten“ Lichtes so hell, daß sie an dunklen Stellen Schatten wirft. Merkur und Venus sind die beiden „inneren“ Planeten, d. h., sie kreisen innerhalb der Erdbahn um die Sonne und sind daher auch stets in ihrer Nachbarschaft zu finden. Merkur kann sich bis zu etwa 27° , Venus bis zu 45° in den größten „Elongationen“ (Abweichungen) von ihr entfernen (östliche Elongation = Abendsichtbarkeit; westliche Elongation = Morgensichtbarkeit). Merkur kann dann bis zu 2, Venus bis zu 4 Stunden nach der Sonne unter- oder vor ihr aufgehen. Der Astronom beobachtet die beiden Planeten vorwiegend am Tage. Merkur ist, trotzdem er in seinem größten Licht etwa als Stern der Größe -1.2 leuchtet, doch stets wegen seiner Horizontnähe ein schwieriges Objekt. Venus strahlt im größten Licht bedeutend heller, in der Sterngröße -4.2 , und sie ist dann, sofern sie nicht dem Horizont zu nahe steht, bei genauer Kenntnis ihres Ortes oft mit bloßen Augen am blauen Tageshimmel sichtbar. An Merkur können wir mit dem Feldglas keine Einzelheiten feststellen. Er ist nur wenig größer als unser Mond. Aber Venus, die fast Erdgröße besitzt, zeigt auch schon im kleinen Fernrohr wechselnde Lichtgestalten wie unser Mond, deren Beobachtung sehr reizvoll ist. In ihrer größten Erdnähe, wenn sie auch den scheinbar größten Durchmesser hat, sieht man bei 8- bis 10facher Vergrößerung bereits diese Sichel (Abb. 51), das Vorsatzfernrohr wird die Phasengestalten auch zu anderen Zeiten deutlich zeigen. Venus erscheint in ihrer größten Erdnähe (wobei sie zwischen Erde und Sonne steht) 6mal so groß wie in ihrer größten Entfernung jenseits der Sonne, nämlich $60'' = 1$ Bogenminute gegen nur $10''$.

Der erste Planet außerhalb der Erdbahn ist der *Mars*, dem das Interesse des Publikums in den letzten Jahrzehnten stets zugewandt war. Indessen zeigt er seine bemerkenswerten Oberflächengebilde erst in größeren Fernrohren, und mit dem Feldstecher und dem Vorsatzfernrohr

werden wir höchstens zu Zeiten seiner größten Erdnähe (deren nächste günstigste im Oktober 1973 eintritt) ein kleines gelbrotes Scheibchen sehen können. Zwischen Mars und Jupiter befindet sich der Ring mit der großen Schar der *Kleinen Planeten*, von denen man mit dem Feldstecher die helleren zu Zeiten ihrer Oppositionen aufsuchen kann. Hat man



Abb. 51 Sichelgestalt der Venus am 16. 3. 1961
(Aufn. des Verf.)



Abb. 52



Abb. 53

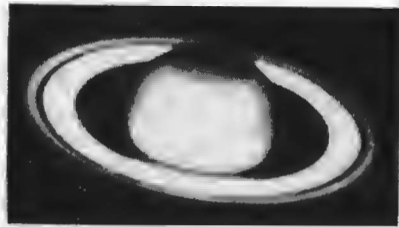
Abb. 52 Jupiter und seine vier hellsten Monde, Aufn. von R. HANKE (s. S. 135). Das Bild entspricht dem Anblick im Feldstecher mit Vorsatzfernrohr oder im Erdfernrohr bei 25- bis 30facher Vergrößerung

Abb. 53 Jupiter nach Aufnahme mit einem großen Spiegelteleskop

einen kleinen Planeten nach einer Aufsuchungstabelle „entdeckt“, so kann man bei einer längeren Schönwetterperiode seine Bewegung unter den Sternen beobachten. Der große Planet *Jupiter* (Abb. 52) ist eines der interessantesten Objekte. Der dem bloßen Auge als gelblicher heller Stern erscheinende Planet zeigt bereits im 6- und 8fachen Glase eine deutlich kleine Scheibe. Mit dem Vorsatzfernrohr oder einem stärker vergrößernden Handfernrohr sehen wir sie noch größer. Aber das Reizvollste sind die 4 großen Jupitermonde (von den im ganzen 12), die bereits der 8fache Feldstecher als winzige Sternchen dicht neben dem

Hauptplaneten zeigt. Bereits zwei Jahre nach der Erfindung des Fernrohrs, 1610, sah GALILEI diese Monde zum ersten Male und verfolgte in seinem unvollkommenen Fernrohr ihre Bewegungen; er sah ein Weltkugelspiel, das das kopernikanische Weltbild auf das glänzendste bestätigte. Mit Hilfe des Vorsatzrohres werden wir diese 4 Monde in ihren wechselnden Stellungen noch besser betrachten können. Bald stehen zwei rechts, zwei links, oft sind alle 4 auf einer Seite, manchmal sind auch nur 3 oder 2 sichtbar. Dieses wechselvolle Spiel fesselt stets aufs neue. Die Wolkenstreifen (Abb. 53) auf der Oberfläche des Jupiter sind im Feldstecher selbst nicht, im Zusatzfernrohr von 30facher Vergrößerung ab bei guter Luft mit 40 mm Hauptobjektiven des Feldstechers, besser mit einem der erwähnten Fernrohre stärkerer Vergrößerung zu erkennen. Indessen muß sich das Auge an die Wahrnehmung solcher etwas schwieriger Einzelheiten erst gewöhnen. Ab etwa 40- bis 50facher Vergrößerung fällt auch bereits die starke Abplattung der Planetenscheibe auf, denn

Abb. 54 Saturn nach Aufnahme mit einem großen Spiegelteleskop



infolge der raschen Umdrehung der Riesenkugel von elffacher Erdgröße in kaum 10 Stunden ist der Poldurchmesser des Planeten etwa $\frac{1}{17}$ kleiner als der Äquatordurchmesser. Die Helligkeit des Jupiter entspricht in der Erdnähe der Sterngröße $-2,2$, er ist also nächst Venus der hellste Stern des Himmels und an seinem ruhigen gelblichen Lichte kenntlich. Der Ringplanet *Saturn* ist das wundervollste Gebilde des Planetenhimmels. Leider ist im Feldstecher allein der Ring nicht zu sehen, erst ab 25- bis 30facher Vergrößerung wird er sichtbar. Im 15fachen Feldstecher erscheint Saturn länglich. Fernrohre mit gut korrigierten Objektiven von 40 bis 60 mm Öffnung und 30- bis 60facher Vergrößerung lassen den Ring sehr deutlich erkennen. Den schönsten Anblick bietet der ringgeschmückte Saturn natürlich erst in einem größeren Fernrohr (Abb. 54), aber auch im verstärkten Feldglas sowie vor allem in den stärker vergrößernden Erdfernrohren (S. 27) ist das Bild sehr reizvoll. Die Helligkeit des Saturn am Himmel beträgt 0 bis 1,5 Größenklassen, je nach seiner Entfernung und der Größe der Ringöffnung, die nicht immer gleich ist. Im Jahre 1966

war der Ring meist nur von der Kante sichtbar und erschien in größeren Rohren als feiner Strich. Bis zum März 1974 nimmt die „Öffnung“ des Ringes wieder zu. Das Ringsystem zeigt sich je zweimal während eines Sonnenumlaufs des Planeten in weitester Öffnung bzw. in Ansicht gegen die schmale Kante. Die nächste Kantenstellung tritt 1980 ein. Die Neigung des Ringes gegen die Saturnbahn beträgt 27° , ferner ist die Saturnbahn gegen die Erdbahnebene um $2^\circ 5'$ geneigt.

Die drei äußersten Planeten Uranus, Neptun und Pluto sind mit bloßem Auge nicht zu sehen. Der erst im Jahre 1930 entdeckte Pluto ist nur von der 15. Größenklasse und daher nur in größeren Instrumenten zugänglich. Uranus und Neptun jedoch können wir bei genauer Kenntnis ihres Ortes (mit Hilfe der Angaben in den astronomischen Jahrbüchern, im Feldstecher „entdecken“, beide Planeten sind dafür hell genug, Uranus hat die Größe 6, Neptun etwa die Größe 7,5. Beide bewegen sich unter den Fixsternen nur sehr langsam weiter; während einer längeren Schönwetterperiode kann man dieses Wandern aber deutlich verfolgen.

Wissenswerte Daten von den großen Planeten. 1 Name, 2 mittlere Entfernung von der Sonne in Millionen Kilometern, 3 Umlaufzeit um die Sonne in Erdjahren, 4 Durchmesser des Planeten in Kilometern, 5 Zahl der Monde, 6 Rotationsdauer

1	2	3	4	5	6
Merkur	58	0,24	4800	—	58 ^d 16 ^h
Venus	108	0,62	12200	—	243 Tage
Erde	149	1,00	12756	1	23 ^h 56 ^m
Mars	228	1,88	6800	2	24 37
Jupiter	778	11,86	143000	12	9 56
Saturn	1428	29,46	121000	10	10 14
Uranus	2873	84,02	50000	5	10 45
Neptun	4501	164,79	53000	2	15,7 ^h
Pluto	5920	249,17	6000	?	6,39 Tage

Zu den schönsten und eindrucksvollsten Erlebnissen, die uns der Sternenhimmel bietet, gehören die in jedem Jahre eintretenden Konjunktionen, d. h. engsten Stellungen (mit gleicher Länge am Himmel) von Planeten miteinander oder mit dem Monde. Das ist besonders dann der Fall, wenn die lichtmächtigen Gestirne Venus oder Jupiter oder gar beide daran beteiligt sind. Dann wird der Sternfreund mit besonderem Genuß seinen Feldstecher auf ein solches Himmelschauspiel richten; einmal um des ästhetischen Genusses willen, zum anderen, um die Eigenbewegung der Planeten zueinander, zu den fernen Fixsternen und derjenigen des Mondes augenfällig zu studieren, besonders wenn zur Zeit einer solchen

Konjunktion mehrere Abende oder Morgen hintereinander klarer Himmel herrscht. In dieser Hinsicht von ganz besonderer Schönheit war das enge Zusammenspiel der jungen Mondsichel mit dem hellen Abendstern und dem schwächeren Jupiter am 11. Juni 1967. Abbildung 2 zeigt diese Konstellation nach einer Aufnahme des Verfassers durch einen ZEISS-Feldstecher 7×50 mit Kleinbildkamera von 5 cm Brennweite. Die Anordnung der Geräte auf Stativen geschah entsprechend der Abbildung 101.

Seltener schon sind enge Konjunktionen von Planeten mit bemerkenswerten Fixsternen; so konnten wir eine solche an der Wende April bis Mai 1952 mit Saturn und dem schönen Doppelstern Gamma in der Jungfrau erleben, wobei der kleinste scheinbare Abstand nur 6 Bogenminuten betrug, der wahre Abstand von der Erde jedoch 1300 Millionen km bei Saturn und 40 Lichtjahre (400 Billionen km) bei Gamma Jungfrau.

Die astronomischen Jahrbücher machen für jedes Jahr im voraus auf derartige Ereignisse aufmerksam.

8. Kometen

Zu den interessantesten Gebilden des Sternenhimmels gehören zweifellos die Kometen, sowohl ihres oft überraschenden Auftretens als auch ihrer merkwürdigen eigenen Bahnen und ihrer Gestalt wegen. Die letzten drei Jahrzehnte brachten einige Kometen größerer Helligkeit, von denen besonders die Kometen Finsler (1937 f), Juroff-Achmaroff-Hassel (1939 d) und Fedtke (1942 g, s. Titelbild) im Feldstecher einen ausgezeichnet schönen Anblick boten. Übertroffen wurden sie noch durch die beiden hellen Kometen Arend-Roland und Mrkos vom Frühjahr bzw. August 1957 sowie durch den Kometen Bennet vom Frühjahr 1970 (Abb. 55 und 56). Sie zogen die Blicke zahlreicher Feldstecher-Sternfreunde auf sich und haben außerdem der Himmelsbeobachtung mit dem Feldstecher viele neue Interessenten gewonnen.

Wohl werden durchschnittlich jährlich 5 bis 6 Kometen sichtbar, aber die Mehrzahl derselben ist selbst in mittelgroßen Fernrohren kaum zu sehen. Manchmal erscheinen aber auch Kometen, die zur Zeit ihrer Auffindung bereits 8. bis 10. Größe sind; und da sie meist noch heller werden, so sind sie dann schöne und lohnende Objekte für den Feldstecher. Vor allem aber vermittelt das oft unerwartete Auftauchen heller Kometen dem mit Geduld begabten Himmelsfreund ein reizvolles Betätigungsfeld: das Suchen nach neuen Kometen. FINSLER hat bereits 1924 einmal einen Kometen in einem Feldstecher 8×24 gefunden. Am 23. Juli 1961 fand der Pilot A. ST. WILSON den Kometen 1961 d während eines Fluges in 10000 m Höhe mit einem Feldstecher 8×30 als Objekt 3,5 Größe. Man durchmustere den Westhorizont nach Sonnenuntergang und den Osthorizont vor Sonnenaufgang, in den Monaten Mai bis August auch den nördlichen Himmel zwischen Polarstern und Horizont, dort besteht am ehesten Aussicht, einen Kometen zu finden. Eins ist dabei allerdings wichtig: man muß die kleinen Nebel und Sternhaufen kennen, um sie von einem Kometen unterscheiden zu können, denn im Anfangsstadium sehen Kometen gewissen Nebelflecken oft recht ähnlich. Glaubt man bei solchen Durchmusterungen ein kometenverdächtiges Objekt

gefunden zu haben, so gibt es ein untrügliches Zeichen dafür, ob es wirklich ein Komet ist: die Bewegung des Objekts unter den Sternen. Bei rasch bewegten Kometen kann man schon nach wenigen Stunden, bei langsamer bewegten mindestens am nächsten Abend bzw. Morgen entscheiden, ob ein wirklicher Komet vorliegt. In solchen Fällen setzt man sich zweckmäßig mit einer Sternwarte in Verbindung, die den Fall auch nachprüfen kann. Die Ehre des Entdeckers bleibt dem Betreffenden in jedem Fall gewahrt. Falls keine genaue Sternkarte oder ein Himmelsatlas vorhanden ist, kann man in der Nachricht den Abstand von einem bekannten Stern angeben, wozu sich der Gesichtsfelddurchmesser oder Teile davon (S. 19ff.) gut eignen. Eine solche Angabe soll möglichst in zwei Richtungen erfolgen, also z. B. $1\frac{1}{2}^\circ$ nördlich und 2° östlich von Gamma in der Andromeda.



Abb. 55



Abb. 56

Abb. 55 Komet Arend-Roland (1956 h) am 30. 4. 1957. Aufnahme KLAUS LÖCHEL mit ZEISS-Tessar 71/250 mm, über der Kuppel der Jenaer Sternwarte; Belichtungszeit 15 Minuten

Abb. 56 Komet Bennett (1969 i) am 4. 4. 1970 (Aufn. des Verf.) mit ZEISS-Triplet 170/1200 mm der Sternwarte Sonneberg, Belichtungszeit 40 Min. Der Hauptschweif besteht aus Staub-, der Nebenschweif aus Gasteilchen

Zum Suchen nach Kometen eignet sich natürlich ein Feldstecher mit hoher Lichtstärke und großem Gesichtsfeld ganz besonders. Hat man das Glück, einen Kometen während einer längeren Schönwetterperiode zu verfolgen, so kann man Abend für Abend den Ort in eine Sternkarte eintragen und damit die Bahn desselben am Himmel festlegen. Man soll sich auch darin üben, die Längen des Schweifs zu schätzen und festzulegen sowie die Helligkeit des Kometenkopfes in Sterngrößen (Vergleich mit Nachbarsternen bekannter Helligkeit), die Sternwarten sind für alle diesbezüglichen Angaben dankbar. Nachdem der Komet die erd- und sonnennächsten Punkte seiner Bahn passiert hat, beginnt seine Helligkeit wieder abzunehmen, und der Schweif wird kürzer. Da die Schweife durch den Lichtdruck des Sonnenlichts und der von der Sonne ausgehenden Elektronen- und Protonenstrahlung (dem „Sonnenwind“) erzeugt werden, so sind sie stets von der Sonne weggerichtet. Besonders reizvoll sehen Kometen mit mehreren Schweifen aus, dieses Schauspiel boten z. B. die Kometen Finsler 1937 f, Whipple-Fedtke (1942 g, s. Titelbild), Arend-Roland 1956 h sowie Bennett 1969 i (Abb. 55 und 56). Bei besonders hellen Kometen kann man auch das Zusatzfernrohr sowie die Kleinfernrohre mit stärkerer Vergrößerung zum Erkennen feinerer Einzelheiten im Kopfe des Kometen verwenden.

9. Sternschnuppen (Meteore)

An Sternschnuppen bzw. Meteoren lassen sich Beobachtungen mit dem Feldstecher genau so wenig durchführen wie mit dem Fernrohr; die Erscheinungen sind zu flüchtig. Es kommt aber nicht selten vor, daß ein helles Meteor (Abb. 57) längs seiner Bahn einen „Schweif“ hinterläßt, der sich in besonders glänzenden Fällen bis zu $\frac{1}{2}$ Stunde und länger verfolgen läßt, wozu sich wegen seines großen Blickfeldes und seiner Lichtstärke der Feldstecher ganz vorzüglich eignet. Auf derartige Beobachtungen sei ganz besonders hingewiesen. Die leuchtenden Rückstände des



Abb. 57 Spur eines sehr hellen Meteors (Feuerkugel) mit mehreren Lichtausbrüchen, 3. 9. 1945 (Aufn. des Verf.)

Meteors stehen nämlich nicht still, sondern bewegen sich unter Veränderung ihres Aussehens langsam unter den Sternen weiter. Da die mittlere Erscheinungshöhe der Sternschnuppen bei 80 km liegt, so bietet die Erforschung dieser Lageänderungen der Meteorrückstände eine Möglichkeit zur Untersuchung der Luftströmungen in diesen Höhen, wofür die Wissenschaft natürlich das größte Interesse hat. Kommt einmal ein solcher Fall vor und hat man das Glück, ihn im Feldstecher beobachten zu können, so zeichne man in eine (entweder vorhandene oder rasch selbst

Jährlich wiederkehrende Meteorströme

Nachstehend sind die bemerkenswertesten jährlich wiederkehrenden Meteorströme zusammengestellt. Zu den erwähnten Zeiten lohnt es sich also besonders, auf (auch helle) Sternschnuppen zu achten (vor allem, wenn die Neumondzeit mit dem Maximum zusammenfällt)

Name (nach der Lage des Radianten in dem betr. Sternbild bekannt)	Erzeu- gender <i>Komet</i> bzw. Ursprung	Radiant bei Rekt. Dekl.	Dauer bzw. Zeit des Maximums	Besonderheiten (Zahl und Helligkeit der Meteore; Höhe ihres Aufleuchtens bzw. Erlöschens
Bootiden (Bootes)	unbekannt	15 ^h 30 ^m + 50°	3. 1.	langsame Bahnen; im Maximum bis zu 40 pro Stunde
Lyridan (Lyra)	1861 I	18 ^h + 33°	12./24. 4. 21./22. 4.	schnelle „Striche“ Maximum bis zu 8 pro Stunde
Mai-Aquariden (Aquarius)	Halley	22 ^h 30 ^m + 40°	28. 4./21. 5. 4. 5.	lange Bahnen, rasch bewegt; Maximum bis zu 12 pro Stunde
Perseiden (Perseus)	1862 III	1 ^h 20 ^m + 46°	ab 20. 7.	Vorläufer des Hauptstroms
Perseiden (Perseus)	1862 III	3 ^h + 56°	9./13. 8. 11./12. 8.	Bahnen ziemlich rasch; Maximum bis zu 70 pro Stunde, viele helle! Mittlere Höhe des Aufleuch- tens 130, des Er- löschens 90 km. Strom seit 810 u. Z. bekannt
Orioniden (Orion)	Halley	6 ^h 24 ^m + 15°	11./30. 10 21. 10. morgens	rasche Striche, im Maximum bis zu 16 pro Stunde
Leoniden (Leo maior)	1866 I	10 ^h 8 ^m + 22°	11./20. 11. 16./17. 11.	schnelle Striche, Höhe des Aufleuch- tens bei 133 km, des Erlöschens bei 87 km. Strom seit 902 u. Z. bekannt; wiederholt starkes Auftreten
Geminiden (Gemini)	unbekannt	7 ^h 32 ^m + 32°	5./19. 12. 13. 12.	schnelle kurze Striche, im Maxi- mum bis zu 60 pro Stunde

skizzierte) Sternkarte so oft wie möglich die Lage und Gestalt der leuchtenden Rückstände des Meteors ein. Auf diese Weise konnte z. B. Prof. HOFFMEISTER auf der Sternwarte Sonneberg bei einem außergewöhnlich glänzenden Meteor vom 23. Juli 1936 feststellen, daß Teile der zurückgebliebenen Wolke um etwa 38 m in der Sekunde in die Höhe stiegen, was wohl auf thermischen Auftrieb zurückgeführt werden kann. Glänzende Meteore erscheinen besonders zur Perseidenzeit (10./12. August) sowie während des Leoniden-Stroms (16./18. November, s. „Meteorströme“, S. 84), man achte dann auf derartige Erscheinungen.

Als Beispiel einer solchen Beobachtung sei die folgende erwähnt. Am 25. September 1949, 0.25 Uhr, erschien fast im Zenit, wenig südlich von Cassiopeia, ein blendendweißes Meteor, etwa der Größe — 6^m , von Ost nach West ziehend, das einen kurzen Lichtblitz in der Landschaft erzeugte. Die mit bloßem Auge erfaßte Bahn war ungefähr 10° lang und wurde in etwa $\frac{1}{10}$ Sekunde durchlaufen. Unmittelbar nach dem Aufleuchten des Meteors richtete ich ein Prismenglas 12×60 mm auf die leuchtenden

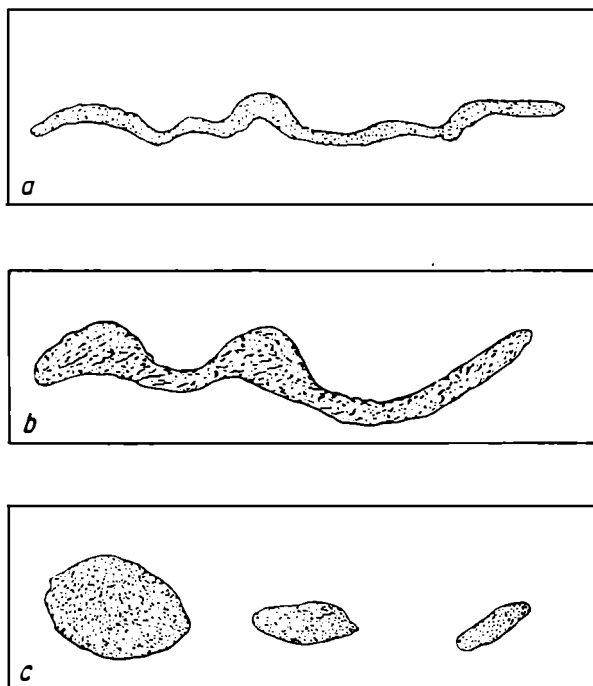


Abb. 58a bis c Beobachtung eines Meteorschweifes, 25. 9. 1949 (s. Text)

Rückstände, und es konnten sehr interessante Beobachtungen an dem Meteorschweif gemacht werden.

Der anfangs schnurgerade Schweif, der in dem lichtstarken Glas den Anblick einer aus einzelnen pulsierenden Punkten bestehenden Leuchtspur bot, hatte sich nach etwa 4 bis 5 Sekunden schon wie ein Wurm gekrümmt (Abb. 58a), offenbar unter dem Einfluß einer sehr starken turbulenten Strömung. Mit gleichzeitiger Verlagerung nach Süden um etwa $1\frac{1}{2}^\circ$ in den nächsten 15 Sekunden trat eine Verbreiterung der einzelnen Bogenstücke ein (Abb. 58b), die endlich nach etwa einer halben Minute in getrennte Leuchtwolken zerfielen (Abb. 58c), deren hellste noch 3 Minuten lang sichtbar blieb.

So kurz der ganze Vorgang war (man hat in anderen Fällen schon Meteorschweife bis zur Dauer von einer halben Stunde und länger beobachtet), so bot er infolge der außerordentlich raschen Form- und Lageänderungen einen bei zahlreichen früheren Erscheinungen dieser Art nie beobachteten Anblick, von dem man gewünscht hätte, ihn im Filmbild festhalten zu können.

10. Künstliche Satelliten

Seit dem denkwürdigen Tag des ersten technischen Vorstoßes in den außerirdischen Raum mit dem Start von Sputnik I am 4. Oktober 1957 hat ganz besonders der Feldstecherbeobachter des Himmels ein neues, interessantes Betätigungsfeld erhalten. Der Feldstecher mit seinem großen Gesichtsfeld ist *das* Beobachtungsinstrument für die künstlichen Satelliten, sowohl für deren Aufsuchung selbst bei nur ungefährem Kenntnis des angegebenen Ortes am Himmel als auch zur Verfolgung ihrer Bahn unter den Sternen. Abgesehen von dem immer wieder eindrucksvollen Vorgang des langsamen Dahinziehens eines von Menschenhand geschaffenen kleinen Erdtrabanten kann gerade auf diesem Gebiet der ernsthafte Natur- und Sternfreund den wissenschaftlichen Bestrebungen wertvolles Material liefern. Es ist nicht noch einmal notwendig, an dieser Stelle auf alle jene Einzelheiten hinzuweisen, welche hinsichtlich der Physik des Erdkörpers und seiner Lufthülle durch die genaue Beobachtung der Satelliten besser und zuverlässiger als durch andere Methoden festzustellen sind; die Tages- und Wochenzeitungen, der Rundfunk und das Fernsehen haben darüber immer wieder bis ins einzelste gehende Abhandlungen gebracht. Einige kurze Hinweise zur Beobachtung der Satelliten mögen jedoch gegeben werden; vor allem auch deshalb, weil wegen der oft ganz anders gearteten und vielfach auch nicht zu unterbrechenden Arbeit der Astronomen und Sternwarten die Sternfreunde und Amateure hier mit großem Erfolg eingegriffen haben und dies auch weiterhin tun werden. Wir stehen ja sozusagen erst am Anfang der Raumbeherrschung, und es werden noch viele bemerkenswerte Beobachtungen zu erwarten sein. Beobachtungen von Wert können jederzeit an die Satellitenstationen der DDR eingesandt werden; diese sind:

Station Nr. 1120	Städtische Sternwarte Bautzen/Sa.
„ „ 1184	Schul-Sternwarte Juri Gagarin, Eilenburg/Sa.
„ „ 1185	Schulsternwarte Rodewisch/Vogtland
„ „ 1180	Schulsternwarte Schwerin

Von besonderer Bedeutung ist die möglichst genaue Ermittlung der Bahn. Dies läßt sich nur mit Hilfe von örtlich und zeitlich genau festgelegten Punkten am Himmel erreichen. Es wird relativ selten vorkommen, daß der Satellit (bzw. dessen Trägerrakete, die oftmals heller und daher besser beobachtbar ist) genau über einen helleren Stern hinwegzieht. In diesem Fall ist die Ortsangabe am Himmel natürlich sehr einfach und sicher. In den meisten anderen Fällen muß man gegebenenfalls die Verbindungslinie zweier Sterne benutzen, die nicht zu weit auseinander stehen. Es läßt sich bei einiger Übung recht genau angeben, um wieviel Prozent dieser Strecke der Satellit näher an einem der beiden Sterne vorbeizog oder ob er sie etwa halbierte. Im Augenblick des Durchgangs muß die Zeit am besten mit Hilfe einer Stoppuhr festgehalten werden, die man gleichzeitig mit dem Feldstecher hält. Sicherheitshalber hängt man sich die Uhr noch mit einer Schnur um den Hals, damit sie nicht fallen kann. Unmittelbar danach muß man die Zeit nach einer sehr genau gehenden bzw. so kurz wie möglich vor der Beobachtung gestellten Uhr nehmen und die gestoppte Zwischenzeit bei der am besten nächsten vollen Minute der Uhr anhalten. Wenn sich auf diese Weise die Zehntelsekunde einer Beobachtung ermitteln läßt, ist das bereits eine allen Wünschen gerecht werdende Genauigkeit. Je mehr Beobachter sich beteiligen, um so besser ist es. Ein guter Himmelsatlas soll nicht fehlen! Zur Ermittlung des Ortes am Himmel ist er auf jeden Fall erforderlich. Sehr genaue Satellitenbeobachtungen werden zwar neuerdings durch photographische Bahnregistrierung gewonnen, doch behalten nach wie vor auch die direkten Beobachtungen ihren Wert und bilden vor allem auch eine Bereicherung persönlichen Erlebens.

Zwei besondere Erscheinungen fesseln den Beobachter sehr häufig: die allmähliche Abnahme der Helligkeit des Satelliten beim Eintritt in den Erdschatten bei Abendbeobachtungen und den umgekehrten Fall morgens und kurzzeitige Helligkeitsschwankungen, die durch Rotationen der meist unregelmäßig geformten Satelliten (oder auch der Raketenendstufen) entstehen.

11. Beobachtungen von Erscheinungen der atmosphärischen Optik

Die unteren Schichten der Erdlufthülle bewirken eine große Zahl von Lichterscheinungen, teils weiß, teils farbig, die unter dem Begriff „Atmosphärische Optik“ zusammengefaßt werden. Von ihnen seien hier jene erwähnt, bei denen der Feldstecher oder auch schon das Opernglas eine lohnende Hilfe zur besseren Wahrnehmung ist.

Die Atmosphäre der Erde wirkt gegenüber dem „luftleeren“ Weltraum wie ein optisch dichteres Medium; als Folge davon werden von außen einfallende Strahlen um so mehr von ihrem ursprünglichen Weg abgelenkt, je horizontnäher sie für einen bestimmten Beobachter auftreffen. Es handelt sich hierbei um die atmosphärische Refraktion = Strahlenbrechung. Sie bewirkt bei horizontnahe Stand insbesondere bei Sonne und Vollmond eine merkliche Deformierung. Die sonst runden Scheiben beider Gestirne erscheinen merklich oval, weil der untere Rand der etwa $\frac{1}{2}^\circ$ großen Scheiben stärker „gehoben“ erscheint als der obere. Schwach vergrößernde optische Hilfsmittel zeigen diese Erscheinung sehr deutlich.

Hinzukommende Luftspiegelungen in verschiedenen stark erwärmten horizontalen Luftschichten bewirken weiterhin gelegentlich sehr merkwürdige Verformungen der Sonne am Horizont, die im Feldstecher einen seltsamen Anblick bieten. Da das helle Sonnenlicht bei diesem äußerst tiefen Stand fast immer erheblich geschwächt ist, kann man meist ohne Blendglas beobachten. Ein besonderes hiermit verbundenes Phänomen ist der „Grüne Strahl“. Wie beim Durchgang durch ein optisch dichteres Medium als Luft (Glas z. B.) wird das weiße Licht auch beim Durchlaufen der Erdlufthülle spektral zerlegt, und zwar stärker mit abnehmender Wellenlänge. Blau wird also mehr gebrochen (und damit stärker abgelenkt) als gelb oder rot. Wenn nun z. B. der größte Teil der roten bzw. gelben Sonnenscheibe sehr tief steht, bei hinreichend dunstfreier Luft aber noch erkennbar ist bzw. gar schon unter dem Horizont steht, befindet sich nur noch der blaue und grüne Teil der Sonne über dem Horizont. Da nun aber das blaue Licht in der Atmosphäre stärker geschwächt wird (durch Extinktion = Auslöschung), erscheint der allerletzte obere

Rest der Sonne in oft intensiv grünem Licht, meist allerdings nur für wenige Sekunden oder gar nur Bruchteile einer Sekunde. Mit dem Feldstecher ist dieser „grüne Strahl“ besonders gut erkennbar.

Abnorme helle Dämmerungserscheinungen, verstärktes „Purpurlicht“ nach Sonnenuntergang oder vor Sonnenaufgang treten mitunter dann auf, wenn die Erdatmosphäre oder Teile derselben besonders stark von Vulkanstaub verunreinigt wurden. Dann kann für viele Wochen oder gar für Monate der rote oder gelbrote Dämmerungsbogen über der unter dem Horizont befindlichen Sonne sehr hell und auffallend sein. Das letzte Mal war dies der Fall im Herbst und Winter 1964/65, verursacht durch den heftigen Ausbruch des indonesischen Vulkans Agung, und selbst Personen, die sonst nicht auf solche Erscheinungen achten, fiel das hellrote Dämmerungssegment auf.

Noch wesentlich eindrucksvoller kann sich der Feldstecherbeobachter solche Erscheinungen sichtbar machen, wenn er sein Glas (bei natürlich nur einäugiger Verwendung) umgekehrt zum Himmel richtet, d. h. durch eines der Objektive blickt. Die Verkleinerung der Himmelsfläche bewirkt eine starke Helligkeitsverdichtung, und die Dämmerungserscheinungen sind außerordentlich hell und eindrucksvoll zusammen mit dem darunter befindlichen dunkleren Horizontalausschnitt. GALILEI-Gläser sind für solche Versuche besonders geeignet, da man mit ihnen auch beidäugig beobachten kann, weil der Objektivabstand gleich dem Okularabstand ist. Zwei bemerkenswerte, sich unter besonderen Umständen ausbildende Beobachtungsobjekte der atmosphärischen Optik für den Feldstecher sollen weiterhin erwähnt werden. Eine Dämmerungserscheinung besonders schöner Art sind hellrote Strahlen, die bei sehr klarem Himmel radial von der unter dem Horizont befindlichen Sonne ausgehend in den blauen Himmel ragen, oft bis ziemlich hoch hinauf. Sie verdanken ihre Entstehung Lücken in tiefliegenden Wolken- oder Nebelbänken (in Horizontnähe oder noch darunter). Die alten Griechen nannten diese Strahlen sehr poetisch „rosenfingrige Eos“ (Morgenröte); sie treten unter gleichen Umständen natürlich auch abends auf. Das Maximum ihrer Erscheinung liegt bei etwa 40 bis 30 Minuten nach Sonnenuntergang bzw. vor Sonnenaufgang. Schon mit bloßen Augen äußerst eindrucksvoll, ist der Anblick im schwach verkleinernden, d. h. auch umgekehrt gehaltenen GALILEI-Glas außerordentlich prächtig und noch viel intensiver in der Helligkeit.

Gelegentlich kommt es vor, daß solche Strahlenbündel über den ganzen Himmel ragen und dann im Sonnengegenpunkt (morgens also im Westen, abends im Osten) wieder zusammenzulaufen scheinen.

Lichtsäulen sind weiße Streifen, die senkrecht durch helle Himmelsobjekte verlaufen (Sonne, Mond, hellste Sterne), wenn diese tiefen Stand

aufweisen. Sie entstehen durch Spiegelung des Sonnenlichts an den oberen und unteren Grundflächen kleiner Eisprismen, deren Hauptachsen hin- und herschwanken. Solche Eiskristalle befinden sich besonders dann gehäuft in der Atmosphäre, wenn bei sehr kaltem trockenem Wetter von heftigem Wind der (auch schon der gefallene) Schnee als Staub wild herum- bzw. wieder hochgewirbelt wird. Bei Sonne und Mond sind dann die Lichtsäulen oft enorm hell und meist nach oben (in selteneren Fällen auch nach unten) verlaufend. Im Feldstecher kann man zu solchen Zeiten aber oftmals auch Lichtsäulen an den hellsten und am tiefsten stehenden Sternen beobachten (Venus, Sirius, Rigel), ein recht ungewöhnlicher Anblick!

Eine weitere Art von Lichtsäulen an der Sonne und am Mond, besonders bei Phasen um den Vollmond, entsteht bei Vorhandensein hoher dünner Bewölkung (Cirrus- oder Altostratuswolken). Sie sind aber bei weitem nicht so intensiv wie die durch Schneestaub verursachten Lichtsäulen.

Die Anreicherung der irdischen Lufthülle mit Vulkanstaub bewirkt auch eine verminderte Durchlässigkeit für sie passierende Strahlen. Das macht sich bei Mondfinsternissen bemerkbar. Es kann dann vorkommen, daß der total verfinsterte Mond nicht mehr in dem erwähnten kupferroten Licht erscheint, sondern, wie bei den Finsternissen der Jahre 1964 und zum Teil auch 1965, entweder ganz oder doch sehr weitgehend unsichtbar wird. Auch hieran waren die starken Aschenausbrüche des Agung-Vulkans schuld, und F. LINK, Prag, ein verdienstvoller Forscher auf diesem Gebiet, hat aus den zurückliegenden Jahrhunderten eine ganze Anzahl solcher „unsichtbarer“ Mondfinsternisse zusammengestellt, denen fast immer heftige Vulkanausbrüche vorausgingen.

12. Fixsternreich und Milchstraße

Mit einer Unzahl von Sternen scheint das Himmelszelt in einer schönen klaren Nacht übersät zu sein. Sie steigen im Osten auf und versinken wieder im Westen; jede Nachtstunde führt uns dadurch neue Sterne vor Augen. Darunter gibt es aber Sterne, die wohl die Drehung des Himmelsgewölbes mitmachen, die jedoch weder auf- noch untergehen, die also ständig über dem Horizont weilen und damit in jeder Nachtstunde des Jahres sichtbar sind, je nach der jahreszeitlichen Stellung allerdings in verschiedenen Lagen. Alle Sterne kreisen rund um den nördlichen Himmelspol, der so hoch (in Graden gemessen) über dem Nordhorizont eines Beobachtungsortes liegt, als dieser nördlich des Erdäquators (Polhöhe φ = geographische Breite). Für Berlin also, das eine Breite von $52\frac{1}{2}^\circ$ hat, liegt der Nordpol des Himmels $52\frac{1}{2}^\circ$ hoch über dem Nordhorizont, für München betragen die entsprechenden Zahlen etwa 48° . Für Berlin gehen demnach alle Sterne, die innerhalb eines Kreises von $52\frac{1}{2}^\circ$ Radius mit dem Pol als Mittelpunkt liegen, weder auf noch unter, sie kreisen ständig über dem Horizont um den Pol und heißen „Zirkumpolarsterne“. Die hierher gehörenden Sternbilder wollen wir zuerst kennenlernen (Abb. 59). Das bekannteste unter diesen zirkumpolaren Sternbildern ist zweifellos der *Große Bär*, auch *Großer Himmelswagen* genannt (Ursa major). Seine sieben hellen Sterne sind so auffallend, daß man das Bild stets zum Aufsuchen unbekannter Sternbilder benutzen kann. Vier Sterne bilden den Leib (Kasten) und drei den Schwanz (die Deichsel) des Bären bzw. Himmelswagens. Bild 60 zeigt uns die Stellung des Großen Wagens zu dem Beginn der vier Jahreszeiten. Zu Frühlingsanfang, am 21. März, finden wir um Mitternacht das Sternbild senkrecht über uns, im Zenit (Stellung I, Abb. 60); am Anfang des Sommers, um den 21. Juni, steht er zur Mitternachtsstunde bereits eine Vierteldrehung des Himmels weiter nach Westen zu, hoch am Westhimmel in halber Himmelshöhe (Stellung II), die Deichsel ist steil nach oben gerichtet. Wieder ein Vierteljahr später, am 23. September, hat der Wagen seine tiefste Lage um Mitternacht eingenommen, er steht nur flach über dem

Nordhorizont, die Deichsel zeigt abwärts nach Nordwesten (Stellung III). Zu Wintersanfang und um die Weihnachtszeit endlich sehen wir ihn in Stellung IV wieder am Nordosthimmel emporsteigend zu einer neuen Jahreslaufbahn. Da der Große Bär mitsamt dem Himmelsgewölbe in 24 Stunden einen vollen Umschwung macht, so rückt auch im Laufe einer Nacht das Bild jeweils in 6 Stunden von einer Stellung in die nächste weiter. So wird man den Bären beispielsweise zur Weihnachtszeit abends 6 Uhr erst in Stellung III tief am Nordhimmel finden, morgens 6 Uhr dagegen bereits wieder in Stellung I hoch oben im Zenit.

Die bekannte fünfmalige Verlängerung der beiden Vordersterne α und β führt uns zum Polarstern, dem letzten Schwanzstern des *Kleinen Bären* oder *Kleinen Himmelswagens*, einem weniger auffälligen Bilde, das indessen in seiner Gestalt dem Großen Bären ähnelt. Der Polarstern steht gegenwärtig nur etwa 1 Mondbreite vom Himmelspol entfernt und

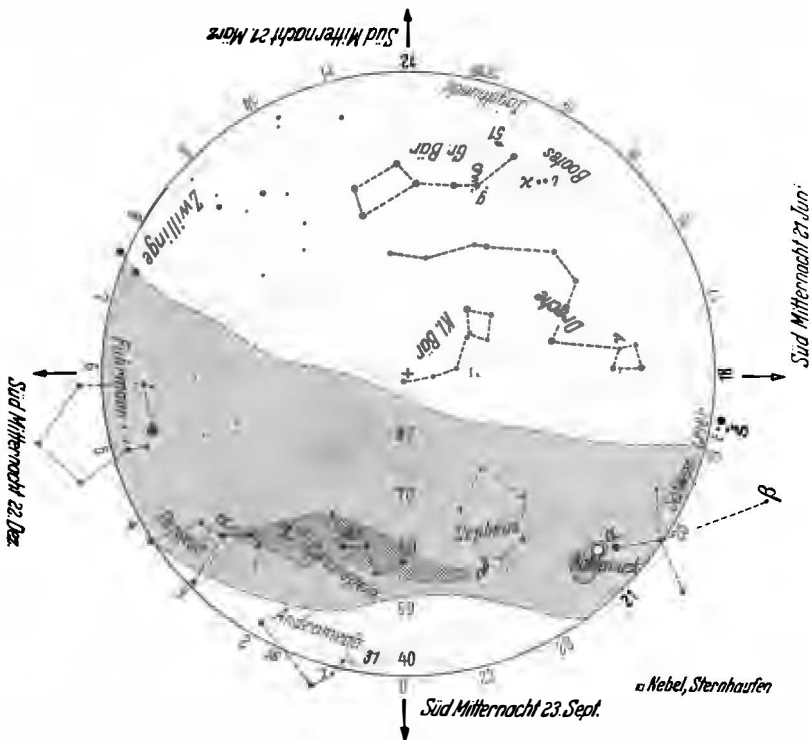


Abb. 59 Himmelskarte der nördlichen Zirkumpolarsterne

scheint daher für das bloße Auge stillzustehen. Man findet ihn also zu jeder Nachtstunde des Jahres an derselben Stelle. Zum Zurechtfinden in unbekanntem nächtlichem Gelände ist es wichtig zu wissen, daß eine vom Polarstern senkrecht herabgezogene Linie den Horizont stets im Nordpunkt trifft (Abb. 61). Zwischen den beiden Bären schlängelt sich der nur aus schwächeren Sternen bestehende *Drache* (Draco) hindurch (Abb. 59).

Auf der entgegengesetzten Seite des Pols steht in gleicher Entfernung von ihm wie der Große Bär die *Kassiopeia* (Cassiopeia), die einem etwas langgezogenen lateinischen W gleicht. Die Kassiopeia liegt in einem sehr sternreichen Gebiet der Milchstraße. Die fast genaue Verlängerung der beiden Vordersterne des Großen Bären über den Pol hinaus trifft auf der anderen Seite das schiefe Fünfeck des *Cepheus* (Cepheus), einer ebenfalls

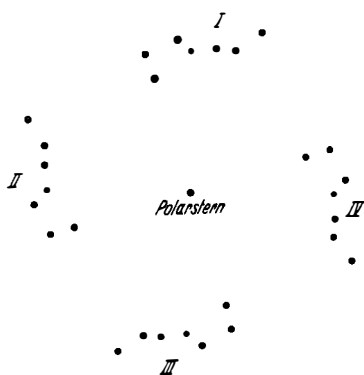


Abb. 60
Vier Stellungen des Großen Bären

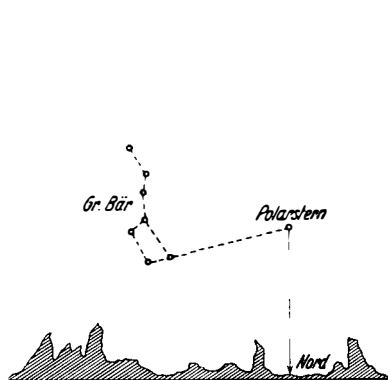


Abb. 61
Großer Bär und Polarstern

sternreichen Milchstraßengegend. — Gehen wir, dem Zug der Milchstraße folgend, von der Kassiopeia über den Cepheus weiter, so treffen wir auf den *Schwan* (Cygnus), von dem jedoch nur der hellste Stern, Deneb, zirkumpolar ist; die anderen Sterne des Bildes tauchen unter den Nordhorizont hinab. Nahe bei Deneb, α (Alpha) im Schwan, finden wir wieder eine sehr sternreiche Milchstraßenwolke, die Cygnuswolke. In der Nähe des Schwans, am Rande der Milchstraße, sehen wir einen sehr hellen, bläulichweißen Stern 1. Größe, die Wega in der *Leier* (Lyra), die im Sommer hoch über uns, im Winter tief über dem Nordhorizont steht. — Verfolgen wir den Milchstraßenzug von der Kassiopeia aus nach der anderen Seite, so treffen wir zunächst auf den *Perseus*. Zwischen Kassio-

peia und Perseus erreicht die Milchstraße einen besonderen Glanz. Nach dem Perseus erreichen wir den *Fuhrmann* (Auriga), der wiederum durch einen Stern 1. Größe ausgezeichnet ist, die Kapella. Kapella im Fuhrmann und Wega in der Leier pendeln in ähnlicher Weise um den Himmelspol wie Großer Bär und Kassiopeia; steht Wega tief im Norden, so strahlt Kapella im Zenit (Winter), das umgekehrte ist im Sommer der Fall.

Da die Sonne einmal im Laufe des Jahres um den Himmel wandert, so steht sie jeden Monat in einem anderen Tierkreisbild; die mit der Sonne gleichzeitig am Himmel stehenden Bilder sind infolge des Tageslichtes natürlich unsichtbar, die der Sonne gegenüberstehenden Bilder schmücken dann unseren Nachthimmel. Zu Wintersanfang um Mitternacht können wir folgende Sternbilder beobachten (Abb.62): Hoch oben im Zenit steht der Fuhrmann mit Kapella. Gehen wir von ihm aus im Zuge der Milchstraße nach Südosten, so finden wir zuerst die *Zwillinge* (Gemini) mit den beiden hellen Sternen Kastor und Pollux, die am östlichen Milchstraßenrand stehen. Rechts unterhalb der Zwillinge, in halber Himmelshöhe ein wenig rechts von der Mittagslinie, steht das eindrucksvollste Sternbild des ganzen Himmels, der *Orion*, nächst dem Großen Bären wohl auch das bekannteste Bild. Der linke obere rote Stern 1. Größe ist Betelgeuze, der rechte untere weiße heißt Rigel. Der obere der drei mittleren Sterne (Gürtelsterne) steht fast genau auf dem Himmelsäquator. Diese drei Sterne zeigen in ihrer Verlängerung abwärts auf den hellsten Fixstern des ganzen Himmels, Sirius im *Großen Hund* (Canis major). Links des Orion steht die sternarme Gegend des *Einhorns* (Monoceros), und noch weiter links, unter den Zwillingen, finden wir den *Kleinen Hund* (Canis minor) mit dem Stern 1. Größe Prokyon. Den Südosten

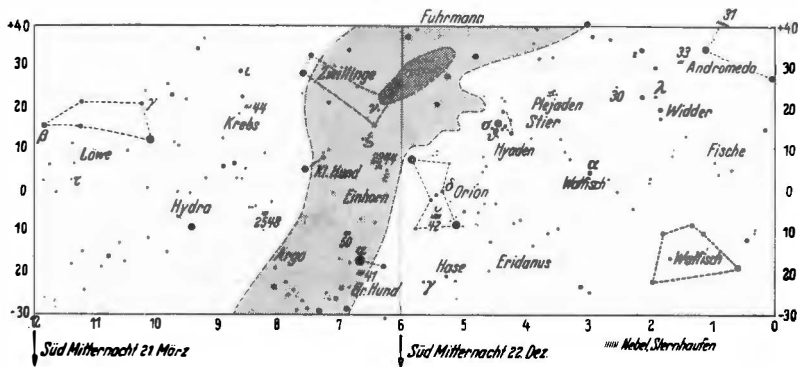


Abb. 62 Himmelskarte (Winter)

nehmen die sternarme, aber sehr ausgedehnte *Wasserschlange* (Hydra) und der ebenfalls unscheinbare *Krebs* (Cancer) ein, an den sich der genau im Osten emporgestiegene *Große Löwe* (Leo major) anschließt. Gehen wir vom Orion aus nach Westen, so finden wir rechts oberhalb von ihm den *Stier* (Taurus) mit der V-förmigen Sterngruppe der Hyaden (die den Hauptstern des Bildes, den rötlichen Aldebaran, einschließt) und dem kleinen Sternhäufchen der Plejaden (Siebengestirn). Hoch im Westen steht der *Widder* (Aries), nördlich von ihm die *Andromeda* (Andromeda) mit dem berühmten Nebel, den wir später noch kennenlernen. Westlich an den *Orion* schließt sich der nur aus schwachen Sternen bestehende *Eridanus* (Eridanus) an, noch weiter rechts im Südwesten versinkt das unregelmäßige Fünfeck des *Walfischs* (Cetus), und darüber gehen im Westen ebenfalls die *Fische* (Pisces) unter. — Ein halbes Jahr später, zu Sommersbeginn, geht die Sonne mit den eben beschriebenen Sternbildern gleichzeitig über den Tageshimmel, und folgende neue Bilder können wir um Mitternacht beobachten (Abb.63).

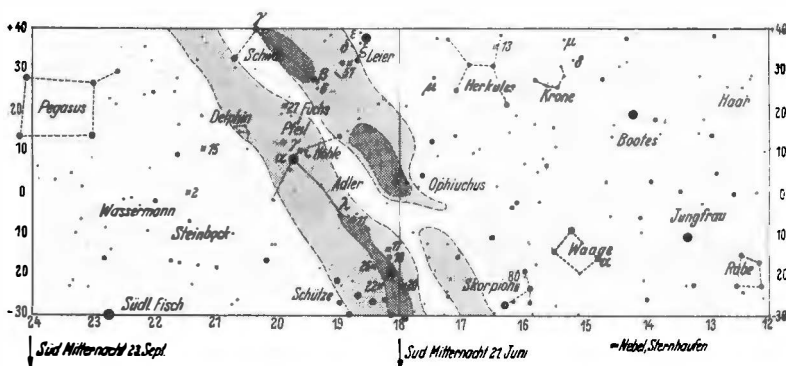


Abb. 63 Himmelskarte (Sommer)

Im Scheitelpunkt des Himmels strahlt die blauweiße Wega in der *Leier* (Lyra). Etwas östlich dieses Bildes finden wir mitten im Zuge der nach Süden hinabsteigenden Milchstraße das schöne Kreuz des *Schwans* (Cygnus). Zwischen seinen beiden Sternen γ (Gamma) und β (Beta) entfaltet die Milchstraße eine besondere Helligkeit. Ihrem Zuge folgend, treffen wir nach Süden zu auf die aus schwächeren Sternen bestehenden Bilder des *Fuchses* (Vulpecula) und des *Pfeils* (Sagitta), dann kommt als eindrucksvollstes Bild des nächtlichen Sommerhimmels der *Adler* (Aquila) mit dem hellen Stern Atair. Am rechten unteren Ende dieses

Bildes, bei dem Stern λ (Lambda), befindet sich wiederum eine sehr helle Milchstraßenwolke, die Scutumwolke. Die Milchstraße verschwindet am Südhorizont im Bilde des *Schützen* (Sagittarius), in dem sie nochmals in großer Pracht leuchtet. Westlich des Schützen, ebenfalls nahe am Horizont, steht der *Skorpion* (Scorpius) mit dem hellen roten Antares. Ein wenig westlich von diesem steht die *Waage* (Libra) als Viereck aus Sternen verschiedener Helligkeit. Tief im Südwesten versinkt die *Jungfrau* (Virgo); der sich westlich ihr anschließende *Rabe* (Corvus), ein kleines Sternviereck, ist bereits untergegangen. Er ist zur selben Jahreszeit gegen 10 Uhr abends gerade noch tief im Südwesten zu sehen. Westlich der Leier steht der unregelmäßig gestaltete *Herkules* (Hercules), wiederum westlich von ihm der kleine eindrucksvolle Halbkreis der nördlichen *Krone* (Corona borealis) mit dem Hauptstern Gemma (Edelstein). In halber Himmelshöhe im Westen steht der *Bärenführer* (Bootes) mit dem rötlichen Stern 1. Größe Arkturus, auf den in leicht gekrümmter Verlängerung die Deichsel des Großen Himmelswagens weist. Im Westen ist der lockere Sternhaufen des *Haars der Berenike* (Coma Berenices) im Untergehen begriffen. — Der südöstliche Himmel wird von den aus schwächeren Sternen gebildeten Sternbildern *Steinbock* (Capricornus) und *Wassermann* (Aquarius) eingenommen. Am östlichen Rand der Milchstraße zwischen Schwan und Adler ist das kleine, aber auffällige rhombusartige Bild des *Delphins* (Delphinus) zu sehen. Im Ostnordosten hat sich der *Pegasus* (Pegasus) in Form eines großen regelmäßigen Vierecks erhoben, an den sich links die *Andromeda* anschließt. Der *Schlangenträger* (Ophiuchus) ist ein schwächeres, aber ausgedehntes Bild rechts vom Adler.

Unsere drei Sternkarten und die kleinen Spezialkarten sollen uns bei diesen Himmelswanderungen helfen. Wir finden auf ihnen auch Beobachtungsobjekte eingetragen, die wir jetzt kennenlernen wollen.

Als eines der eindrucksvollsten Gebilde des Sternenhimmels darf die *Milchstraße* gelten, jenes schimmernde Sternenband, das aus einer Unzahl fernster Sonnen besteht; das Gefunkel der vielen Sonnen zeigt kein Instrument so schön wie ein Feldstecher, besonders dann, wenn er große Objektive hat und viel Licht sammelt. Wir wollen den Zug der Milchstraße einmal lückenlos verfolgen und dabei auch die schönsten Beobachtungsobjekte in ihr kennenlernen. Schon bei oberflächlichem Betrachten zeigt die Milchstraße durchaus keinen einheitlichen Verlauf. Helle Sternwolken wechseln ab mit dunklen Zwischenräumen. In dem leuchtenden Band offenbaren sich uns die Grenzen unseres Sternsystems. Riesige Sternmengen sind hier durch die Tiefenwirkung zusammengedrängt. An vielen Stellen aber ist manchmal die Sternansammlung

plötzlich unterbrochen, ja es gibt Stellen, an denen im Gegensatz zu der sternreichen Umgebung oft nur wenige vereinzelte Sterne zu sehen sind. Solche „Löcher im Himmel“ hat schon HERSCHEL bemerkt. Wir wissen heute, daß an diesen Stellen große Dunkelwolken aus kosmischem Staub und gasförmiger Materie zwischen uns und den fernen Sternen liegen und den Blick nach außen hemmen. An vielen Stellen wird so die Unregelmäßigkeit des Sternenbandes durch vorgelagerte Dunkelmassen verursacht. Auf besonders bemerkenswerte Dunkelwolken wird später hingewiesen. — Wir wollen die Milchstraße zunächst in der Sommernacht kennenlernen. Hoch oben im Scheitelfeld des Himmels steht der Schwan, das Kreuz des Nordens. Zwischen seinen beiden Sternen Beta (β) und Gamma (γ) liegt eine der reichsten Sternwolken der ganzen Milchstraße (Abb. 67). Auch ein Stück östlich von Deneb (Alpha, α) finden wir ein reiches Milchstraßenfeld mit einigen Besonderheiten. Hier ist der berühmte, von Prof. MAX WOLF am 12. Dezember 1890 in Heidelberg photographisch entdeckte „Nordamerikanebel“ zu finden (Abb. 64 bis 67). Der Nebel besitzt visuell, d. h. bei Augenbeobachtung, eine äußerst schwache Flächenhelligkeit, und ein lichtstarker Feldstecher, von etwa

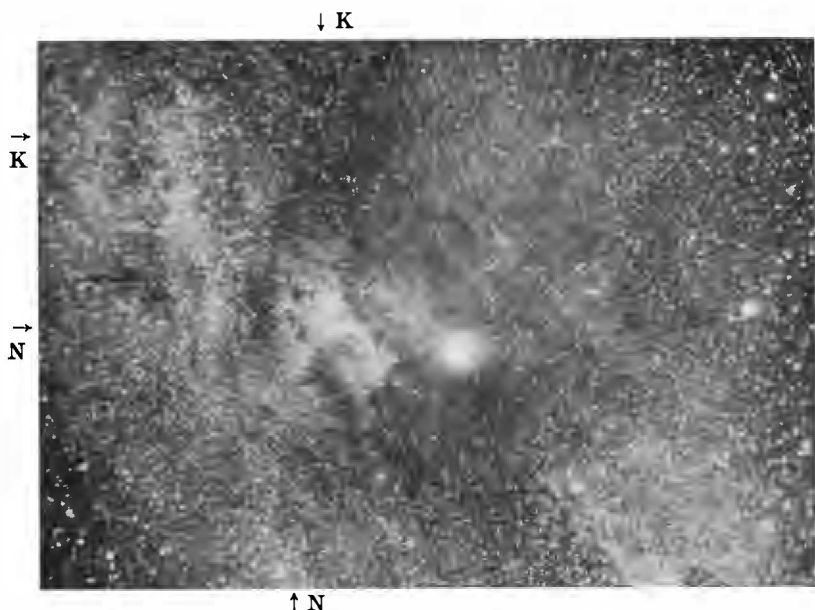


Abb. 64 Die Umgebung von Deneb (α im Schwan, der helle Stern unterhalb der Bildmitte). Etwa $14^m/m$ links von Deneb der „Nordamerikanebel“ (N) (Abb. 65), darüber die große nördliche „Kohlensack“-Dunkelwolke (K)

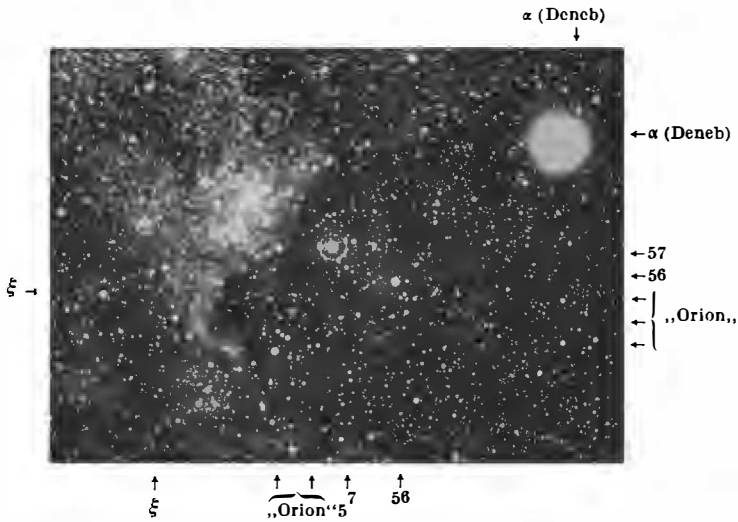


Abb.65 Der Nordamerikanebel

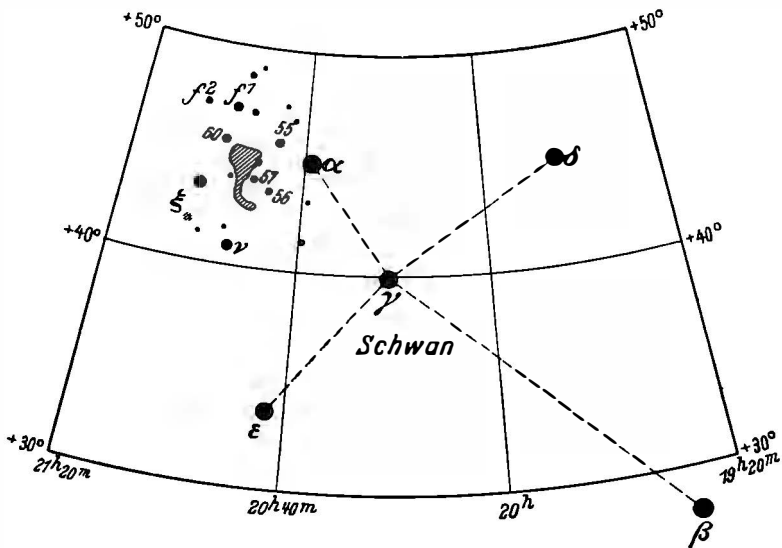


Abb.66 Die Lage des Nordamerikanebels bei α im Schwan

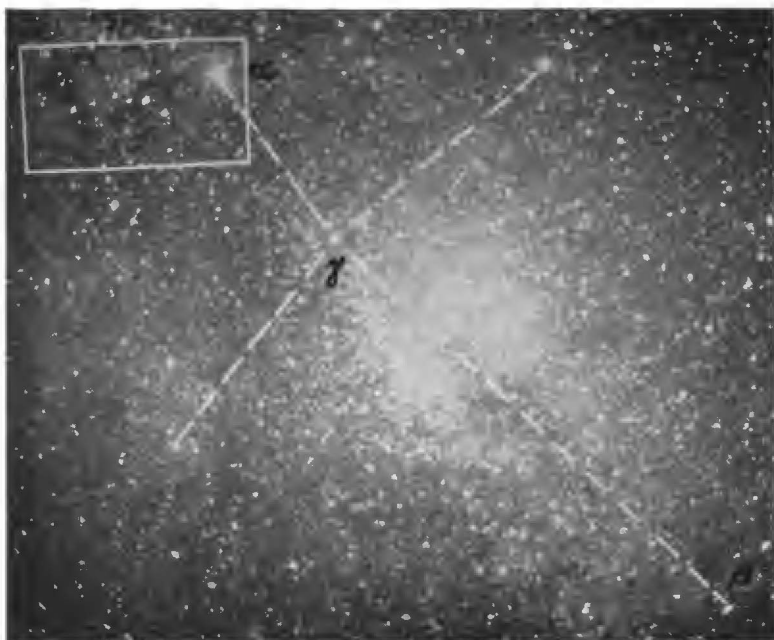


Abb. 67 Die große Milchstraßenwolke zwischen den Sternen Beta (β) und Gamma (γ) des Schwan. Links von Alpha (α , Deneb) umrandet das in Abb.65 dargestellte Feld mit dem Nordamerikanebel

30 mm Öffnung an aufwärts, ist das einzige Instrument, mit dem man ihn gut sehen kann. Das erste Aufsuchen ist infolge der sternreichen Gegend nicht einfach; wenn man ihn aber einmal gefunden hat, kann er nie mehr übersehen werden. Der Himmel muß ganz dunkel, auch ohne Mondschein und sehr durchsichtig sein. Die Karte (Abb.66) veranschaulicht seine genaue Lage in der Nähe des Deneb. Für die Beobachtung solcher lichtschwacher Objekte kann man vorteilhaft das „Stäbchensehen“ (s. S. 126) verwerten, indem man nicht zentral blickt, sondern einen Punkt am Rande des Gesichtsfeldes scharf fixiert. Dadurch tritt ein lichtschwaches Objekt oft gut hervor. Abbildung 65 zeigt den Nebel nach einer Aufnahme mit dem Sonneberger 170-mm-Zeiss-Triplet. Bei der Aufsuchung (Abb.65) achte man besonders auf die orionartige Sternfigur rechts des Nebels in der „Bucht von Mexiko“, auf die am Bildrand besonders hingewiesen wird. Man wird überrascht sein, wie gut (wenn auch zart) der Nebel sich aus dem Sterngewimmel herauslöst, wenn man

ihn einmal erfaßt hat. Wenig nordöstlich von Deneb kann kein aufmerksamer Beobachter mitten im Zuge der Milchstraße die große, als „Nördlicher Kohlsack“ bezeichnete Dunkelwolke übersehen, die in Abbildung 64 dargestellt ist. In etwa 1800 Lichtjahren Abstand lagert hier eine gewaltige Wolke lichtabschirmender Gase und fester Teilchen zwischen uns und den fernen Sternen, eine scheinbare Sternleere vortäuschend. In zwei großen parallelen Zügen wendet sich die Milchstraße vom Schwan aus abwärts nach Süden. Der linke, östliche Zug trifft zunächst die Sternbilder Fuchs und Pfeil, die sehr reiche Gegenden im Feldstecher sind. Dann erreicht dieser Milchstraßenast den Adler, den er mitten durchquert. Hier sind es außer dem allgemeinen Sternreichtum wieder zwei besondere Objekte, die die Beobachtung lohnen. Nur wenig westlich (rechts) des Sterns Gamma (γ) befindet sich eine Stelle mit den oben erwähnten dunklen kosmischen Staubmassen von eigenartiger Gestalt (Abb. 68). Es ist die „dreiteilige dunkle Höhle“, deren Anblick in der sternreichen Gegend von eigenem Reiz ist. Auch zu ihrer Auffindung

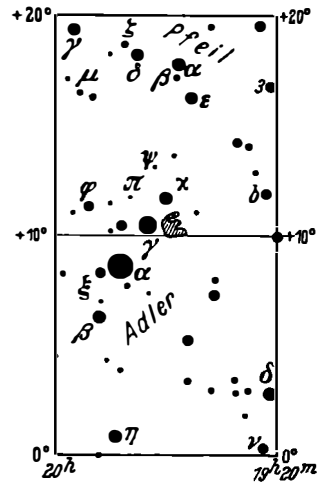


Abb. 68 Die Lage
der dreiteiligen Dunkelhöhle bei γ im Adler

gebe ich eine Karte. Zu ihrer Sichtbarkeit sind ähnliche Bedingungen nötig wie beim Amerikanebel, also dunkler mondfreier und durchsichtiger Himmelszustand. Dann aber wird sie infolge des großen Kontrastes leichter sichtbar als jener. Da sie unmittelbar westlich von Gamma (γ) im Adler steht, ist sie leicht zu finden (Abb. 69). Als weiteres Objekt finden wir südwestlich des Sterns Lambda (λ) im Adler die große Milchstraßenwolke, die genauer zum *Schild* (Scutum) gerechnet werden muß, eine

Stelle mit vielen dichtgedrängten Sternen und großer Helligkeit. An ihrem nordöstlichen Rand finden wir den Sternhaufen Messier 11 (Karte Abb.93). Abbildung 70 zeigt uns diese eindrucksvolle große Sternwolke mit ihrer Umgebung. In Richtung zum Schützen verläßt die Milchstraße diese Gegend, um dort nochmals ihre, und zwar für ihren ganzen Zug

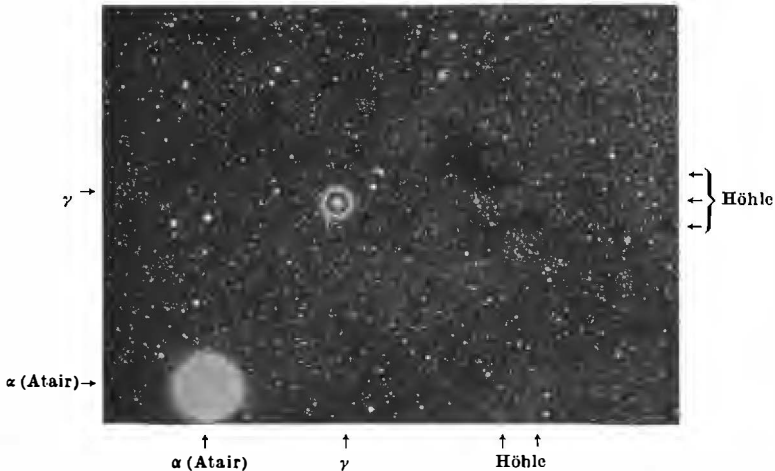


Abb. 69 Die dreiteilige Höhle bei γ im Adler

größte Helligkeit zu entfalten, was bei uns allerdings nur in sehr klaren und bis zum Horizont dunstfreien Sommer- und Herbstnächten zu sehen ist. Der Feldstecher zeigt dann dort eine unerhörte Sternpracht, ein Anblick von hohem Reiz. Zwischen den Sternmengen liegen eine ganze Anzahl Sternhaufen und Nebelflecke, die wir später kennenlernen. Der vom Schwan ausgehende andere, westliche Zug der Milchstraße ist weniger glanzvoll, er geht östlich am Herkules vorbei zum Nordteil des Schlangenträgers, dann kommt eine offenbar durch Dunkelwolken erzeugte Lücke, und der vom Südteil des eben genannten Bildes weiterlaufende Ast wird im Skorpion am Horizont unsichtbar.

Im Winterhalbjahr wird auch der andere Nordteil der Milchstraße sichtbar. Vom Schwan aus geht sie zunächst zum Cepheus und weiter zur Kassiopeia und zum Perseus. In diesen beiden Bildern entfaltet sie wiederum eine große Helligkeit. Zwischen Kassiopeia und Perseus liegt mitten in ihren Sternmengen der Doppelsternhaufen η und χ im Perseus, ein Objekt von seltener Schönheit (Karten Abb.59 und 84 und



Abb.70 Die helle Milchstraßenwolke im Schild (unterhalb der Bildmitte)

Abb.71). Im Perseus beachte man besonders die Gegend um Alpha (α) Persei mit den vielen hellen Sternen. Vom Perseus läuft die Milchstraße weiter zum Fuhrmann. Auch bei der aufmerksamen Durchmusterung dieses Bildes können wir an mehreren Stellen Sternhaufen auffinden (Karte Abb. 92), die allerdings nicht so glanzvoll sind wie der Perseusdoppelhaufen. Um Mitternacht zur Weihnachtszeit steigt die Milchstraße jetzt abwärts zum Westteil der Zwillinge, geht östlich am Orion vorüber durch die sternarme Gegend des Einhorns, wo wir auch wieder einige schwache Sternhaufen finden (Abb.88 und 89). Östlich des Großen Hundes mit dem Sirius gelangt die Milchstraße zum Schiff Argo, das sich dort durch viele Sterne 3. Größe auszeichnet, um hierauf am Südhorizont unseren Blicken zu entschwinden. Die aufmerksame Verfolgung des

leuchtenden Himmelsbandes in dunkler klarer Nacht in einem guten Feldstecher oder auch schon in einem lichtstarken Opernglas wird zu einem unvergeßlichen Erlebnis.

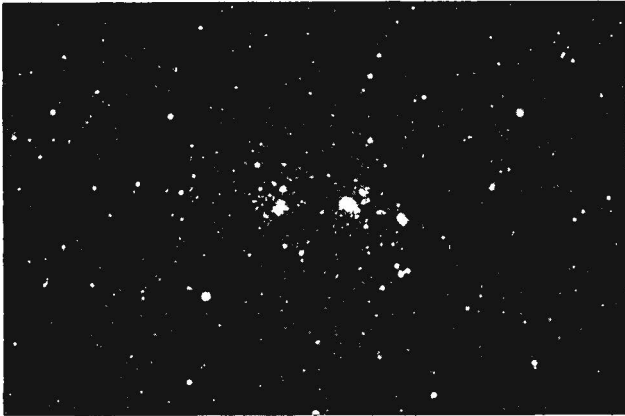


Abb. 71 Der prachtvolle Doppelsternhaufen h und χ im Perseus

Die Forschung unserer Tage hat es sehr wahrscheinlich gemacht, daß „unser“ Sternsystem ein Spiralnebel ist, wie wir deren zahlreiche mit großen Instrumenten beobachten oder photographieren können. Die Übereinstimmung des ganzen Aufbaues unserer Milchstraße mit einer Anzahl gut untersuchter Spiralnebel ist so vollkommen, daß an der Tatsache kaum zu zweifeln ist: Von einem Punkt weit außerhalb würde auch unser Sternsystem als Spiralnebel erscheinen. Unsere Sonne, nur ein winziger Stern unter mehr als 100 Milliarden anderer, wäre dann längst im allgemeinen Sternschimmer verschwunden. Rund vier Fünftel aller Sterne sind allein im Zentrum der Milchstraße (Richtung Schütze) vereinigt.

13. Doppelsterne

Wenn wir mit unserem Feldstecher das nächtliche Heer der fernen Sonnen über uns durchmustern, so treffen wir nicht selten auf Stellen, an denen mitunter zwei Sterne gleicher oder verschiedener Helligkeit dicht beieinander stehen: wir haben einen Doppelstern erblickt. Zwei Sonnen stehen hier entweder wirklich (d. h. durch die Schwerkraft miteinander verbunden, wobei sie in Jahrzehnten oder Jahrhunderten umeinanderkreisen) oder scheinbar (wobei sie nur in nahezu gleicher Sehrichtung, aber in ganz verschiedenen Abständen von uns stehen) so dicht beieinander, daß man ein mehr oder minder starkes Fernrohr braucht, um die beiden Einzelsterne deutlich zu erkennen. Schon für das bloße Auge gibt es einige Sterne, die bei genauem Hinsehen doppelt erscheinen; im Feldstecher sind diese Sterne dann weit getrennt. Den scheinbaren Abstand der beiden Einzelsterne eines Doppelsterns voneinander gibt man im Winkelmaß an, man sagt z. B., der Doppelstern Beta (β) im Schwan hat 35'' Distanz, d. h., die beiden Sterne schließen mit ihren Sehstrahlen einen Winkel von 35 Bogensekunden ein. Dieser Abstand und auch die Helligkeit der beiden Einzelsterne ist maßgebend für ihre Trennbarkeit durch das Fernrohr. Die scheinbare Helligkeit der Sterne gibt man bekanntlich in Größenklassen an, wobei das bloße Auge noch die Sterne 6. bis 7. Größe sehen kann. Ein Feldstecher 6 \times 30 läßt noch Sterne 9,5. Größe sehen, Feldstecher von 40 und 50 mm Öffnung zeigen noch Sterne bis 11,5. Größe, wenn der Himmel sehr klar ist. Ein Doppelstern kann dann schwierig als solcher zu sehen sein, wenn entweder der Abstand der beiden Einzelsterne sehr klein oder einer der beiden Sterne sehr hell und der andere schwach ist, so daß dieser überstrahlt wird. Auf gute Standfestigkeit des Feldstechers ist bei den Doppelsternbeobachtungen zu achten; die im folgenden beschriebenen und auf den Kärtchen verzeichneten Doppelsterne sind bei 6- bis 10facher Vergrößerung zu beobachten; einige schwierigere Sterne für Feldstecher mit Vorsatzfernrohren bzw. für Spektive und Aussichtsfernrohre sind in der Liste S. 140 angefügt.

Mitunter erscheinen die beiden Einzelsterne in verschiedenen Farben, hierauf achte man besonders.

Der kleine Stern γ im Großen Bären, Alkor, ist neben dem Stern Zeta (ζ), dem Mizar, im Knick der Wagendeichsel des Großen Himmelswagens oder Großen Bären schon mit bloßem Auge zu erkennen, im Feldstecher ist er ein auffälliges Objekt. Richten wir den Feldstecher mit einem Vorsatzfernrohr bei etwa 18- bis 25facher Vergrößerung oder eines der beschriebenen Erdfernrohre auf Mizar, so erkennen wir, daß auch er doppelt ist; der Begleiter ist $14''$ (Bogensekunden) entfernt (Abb. 72 und Karte Abb. 73).

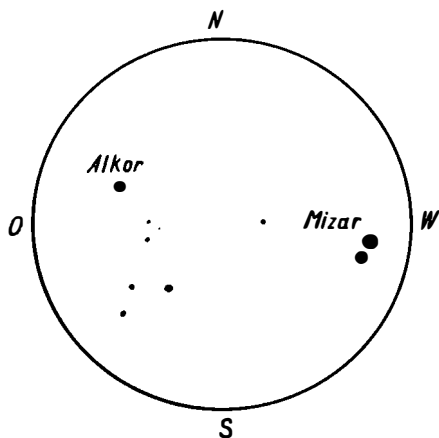


Abb. 72 Doppelstern Mizar und Alkor (Zeta und γ im Großen Bären)

Im Drachen ist der kleine Stern Ny (ν) doppelt, die beiden Teilsterne sind 5. Größe bei einem Abstand von $61''$ (Karte Abb. 74).

Im Cepheus ist Delta (δ) ein schöner Doppelstern, der Begleiter ist 7,5. Größe, der Abstand beträgt $41''$. Der Stern Delta (δ) selbst wechselt sein Licht zwischen den Größen 3,7 und 4,6; er ist ein berühmter veränderlicher Stern und wird uns später noch beschäftigen (Karte Abb. 75).

Das kleine, aber schöne Bild der Leier mit der hellen Wega führt uns eine ganze Anzahl Doppelsterne vor: mit der Wega bilden die Sterne 4. bzw. 5. Größe Epsilon (ϵ) und Zeta (ζ) ein kleines, fast gleichschenkliges Dreieck; beide sind doppelt. Für Epsilon (ϵ) lauten die Zahlen: beide Sterne 5. Größe, Abstand $207''$ (d. h. etwa $3\frac{1}{2}$ Bogenminuten, das gute unbewaffnete Auge erkennt den Stern länglich!); bei Zeta (ζ) sind die Sterne von der Größe 4,3 und 5,9 mit $44''$ Abstand. Ferner ist auch Delta (δ) doppelt: 4^m5 und 5^m5^1 mit $750''$ Distanz (Karte Abb. 76).

In den Jagdhunden ist der kleine Stern 15 doppelt: 6^m und 6^m2 , Abstand $53''$ (Karte 73). Die Jagdhunde liegen südlich des Großen Bären.

In dem schönen Kreuz des Schwans ist der Stern Beta (β) bei guter

1 Das kleine hochgestellte m bedeutet „Größe“ (Magnitudo),

Luft mit 8- bis 10mal aufzulösen: die Sterne sind 3^m2 und 5^m4 mit $35''$ Abstand. Dieser Doppelstern mit Namen Albireo ist ein schönes Beispiel für Verschiedenfarbigkeit der beiden Einzelsterne: der größere erscheint gelb, der kleinere bläulich. Bei stärkerer Vergrößerung im Vorsatzfernrohr ist dies noch deutlicher zu sehen (Karte Abb. 77). Nicht weit davon, auf derselben Karte verzeichnet, finden wir den kleinen Stern 6 im Fuchs, der ebenfalls ein schöner Doppelstern ist: 4^m6 und 6^m mit $403''$ Abstand. Der Stern My (μ) im Skorpion besteht aus zwei weit auseinander stehenden Sternen, 3^m1 und 3^m6 (Karte Abb. 78).

Im Steinbock sind Alpha (α) und Beta (β) zwei eindrucksvolle Doppelsterne: Alpha (α): 3. und 4. Größe mit $376''$, Beta (β): 3^m2 und 6^m2 mit $205''$ Abstand (Karte Abb. 79).

Im Löwen können wir den Stern Tau (τ) versuchen: 5^m4 und 7^m0 bei $90''$ Entfernung, auch der Stern Beta (β , Denebola) ist ein sehr weiter Doppelstern, Größen 2.2 und 7 mit $1134''$ Abstand (Karte, Abb. 80).

Der Orion gibt uns mit seinem obersten Gürtelstern Delta (δ) einen Doppelstern: 2^m5 und 6^m9 , Abstand $53''$ (Karte Abb. 81). Im Hasen (Lepus), einem kleinen Sternbild südlich vom Orion, ist Gamma (γ) doppelt: 3^m8 und 6^m4 mit $95''$ Abstand (Karte Abb. 82).

Die V-förmige Hyadengruppe des Stiers mit dem rötlichen Aldebaran birgt gleich mehrere Doppelsterne: Sigma (ς), Theta (θ) und Delta (δ). Ihre Größen und Abstände sind: Sigma (ς): 4^m8 , 5^m2 , $42''$; Theta (θ): 4^m3 , 7^m0 , $63''$; Delta (δ) ist ein sehr weites Sternpaar 4. Größe. Im Stier ist ferner der Stern Tau (τ) doppelt: Größen 4.3 und 8, Abstand $63''$ (Karte Abb. 83).

Im Anhang finden wir ein kleines Verzeichnis weiterer Doppelsterne, die mit einem Vorsatzfernrohr oder den Aussichts-Fernrohren beobachtet werden können. Das Ergebnis wird je nach dem Umfang der optischen Kräfte und der Beschaffenheit des Himmels verschieden sein; selbstverständlich wird auch ein geübtes Auge schwächere Begleitsterne leichter erkennen als das Auge eines Sternfreundes, der zum ersten Male beobachtet. An den Doppelsternen zeigt sich ganz besonders, daß auch das Sehen gelernt sein will; das Auge wird zugleich durch diese Beobachtungen geschult.

14. Veränderliche Sterne

Es sind bis jetzt zahlreiche Sterne bekannt, die nicht in konstantem Licht leuchten. Ihre Helligkeit ändert sich in kürzeren oder längeren Zeiträumen entweder regelmäßig (periodisch) oder auch unregelmäßig. Diese veränderlichen Sterne sind für die Erforschung der physikalischen Zustände der fernen Sonnen äußerst wichtig geworden. Liegt bei einem Stern streng regelmäßiger Lichtwechsel vor, so ist er entweder ein „Bedeckungsveränderlicher“, d. h., um den Stern kreist ein zweiter Stern (wie der Mond um die Erde), der den ersteren während jeden Umlaufs von der Erde aus gesehen einmal teilweise oder ganz verfinstert, dazwischen aber auch je einmal umgekehrt von jenem verdeckt wird. Hierdurch wird die Gesamthelligkeit des Systems, das wir als *einen* Stern sehen, durch periodisch eintretende Zeiten kleinsten Lichts (Minima) herabgesetzt. Oder aber es handelt sich um einen Delta-Cephei-Stern oder einen Mira-Stern, die eine wirkliche periodische Schwankung ihrer Lichtaussendung zeigen. In diesen Fällen liegt die Ursache der Helligkeitsschwankungen in den Sternen selbst (Aufblähung und Zusammenziehung ihrer äußeren Schichten, „Pulsationen“), die die Strahlung periodisch schwanken lassen. Ein ähnlicher Vorgang erzeugt vielleicht auch die allerdings mehr oder weniger unregelmäßigen Lichtschwankungen der unregelmäßigen veränderlichen Sterne.

Ein Stern der ersten Art ist Algol, Beta (β) im Perseus, den wir im Winterhalbjahr gut beobachten können (Karte Abb. 84). Im Verlauf von etwa 5 Stunden sinkt die Helligkeit des Sterns von der Größe 2.2 auf die Größe 3.5, er wird also merklich schwächer. Im Feldstecher ist das noch deutlicher zu sehen. Dann bleibt er etwa 20 Minuten lang schwach, um darauf im Verlauf von 5 Stunden wieder zur Größe 2.2 anzusteigen. Alle 2.87 Tage tritt ein solches Minimum ein. Wenn man während der Verfolgung dieser Lichtänderung einen etwa gleichhellen, aber konstanten Nachbarstern mitbetrachtet, so wird die Helligkeitsänderung noch sinnfälliger. Als „Vergleichssterne“ eignen sich für Algol: Gamma (γ) in der Andromeda (2^m3); Epsilon (ϵ) im Perseus (2^m9); Delta (δ) im Perseus (3^m1).

Als einen anderen veränderlichen Stern lernten wir bereits bei den Doppelsternen Delta (δ) im Cepheus kennen (Karte Abb. 75). Hier haben wir eine Sonne mit wirklicher Strahlungsänderung vor uns, die ihr Licht von der Größe 3.7 bis zur Größe 4.3 ändert. Die Periode beträgt hier 5.37 Tage, d. h., ein Minimum bzw. Maximum folgt dem vorigen 5,37 Tage später. Hier können wir als Vergleichssterne Jota (ι) im Cepheus (3.^m7) und Epsilon (ϵ) im Cepheus (4.^m2) benutzen, die wir abwechselnd mit dem Veränderlichen betrachten, wobei wir uns ihre Helligkeit gut merken.

Durch die genaue Beobachtung und Bestimmung der Bedeckungselemente von Algol z. B. konnte man ermitteln, daß die wahren Größen der auch im stärksten Fernrohr nicht sichtbaren Einzelsterne 2.2 und 2.4 Sonnendurchmesser sind, beide Sterne sind also größer als unsere Sonne! „Mira Ceti“, d. h. der wunderbare Stern im Walfisch, war der erste veränderliche Stern, der überhaupt als solcher erkannt wurde, und zwar im August 1596 von dem ostfriesischen Sternfreund und Pfarrer DAVID FABRICIUS. Es ist o (Omikron) dieses Bildes (Abb. 85 und 86). Der Stern ist ein sog. langperiodischer Veränderlicher mit einer Periode von 331,6 Tagen, also etwas weniger als einem Jahr. Er kann im Maximum die 2. bis 5. Größe erreichen, im Minimum auf 8. bis 10. Größe absinken. Mira ist ein „roter Überriese“, vom 500fachen Durchmesser unserer Sonne. An die Stelle der Sonne versetzt, würde er fast die Jupiterbahn

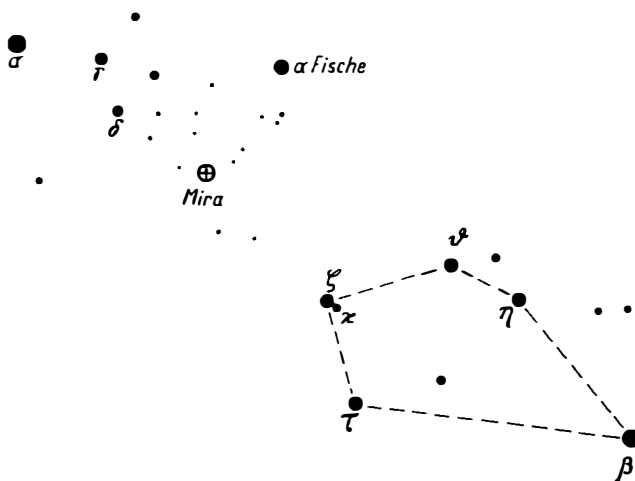


Abb. 85 Karte zur Aufsuchung von Mira (⊕) im Walfisch. Der Stern steht fast in der Mitte zwischen α und ζ (im „Fünfeck“ des Walfischs)

einschließen! Seine Entfernung beträgt 250 Lichtjahre, seine Oberflächentemperatur 2500°. Mit einem guten Feldstecher dürfte Mira auch in den Zeiten seines Minimallichtes beobachtbar sein. Die hier gegebenen Kärtchen werden seine Auffindung erleichtern.

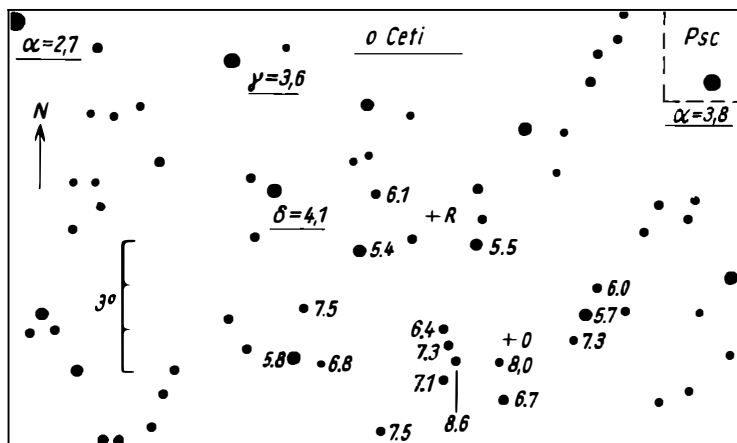


Abb. 86 Veränderlicher Stern „Mira“ im Walfisch (o Ceti) (Ort mit + bezeichnet), mit Vergleichssterne

Es ist äußerst reizvoll, den Lichtwechsel eines veränderlichen Sterns über eine längere Zeit zu verfolgen. Dazu ist immer eine möglichst unvoreingenommene „Schätzung“ seiner Helligkeit im Anschluß an diejenige einiger benachbarter bzw. im gleichen Gesichtsfeld stehender unveränderlicher „Vergleichssterne“ nötig. Den Helligkeitsunterschied Vergleichssterne – veränderlicher Stern gibt man in „Stufen“ an. Kommt man z. B. bei genauer mehrfacher Prüfung der beiden Helligkeiten zu dem Ergebnis, daß der Vergleichssterne gerade eben etwas heller ist als der veränderliche, so notiert man a 1 v, d. h., der Vergleichssterne a ist eine Stufe heller als der veränderliche Stern. Ist der Stern a noch deutlicher der hellere, so schreibt man a 2 v, ist er auf den ersten Blick als heller zu erkennen, a 3 v usw. Diese Helligkeitsschätzungen müssen natürlich geübt werden, mit der Zeit werden sie immer genauer und sicherer. Ist umgekehrt der veränderliche Stern heller als der Vergleichssterne, so kennzeichnet man dies durch v 1 a, v 2 a usw. Da in den meisten Fällen bei genauer Untersuchung des Lichtwechsels ein Vergleichssterne nicht ausreicht, muß man zwei oder mehr Vergleichssterne zu Hilfe nehmen, von denen der hellere nach Mög-

lichkeit gleichhell oder besser etwas heller sein sollte als der veränderliche im Maximum seines Lichtwechsels; der zweithellste etwa 3 bis 5 Stufen schwächer usw.; der schwächste so hell oder etwas schwächer als der veränderliche in seinem schwächsten Licht.

Man kann so den veränderlichen Stern immer an mindestens zwei Vergleichssterne anschließen, wodurch die Festlegung des Lichtwechsels genauer wird.

Die wirklich ernste und vor allem auch ausdauernde Mitarbeit von Amateuren auf dem sehr großen Gebiet der veränderlichen Sterne ist außerordentlich erwünscht. Mit leistungsfähigen Feldstechern oder den beschriebenen Kleinfernrohren ist die Beobachtung solcher Sterne bis zur etwa 10. Größenklasse möglich. In den verschiedenen Jahrgängen des „Kalenders für Sternfreunde“ von Dr. P. AHNERT sind wichtige Hinweise auf Beobachtungsmöglichkeiten gegeben worden; im Jahrgang 1962, S. 167 ff., hat Prof. Dr. ROLF MÜLLER das Beobachtungsverfahren ausführlich beschrieben.

15. Sternhaufen und Nebel

Es gibt am Himmel Stellen, an denen die Sterne mitunter dicht gedrängt stehen. Als eine besondere Sternansammlung lernten wir bereits die Milchstraße mit ihren großen Sternwolken kennen. Es gibt aber auch am übrigen Himmel Stellen, an denen oft viele Sterne dicht gedrängt erscheinen und die, besonders wenn die Sterne heller sind, im Feldstecher einen ungewöhnlich schönen Anblick bieten. Das eindrucksvollste Objekt dieser Art sind unstreitig die Plejaden, das „Siebengestirn“ im Stier (Abb. 87). Wie schon der Volksname dieses Objektes besagt, sieht das gute bloße Auge an dieser Stelle des Himmels gegen 7 Sterne. Die auffällige kleine Sterngruppe beginnt Anfang September gegen 10 Uhr abends am nordöstlichen Horizont zu erscheinen und ist im ganzen Winterhalbjahr gut zu beobachten. Die Plejaden sind eines der ersten Himmelsobjekte gewesen, die der Mensch überhaupt mit Interesse verfolgt hat. Nach alten überlieferten Aufzeichnungen hat man die kleine Sterngruppe bereits vor 6000 Jahren beobachtet.

Schon im kleinsten Opernglas bietet die Gruppe einen ungewöhnlich schönen Anblick, der indessen von demjenigen im Feldstecher mit großem Gesichtsfeld und guter Lichtstärke noch übertroffen wird (Abb. 87). Je stärker die Vergrößerung und je größer die Öffnung des Feldstechers ist, um so mehr Sterne kommen zum Vorschein. Bereits im 10fachen Glas sieht man die 3 kleinen Begleiter des mittleren helleren Sterns, Alkyone; im 6fachen Feldstecher mit 3fachem Vorsatzrohr sind die 3 Sternchen noch deutlicher zu sehen; Alkyone stellt also ein 4faches Sternsystem dar. Im ganzen gehören zu dem Haufen mehrere hundert Sterne; der Durchmesser des Haufens beträgt etwa 30 Lichtjahre, die Entfernung von uns gegen 400 Lichtjahre. — Nicht weit von den Plejaden finden wir ebenfalls im Stier die v-förmige Gruppe der Hyaden mit dem Stern 1. Größe Aldebaran. Auch von dieser Gruppe kann kein Instrument einen so schönen Anblick geben wie ein Feldstecher mit großem Gesichtsfeld. Zu dieser Gruppe gehören einige Doppelsterne, die wir bereits kennenlernten, wodurch dieser lockere Sternhaufen besonders interessant wird (Karte

Abb.83). Am Winterhimmel finden wir weiter folgende Sternhaufen, die sich zur Betrachtung mit dem Feldstecher eignen: Den Haufen M 35 (das M bedeutet Messiers Katalog der Sternhaufen und Nebelflecke) in den Zwillingen (Karte Abb.89), westlich von dem Sterne Epsilon (ϵ); den

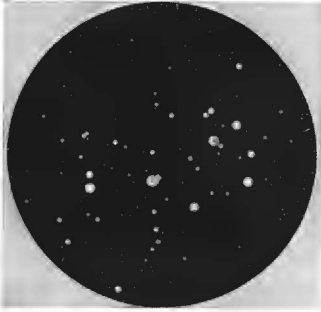


Abb.87
Offener Sternhaufen „Plejaden“ im Stier

Haufen M 41 genau 4° südlich vom Sirius, dem hellsten Stern des Himmels (Karte Abb.90), die Haufen M 46 und NGC (= Neuer General Katalog der Sternhaufen und Nebel von DREYER) 2422 im Schiff Argo (Karte Abb.90 und Abb.88), die Haufen M 50, NGC 2548, 2301 und 2244 im Einhorn (Karte Abb.89 und 90). Die Objekte sind auch sämtlich auf der Winterkarte eingetragen. Ein Sternhaufen besonderer, hellerer Art ist die „Krippe“ im Krebs (M 44, mit den beiden Sternen Gamma (γ))

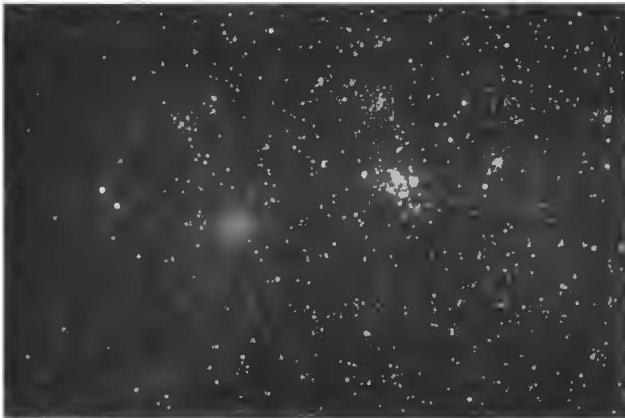


Abb. 88 Die beiden Sternhaufen M 46 und NGC 2422 im Schiff Argo (Puppis = Hinterteil des Schiffes), östlich des Sirius (s. Karte Abb. 90)

und Delta (δ) ein stumpfwinkliges Dreieck bildend), der in der sonst stern-
 arinen Gegend deutlich auffällt. Die Krippe ist ein ähnlich schönes Objekt
 wie die Plejaden und die Hyaden, nur mit schwächeren Sternen, die etwa
 von der 6. Größe sind (Abb. 4 und 91). Ein noch schwächerer Haufen ist
 M 67 im Krebs, westlich von dem Stern Alpha (α) im Krebs (beide auf
 der Karte Abb. 91). Im Fuhrmann können wir mitten in der Milchstraße
 den Schimmer der drei Sternhaufen M 36, 37 und 38 wahrnehmen (Karte
 Abb. 92). Der Perseus enthält nahe bei dem berühmten Stern Alcol den
 schönen Haufen M 34 (Karte Abb. 84) sowie die beiden prachtvollen
 Sternhaufen η und Chi (χ), zwischen Perseus und Kassiopeia (Abb. 71 und
 84). In dieser können wir nahe bei Delta (δ) Cassiopeiae den schwachen

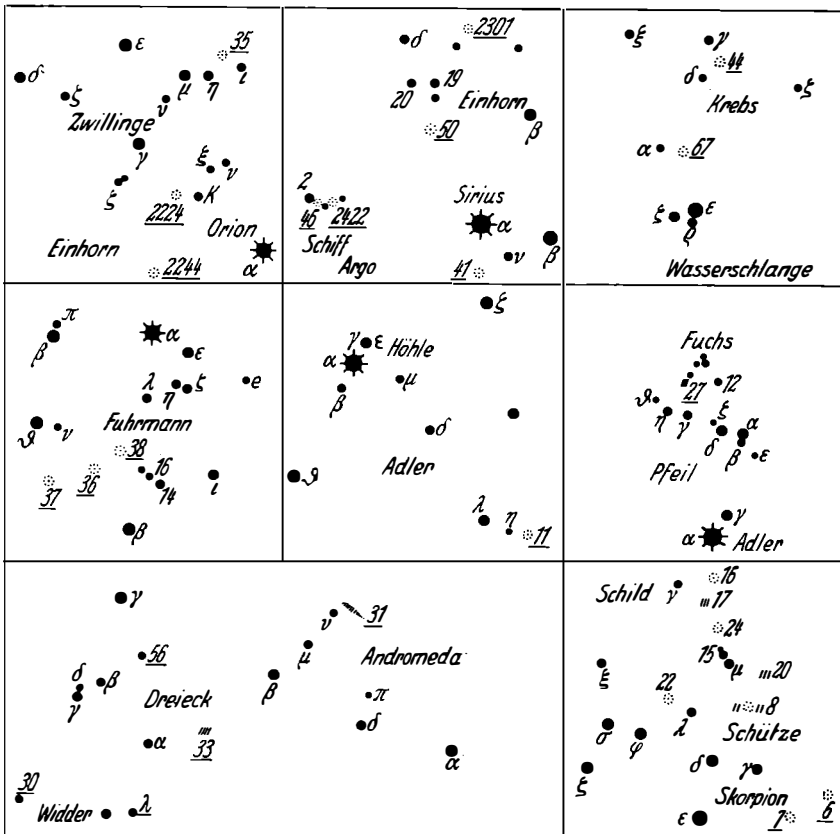


Abb. 89 bis 96 Sternkarten mit Objekten

Haufen M 103 beobachten. Im Schwan finden wir nicht weit vom Amerikanebel den Haufen M 39.

In den Sternbildern des Sommerhalbjahres können wir folgende Sternhaufen sehen: den bereits bei der Beschreibung der Milchstraße erwähnten schönen Haufen M 11 bei Lambda (λ) im Adler (Karte Abb. 93), die als verwaschene Sterne oder kleine runde Nebelflecke erscheinenden Kugelsternhaufen M 2 im Wassermann (Karte Abb. 79), M 15 im Pegasus, M 13 im Herkules, M 5 in der Schlange, M 4 rechts von Antares, sowie auch M 80 zwischen Antares und Beta (β) im Skorpion (Karte Abb. 78). Endlich lohnt eine Betrachtung des sehr lockeren, aus einzelnen hellere Sternen aufgebauten Haufens „Haar der Berenice“. Ganz besonders reich an Sternhaufen und Nebeln ist der Schütze (s. am Schluß dieses Teils).

Offene Sternhaufen, deren Sterne im Feldstecher bzw. Fernrohr einzeln erkannt werden können und im Haufenmittelpunkt nur wenig dichter stehen als in den äußeren Partien, befinden sich innerhalb unseres Milchstraßensystems. Durchmesser, Sternzahl und Sterndichte schwanken in weiten Grenzen: etwa $\frac{3}{4}$ der bekannten Haufen haben Durchmesser zwischen 6.5 und 20 Lichtjahre; die Grenzen sind jedoch oft verwaschen. Die Sternzahl ist unterschiedlich zwischen 1 bis 2 Dutzend und mehreren Tausend und ebenso die Sterndichte; einer der dichtesten Haufen ist Messier 11 im Sternbild Schild (Abb. 93), ein Haufen sehr geringer Dichte sind die Hyaden im Stier (Abb. 83). Die Sterne eines jeden Haufens stellen eine gemeinsam entstandene Sternfamilie dar, außerdem liegen bei den einzelnen Haufen erhebliche Altersunterschiede vor. Zu den „jüngsten“ offenen Sternhaufen gehören z. B. η und χ im Perseus (Abb. 71), Alter etwa 1 Million Jahre; etwa 50 Millionen Jahre alt sind die Plejaden-Sterne (Abb. 87), und der nur aus schwächeren Sternen bestehende Haufen Messier 67 im Krebs (Abb. 91) ist mit 5 bis 6 Milliarden Jahren einer der ältesten bekannten.

„Kugelsternhaufen“ oder kugelförmige Haufen sind nach ihrem Mittelpunkt zu äußerst konzentrierte Sternansammlungen; in ihren zentralen Regionen ist selbst mit den größten Teleskopen eine Auflösung in Einzelsterne nicht möglich. Ihre Durchmesser liegen bei etwa 230 Lichtjahren; die Zahl der Sterne in ihnen schwankt nach verschiedenen Abschätzungen zwischen mehreren Zehntausend und (bei den sternreichsten Haufen) bis zu 50 Millionen.

Die Kugelhaufen umgeben unser Milchstraßensystem innerhalb eines fast sphärischen Raumes von etwa 130000 Lichtjahren Durchmesser. Offene und Kugelsternhaufen wurden auch in bzw. bei anderen Sternsystemen (Galaxien) gefunden. Das Alter der Kugelhaufen mit 5 bis 6 Milliarden Jahren macht sie zu den ältesten Gebilden, die wir kennen.

Die *Nebel* können sehr verschiedener Natur sein. Entweder haben wir es bei ihnen mit sehr weit entfernten Sternanhäufungen zu tun, deren Einzelsterne zu einem undeutlichen Schimmer verschwimmen, wie z. B. bei den Spiralnebeln, die ausnahmslos eigene Weltsysteme (Milchstraßensysteme) aus vielen Milliarden Sternen darstellen, oder wir finden wirkliche Nebel am Himmel, die aus riesigen Wolken leuchtender kosmischer Gase und Staubmassen bestehen. Diese Gasnebel gehören dem System unserer Milchstraße an.

Hellster Nebelfleck des ganzen Himmels ist der große Nebel im Orion M 42 (Karte Abb. 81 und Abb. 97). Er hüllt den Stern Theta (θ) unterhalb



Abb. 97 Unterer Teil des Orion mit den drei Gürtelsternen δ , ϵ , ζ oben und dem Nebel unten

der drei Gürtelsterne des Bildes ein. Die Gegend zeigt nach einer photographischen Aufnahme Abbildung 97. Man sieht in der oberen Bildhälfte deutlich die drei Gürtelsterne und unten den Nebel mit seinen Nachbarsternen. Schon das kleinste Opernglas verrät sein Dasein, und ein lichtstarker Feldstecher gibt von ihm ein ausgezeichnetes Bild. Man muß eine

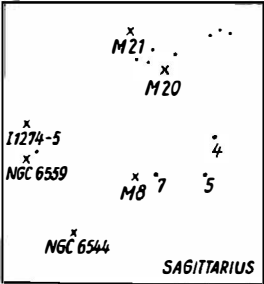


Abb. 98

Abb.99 Milchstraße im Schützen mit den beiden Gasnebeln Messier 8 und Messier 20 sowie einigen kleineren Nebeln und Sternhaufen. M 8 = NGC 6523 (Lagunen-Nebel) und M 20 = NGC 6514 (Trifid-Nebel). Inmitten dieses mit chaotischen, teils schlauchförmigen Dunkelwolken durchsetzten Feldes nahe dem galaktischen Zentrum $\alpha = 17^{\text{h}} 42^{\text{m}} 4$, $\delta = -28^{\circ} 55'$ für 1950) befinden sich zwei Gasnebel, die ähnlich wie der Orionnebel durch die Ultraviolettstrahlung heißer Sterne zum Leuchten gebracht werden: NGC 6514 = M 20, wegen seiner Dreiteilung „Trifid-Nebel“ genannt, und NGC 6523 = M 8, wegen der ihn durchsetzenden breiten Absorptionswolke (s. Großaufnahme Abb.98) als „Lagunen-Nebel“ bezeichnet. Der Anblick beider Nebel in einem weitwinkligen Kometensucher (und lichtstarken Feldstecher, R. B.) ist ebenso überwältigend wie der des Orionnebels. Doch wegen der extrem südlichen Lage für Beobachter auf den gemäßigten Breiten der Nordhalbkugel ist es nur in den wenigen und selten ganz dunklen und klaren Sommernächten möglich, diese Nebelgruppe ungestört und mit vollem Genuß zu beschauen.

M 20 und M 8 wurden von dem sowjetischen Astrophysiker M. A. KASARJAN im Lichte der Wasserstofflinie $H\alpha$ untersucht. Für den Wasserstoff ergaben sich Massen von 70- bzw. 1690fachen der Sonnenmasse. Beide Nebel sind nahezu gleich weit von uns entfernt, nämlich 700 bis 800 pc (1 Parsec = pc = 3,26 Lichtjahre, R. B.)

Verkleinerte Wiedergabe aus dem „Messier-Buch“ von Dr. H. VEHRENBURG, mit freundlicher Erlaubnis des Autors



IC 1274-75
18°06'7, -23°46'
N, 12' x 8', Sp: e

M 21 ^{NGC 6531}
18°01'8, -22°30'
Cl, 7^m2, 50 •
ϕ = 12', type: d

M 8 ^{NGC 6523}
^{'Lagoon'}
18°01'6, -24°20'
N, 60' x 35', Sp: e

NGC 6559
18°06'8, -24°08'
N, 8' x 6', Sp: e

NGC 6544
18°04'3, -25°01'
Gl, 11^m0, Sp: GI
ϕ = 1', type: IX

M 20 ^{NGC 6514}
^{'Trifid'}
17°58'9, -23°02'
N, 29' x 27', Sp: e



Abb. 99 (s. nebenstehenden Text)

klare, dunkle und mondscheinfreie Nacht zu seiner Beobachtung nehmen. Im Feldstecher, der mit dem Vorsatzrohr verstärkt ist, kann man auch deutlich einige seiner zarten Ausläufer bemerken.

Der Orionnebel ist ein Nebel aus Gas- und Staubmaterie mit etwa 1700 Lichtjahren Abstand. Die Gesamthelligkeit des Nebels ist 3. Größe. Wenig schwächer, etwa 3,5. Größe, ist der große Nebel in der Andromeda M 31, den schon das bloße Auge als länglichen Lichtfleck rechts oberhalb des Sternes (ν) in diesem Bilde sehen kann (Karte Abb. 95 und Abb. 5). Schon im Opernglas und noch weitaus besser in einem Feldstecher mit größeren Objektiven erkennt man die flache Nebelspindel, die ein Milchstraßensystem in etwa 2250000 Lichtjahren Entfernung ist.

Der Andromedanebel ähnelt in seinem Aufbau sehr unserem eigenen Milchstraßensystem. Er ist sogar noch größer und sehr viel massereicher als dieses (neueste Angabe 370 Milliarden Sonnenmassen gegenüber etwa 150 Milliarden bei unserer Milchstraße). Südlich der Andromeda liegt das kleine Sternbild des *Dreiecks* (Triangulum). Zwischen seinem Stern Alpha (α) und dem Stern Beta (β) der Andromeda liegt ein zwar großer, aber visuell äußerst lichtschwacher Spiralnebel. Ich führe ihn nur deshalb an, damit der Beobachter die Lichtstärke seines Glases daran erproben kann. Der Nebel hat die Nummer M 33 (Karte Abb. 95). Er erscheint als großer schwacher runder Fleck. Mit bloßem Auge ist er unsichtbar. Einen ähnlich schwachen, aber kleineren Nebel findet man bei dem letzten Schwanzstern des Großen Bären, es ist M 51 in den Jagdhunden. Er bildet mit den letzten beiden Schwanzsternen ein rechtwinkliges Dreieck.

Ein 8- bis 10faches Glas mit 30 bis 50 mm Öffnung zeigt ihn als mattes, kleines Scheibchen (Karte Abb. 73). In der Leier kann man zwischen den Sternen Beta (β) und Gamma (γ) nach dem berühmten Ringnebel M 57 suchen, der bei dunklem, klarem Himmel als winziges Scheibchen festgestellt werden kann (Karte Abb. 76). Ein größerer Nebel ist der Hantelnebel M 27 im Fuchs, nördlich von dem Stern Gamma (γ) im Pfeil (Karte Abb. 94). Dieser Gasnebel ist als helles Nebelscheibchen bei schon 8facher Vergrößerung deutlich erkennbar. Reich an Sternhaufen und Nebeln ist der Schütze (Karte Abb. 96). Innerhalb der großen Milchstraßenwolken kann man folgende Objekte aufsuchen (St. = Sternhaufen, N. = Nebel): M 8 (s. Abb. 98) (St. und N.); (von Nord nach Süd) M 16, 18, 24, 25, 23, 21, 22 (alles St.); M 17, der Omega-Nebel; M 20 (s. Abb. 99), der Trifidnebel, eine diffuse Gaswolke; ferner die zwei sehr südlich stehenden Sternhaufen M 6 und M 7.

Weitere Nebel finden wir auf den Abbildungen 98 und 99. Abbildung 98 zeigt den Lagunennebel, Abbildung 99 einen Teil der Milchstraße im

Schützen nebst den beiden hellen Gasnebeln Messier 20 (Trifid-Nebel, oben) und Messier 8 (Lagunen-Nebel, unten).

Auf folgende zwei etwas schwierige Nebelobjekte am Winterhimmel sei noch hingewiesen: Nordöstlich von dem Stern Zeta (ζ) im Orion steht der kleine Gasnebel M 78 (Abb. 81). Er ist nur ein kleiner leuchtender Teil eines dort befindlichen ausgedehnten Dunkelnebels; auch im Feldstecher fällt die sternarme Umgebung von M 78 deutlich auf.

Wenig ost-südöstlich von Beteigeuze im Orion befindet sich der offene Sternhaufen NGC 2244 (Abb. 89). In lichtstarken Feldstechern erscheint dieser aus Sternen 6. bis 10. Größe bestehende Haufen von einem sehr zarten leuchtenden Nebelschleier überzogen. Es handelt sich hier um den „Rosette-Nebel“ NGC 2237/38/39, in welchen der Sternhaufen eingebettet ist.

16. Südlicher Sternenhimmel

Von der Südhalbkugel der Erde aus, zum Teil auch schon von niedrigen Nordbreiten, wird auch derjenige Teil des Himmels sichtbar, der für uns ständig unter dem südlichen Horizont verborgen bleibt. Es kann allerdings nicht die Aufgabe eines „heimatlichen“ Sternführers sein, auch diese andere Himmelshälfte ausführlich zu beschreiben. Jedoch sollen zur Ergänzung unseres Heimathimmels einige besonders eindrucksvolle Erscheinungen aufgezeigt werden – zumal ja z. B. in den Planetarien bei vielen Vorführungen auch der südliche Himmel vorgestellt wird – und zur wenigstens teilweisen Vervollständigung des eigenen Wissens über den gestirnten Himmel.

Alle Sterne, die südlich von etwa -35° Deklination (also 35° südlich des Himmelsäquators) stehen, bleiben unter unserem südlichen Horizont. Je weiter südlich man aber reist, um so mehr bis dahin unbekannte Himmelsteile tauchen je nach ihrer jahreszeitlichen Stellung über dem Südhorizont auf. Auf 20° nördlicher Breite, also etwa auf der Linie Hawai – Bombay – Nördlicher Sudan – Südteil von Cuba – Mexiko-Stadt erscheinen im Nordfrühling das berühmte Südliche Kreuz und die beiden hellen Sterne Alpha und Beta im Centauren; im Winter der helle Canopus (Alpha im Sternbild Carina, Kiel des Schiffes Argo), im Herbst der helle Achernar (Alpha im Fluß Eridanus).

Auf dem Erdäquator ist praktisch im Verlauf des Jahres der gesamte Himmel zu sehen; nur die polnahen Gebiete verschwimmen im Dunst der Horizonte, die Himmelspole selbst liegen genau im Nord- bzw. Südhorizont. Orion (genau der nördlichste Gürtelstern Delta) wandert durch den Zenit.

Noch weiter südlich muß der Beobachter „umlernen“: nicht nur die Jahreszeiten mit den dazugehörenden Sternbildern sind vertauscht, auch die Sternbilder selbst erscheinen „auf dem Kopf stehend“. Von diesem ungewohnten Anblick ist auch der Mond betroffen. Nach Neumond erscheint er in der dem Nordbeobachter gewohnten „abnehmenden“ Sichelgestalt (je nach der Südbreite des Beobachtungsortes mehr oder weniger hoch im Norden; auf dem Äquator oder in seiner Nähe als auf

dem Rücken liegende Sichel — Kahn! —) zunehmend im Westen. Dann durchläuft er seine monatliche Bahn, wiederum dem nördlichen Beobachteranblick zuwider, in allen umgekehrten Phasen, bis er „zunehmend“ kurz vor Neumond in der Morgendämmerung als abnehmender Mond verschwindet. Am Sommerhimmel der südlichen Erdzonen stehen die uns vertrauten winterlichen Gestirne, und den südlichen Sommerhimmel schmücken unsere Winterbilder.

Vier besonders eindrucksvolle und glänzende Erscheinungen des Südhimmels sollen speziell erwähnt werden. 1. Die südliche Milchstraße als Fortsetzung ihres nördlichen Teils. Für den Nordbeobachter sind die großen und hellen Sternwolken der Milchstraße im Schützen gerade noch bei sehr guten Sichtverhältnissen erkennbar. Aber von Südafrika, Südamerika und Australien aus sind bei hohem Stand über dem Horizont diese in Richtung zum Zentrum unseres Sternsystems gelegenen Teile die prächtigsten des ganzen Milchstraßenzuges überhaupt. Der Blick zum 33000 Lichtjahre entfernten Zentrum selbst ist allerdings durch ausgedehnte Dunkelwolken weitgehend versperrt, und es ist nur mit Hilfe der Radio- und Infrarotastronomie erforschbar. Strahlen längerer Wellen, mit denen dabei gearbeitet wird, können die Dunkelwolken zum Teil durchdringen.

2. Noch weiter südlich befindet sich im Zuge der Milchstraße eine wiederum besonders schöne Himmelslandschaft mit gleich mehreren bemerkenswerten Objekten. Von Westen nach Osten sind dies: eine sehr helle Milchstraßenwolke im Sternbild Carina, Kiel des Schiffes Argo, daran anschließend das kleine Sternbild des berühmten „Südlichen Kreuzes“ mit der gleich daneben befindlichen markanten Dunkelwolke, dem südlichen „Kohlensack“. Sie ist etwa 400 Lichtjahre entfernt und verdeckt daher alle Sterne, die weiter als sie selbst entfernt sind. Nach CUNO HOFFMEISTER („Sterne über der Steppe“) erwähnt bereits DANTE kurz nach 1300 das Sternbild Kreuz. ALEXANDER VON HUMBOLDT glaubte, daß die Bezeichnung Kreuz um 1486/90 bei den portugiesischen Seefahrern noch nicht gebräuchlich gewesen sei. AMERIGO VESPUCCI habe es als Rhombus bezeichnet; die früheste Erwähnung der Bezeichnung Kreuz verlegte HUMBOLDT auf 1510/15. R. HENNIG indessen glaubt nachweisen zu können, daß doch von den Portugiesen zwischen 1485 und 1500 dem Sternbild der Name Kreuz gegeben wurde.

Da der rötliche Stern γ (Gamma) am nördlichen Ende der langen Kreuzachse hell erscheint, tritt die Kreuzform für das Auge deutlich hervor, und da diese lange Achse (Verbindung der Sterne α (Alpha) und γ (Gamma) in fast genau 4facher Verlängerung genau zum südlichen Himmelspol trifft (an dem allerdings kein heller Stern steht wie unser

gegenwärtiger Polarstern am Nordhimmel), besteht wohl kein Zweifel, daß die alten Seefahrer diesen Richtungsweiser zur Orientierung benutzt haben, sofern das Kreuz über dem Horizont stand. Das ist im Südherbst am Nachthimmel der Fall.

3. Noch weiter westlich stehen zwei Sterne 1. Größe, β (Beta) und α (Alpha) im Sternbild Centaurus. Von ihnen ist Alpha jener Stern, der unserer Sonne am nächsten steht, seine Entfernung beträgt 4.3 Lichtjahre oder rund 41 Billionen km.

4. Die beiden „Kap“- oder „Magellan“-Wolken (benannt nach dem portugiesischen Seefahrer FERNAO DE MAGELLAN, 1480 bis 1521) sind zwei in sternarmer Umgebung gelegene auffallende milchstraßenähnliche Flecke. Die große Magellanwolke im Sternbild Dorado (Schwertfisch) hat eine größte Ausdehnung von mehr als 9° (etwa 18 Vollmondbreiten), die kleine im Sternbild Tucana (Tukan) eine solche von nicht ganz 5° . Beide Wolken sind unregelmäßige Sternsysteme und Begleiter unseres Milchstraßensystems.

Die Entfernung beträgt etwa 210 000 bei der großen und 225 000 Lichtjahre bei der kleinen Wolke (etwa $\frac{1}{10}$ der Entfernung des Andromedanebels), und sie sind damit die nächstbenachbarten außergalaktischen Sternansammlungen (griech., Galaxis = Milchstraße). Diese verhältnismäßig große Nähe erlaubt mit großen Instrumenten ihre weitgehende Auflösung in Einzelobjekte, was äußerst wichtige Untersuchungen ermöglichte und weiterhin ermöglicht. Viele Beobachtungsprogramme leistungsfähiger Südsternwarten sind allein der Erforschung der Magellan-Wolken gewidmet.

In den Wolken wurden zahlreiche sog. Überriesensterne hoher Leuchtkraft, offene und Kugelsternhaufen, helle Nebel und Dunkelnebel gefunden; weiterhin veränderliche Sterne besonders vom Delta-Cephei- und RR-Lyrae-Typus. Mit deren Hilfe fand bereits 1912 H. S. LEAVITT die „Periodenhelligkeitsbeziehung“, die später noch verbessert wurde (Abhängigkeit der wirklichen Leuchtkraft dieser Sterne von ihrer Lichtwechselperiode). Die Masse der großen Wolke beträgt etwa 1 Milliarde, jene der kleinen Wolke etwa 300 Millionen Sonnenmassen. Abbildung 1 zeigt eine Aufnahme der großen Magellan-Wolke; der Verfasser verdankt das in seinem Besitz befindliche Original dieser Aufnahme der Freundlichkeit von Dr. E. GEYER.

17. Das Auge

Wenn wir mit einem Fernrohr beobachten, so kommt zu dessen optischem System noch ein zweites wichtiges hinzu, nämlich das unseres Auges. So hervorragend und vielseitig in physiologischer Beziehung unser Sehorgan ist, so zeigt sein optisches System eine Reihe von Abbildungsfehlern, und es braucht daher noch lange nicht alles, was wir „sehen“, dem beobachteten Gegenstand selbst anzugehören (s. S. 127). Zunächst wollen wir kurz den anatomischen Bau des Auges betrachten (Abb. 100).

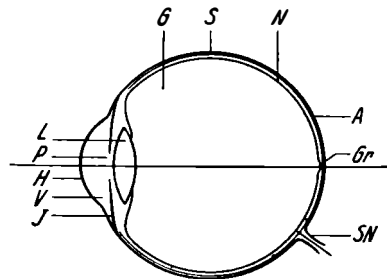


Abb. 100 Der Bau des Auges (s. Text)

Das Auge hat etwa die Form einer Kugel und ist von der Lederhaut (Sklera) umschlossen (S). Deren vorderer Teil ist stärker gekrümmt und durchsichtig, er bildet die etwa 12 mm Durchmesser große Hornhaut Kornea (H). Die Dicke der Hornhaut beträgt etwa $\frac{1}{2}$ mm. Hinter der Hornhaut befindet sich die mit einer klaren Flüssigkeit (dem Kammerwasser) angefüllte Vorderkammer (V), die nach innen zu von der Regenbogenhaut oder Iris (I) begrenzt wird. In ihrer Mitte zeigt die Iris eine kreisförmige Öffnung, die Pupille (P). Hinter der Regenbogenhaut liegt die Linse (L) mit zweiseitig erhabener (bikonvexer) Form. Die Augenlinse ist nicht einheitlich aufgebaut, sondern besteht aus einer Reihe zwiebelartig übereinanderliegender Schichten. An die Linse schließt sich nach hinten der Glaskörper (G) an, der aus einer gallertartigen, durchsichtigen Masse besteht.

Die Innenhaut des Auges besteht aus Nervensubstanz, man nennt sie die Netzhaut (N). Durch den Sehnerv (SN) steht sie mit dem Gehirn in Verbindung, das die auf der Netzhaut auftreffenden Lichtreize zum Bewußtsein bringt. Die Ernährung der Netzhaut geschieht durch die Aderhaut (A), die Blutgefäße enthält.

Die optische Achse des Auges trifft die Netzhaut in einer etwas vertieften Stelle, der Netzhautgrube (Gr.). Dies ist die empfindlichste Stelle der Netzhaut, auf ihr bilden sich die betrachteten Dinge scharf ab. Die Oberfläche der Netzhaut besteht aus Zäpfchen und Stäbchen, die ihrerseits die Lichtreize aufnehmen. Innerhalb der Netzhautgrube befinden sich nur Zäpfchen, die auf helle Lichter und Farben ansprechen, weiter nach außen zu treten zu den Zäpfchen noch die Stäbchen, und etwa 5 mm von der Netzhautgrube entfernt gibt es nur noch Stäbchen, die nicht mehr auf Farben, dagegen auf sehr schwache Lichteindrücke reagieren.

Diese Fähigkeit des Auges kann man bei der Beobachtung sehr lichtschwacher Nebelflecken u. dgl. ausnutzen, diese erscheinen heller, wenn man z. B. den Rand des Gesichtsfeldes scharf fixiert (s. S. 100).

Es ist eine bekannte Erscheinung, daß man in einem halbdunklen Zimmer fast nichts sieht, wenn man aus hellem Sonnenschein kommt. Durch eine Strukturänderung der Netzhaut, die man als Hell- und Dunkeladaptation bezeichnet, stellt sich das Auge erst auf die schwächere Beleuchtung um, so daß erst nach etwa $\frac{1}{2}$ bis 1 Stunde Aufenthalt im Dunkeln auch die schwächsten, dem Auge noch wahrnehmbaren Lichter erkannt werden können. Bei astronomischen Beobachtungen spielt dieser Vorgang eine wesentliche Rolle, es ist einem Beobachter z. B. völlig unmöglich, aus dem erleuchteten Zimmer kommend sofort schwache Sterne oder Nebelflecke zu sehen. Das Auge stellt sich erst ganz allmählich auf die schwächere Lichtmenge ein. Nach etwa 15 Minuten Aufenthalt im Dunkeln beginnt das Auge für schwächere Lichteindrücke empfindlich zu werden, aber erst nach etwa 1 Stunde ist es imstande, die schwächsten, ihm ohne Fernrohr zugänglichen Sterne 6. bis 7. Größe zu erkennen. Das Auge ist im Dunkeln etwa 200000mal lichtempfindlicher. Außer dieser Dunkeladaptation der Netzhaut bewirkt eine Veränderung der Lichtstärke auch eine Änderung der Pupillenöffnung, dergestalt, daß am hellen Tage die Pupille des Auges etwa 2, in dunkler Nacht etwa 7 bis 8 mm Öffnung hat. Die Durchmesser dieser Öffnungen verhalten sich wie 1:4, die Lichtstärken nach den optischen Gesetzen folglich wie 1:16, so daß in dunkler Nacht das Auge allein durch die größere Pupillenöffnung mindestens 16mal lichtempfindlicher ist als am Tage. Auch diese Tatsache spielt eine ausschlaggebende Rolle bei der Beobachtung mit dem Fernrohr, wie wir bereits erfahren haben (S. 18f.).

Mit Akkommodation bezeichnet man eine Eigenschaft des Auges, die es ihm gestattet, im raschen Wechsel weit entfernte und nahe gelegene Dinge scharf zu sehen.

Dieser Vorgang wird durch eine Änderung der Wölbung der Augenlinse bewirkt, die durch Muskeln gedehnt und zusammengedrückt wird. Die Linse ist in Ruhelage und beim Sehen in die Ferne flach gestreckt, bei Beobachtungen in der Nähe stärker gewölbt.

Dieser Akkommodationsmechanismus ist die Ursache für folgende, den meisten Menschen selbstverständliche Erscheinung. Die Augenlinse ist durch eine Anzahl von Bändern an ihrem Rande aufgehängt und wird durch Muskeln mehr oder weniger gespannt, wodurch auch die Oberflächen der Linse Spannungen erleiden. Durch diese Spannungen entsteht bei der Beobachtung weit entfernter Lichter und der Sterne ein „Strahlenkranz“, eben die „Strahlen“ der Sterne. Leichthin glauben wir, daß diese Strahlen den Sternen angehören. Wir können aber leicht feststellen, daß bei irdischen weit entfernten Lichtern die Strahlen um so mehr verschwinden, je näher wir dem Lichte rücken. Man kann ferner beobachten, daß die Sternstrahlen bei einer Drehung des Kopfes nicht stillstehen, sondern sich mitdrehen. Daraus ist zu erkennen, daß diese Strahlen irgendwie in unserem Auge entstehen, und nach der wohl richtigen Annahme des schwedischen Augenarztes GULLSTRAND hat man in den Falten und Spannungen der Augenlinse die Ursache zu suchen. Da diese Falten und Spannungen am Linsenrand am größten sind, so wird auch hauptsächlich durch diese Linsenteile die fehlerhafte Abbildung erzeugt. Betrachtet man einen Stern zuerst mit bloßem Auge, so erscheint er strahlend. Richtet man alsdann ein größeres Fernrohr mit stärkerer Vergrößerung auf ihn, so sieht man einen feinen Lichtpunkt, die Strahlen sind verschwunden. Da das stark vergrößernde Fernrohr nur eine sehr kleine Austrittspupille hat, läßt es die Lichtstrahlen nur durch die nicht-verspannte Mitte der Augenlinse fallen, und das Sternbild zeigt demzufolge auch keine Strahlen mehr.

Diese Tatsachen sind auch bei der Sternbeobachtung mit dem Feldstecher wohl zu beachten, sie sind besonders wichtig für die Beobachtung enger Doppelsterne. Es kann z. B. vorkommen, daß von zwei Gläsern mit genau gleicher Vergrößerung das eine irgendeinen Doppelstern gut getrennt, das andere aber nicht aufgelöst zeigt. Dies wird dann der Fall sein, wenn wir einmal ein Glas mit großer Objektivöffnung, das zweite Mal ein solches mit geringer Öffnung nehmen. Die geringere Öffnung bewirkt bei gleicher Vergrößerung eine kleinere Austrittspupille, also ein weniger durch Strahlen gestörtes Sternbild als die größere Öffnung. So konnte z. B. der Verfasser beobachten, daß die Sternpunkte in einem

Feldstecher 8×40 mm wesentlich schärfer begrenzt waren als in einem solchen mit 8×56 mm, im ersten Fall beträgt die Austrittspupille 5, im zweiten Fall 7 mm. Dafür zeigte allerdings das zweite Glas lichtschwächere Sternhaufen und Nebel weitaus besser als das erste; es ist eben oft so, daß ein Vorteil durch einen Nachteil erkaufte werden muß. Bei der Anwendung eines Vorsatzfernrohrs wird die Austrittspupille ebenfalls verkleinert, und die Sternpunkte werden dadurch weitgehend von Strahlen befreit.

Zeigt ein Auge besonders auffällige Strahlen nach bestimmten Richtungen, dann ist es astigmatisch, d. h., seine optischen Teile haben eine unsymmetrische Brechkraft. Dieser Fehler, der sowohl von der Hornhaut als auch von der Linse herrühren kann, muß durch entsprechende Brillengläser beseitigt werden, ebenso soll man sich nicht mit Kurz- oder Weitsichtigkeit herumquälen, sondern auch in diesem Falle die richtigen Brillengläser tragen. Augenfehler sind meist vererbt; wenn sich ein Kind zu nahe auf seine Arbeit beugt, dann „bekommt es“ nicht nur „schlechte Augen“, wie es dann meist heißt, sondern es hat bereits kurzsichtige Augen, die schleunigst eine Brille erfordern. Nicht beseitigte Augenfehler können sehr häufig andere Leiden verursachen, insbesondere Kopfschmerzen.

18. Beobachtungen von Sternen und Planeten am Tage

Wenn wir von den gelegentlich immer wiederkehrenden Berichten über die vermeintlichen Beobachtungen heller (Fix-)Sterne am Tage durch hohe Schornsteine und Schächte absehen, die übrigens durch keine wirklich stichhaltige Mitteilung erhärtet sind und nach den obwaltenden physikalisch-physiologischen und optischen Verhältnissen auch gar nicht möglich sind (s. insbesondere D. WATTENBERG, Mitt. der Archenhold-Sternwarte, Berlin-Treptow, Nr. 12, und C. HOFFMEISTER, Die Sterne 1951, 141), so müssen wir schon zu Fernrohrbeobachtungen greifen, um wenigstens die Sterne 1. Größe bei Tage sehen zu können. Anders verhält es sich mit den Planeten. Von diesen kann Venus bei sehr klarem Himmel, günstiger Stellung über dem Horizont (Meridiannähe) und zur Sonne (vornehmlich zu den Zeiten ihrer Elongationen) ohne die Anwendung optischer Hilfsmittel gesehen werden, wenn man das direkte Sonnenlicht vom Auge fernhält und die Richtung wenigstens einigermaßen kennt. Mehrfach hat früher (nach WATTENBERG, s. oben) die Sichtbarkeit der Venus am blauen Tageshimmel unter sehr günstigen Umständen ähnliche Unruhe in der Bevölkerung ausgelöst wie das Erscheinen eines großen Kometen, so im Mai 1609 in Frankreich, ferner 1630 und 1716 in London und 1750 bzw. 1798 in Paris. Von geübten Beobachtern ist der Planet mitunter während ganzer Sichtbarkeitsperioden ohne optische Hilfsmittel tagsüber verfolgt worden. Nächst Venus bietet dann nur noch Jupiter Aussicht auf Tagesbeobachtung unter günstigen Umständen, wozu man ohne Fernrohr allerdings nicht auskommt. Ein wertvolles Hilfsmittel zur Aufsuchung von Planeten am Tage bieten enge Konjunktionen derselben mit dem Monde, wobei dieser und der betreffende Planet in nahezu gleicher Richtung erscheinen. Derartige Zeiten findet man z. B. in dem „Kalender für Sternfreunde“ von P. AHNERT sowie in anderen Jahrbüchern.

Schon bei Anwendung eines kleinen Fernrohres ändern sich die Sichtbarkeitsverhältnisse hellerer Gestirne am Tageshimmel grundlegend. Die als punktförmig (auch Planeten bei schwacher Vergrößerung von 6- bis

10fach) anzusehenden Objekte werden auf jeden Fall heller dargestellt als mit freiem Auge. Die Helligkeitssteigerung ist abhängig von der Öffnung des Objektivs, der Vergrößerung und der Tageszeit und damit der Helligkeit des Hintergrundes und der Größe der Augenpupille. Sie läßt sich angeben als das Verhältnis der Flächen der Fernrohröffnung und Augenpupille. Ein Feldstecher mit 30-mm-Objektiven wird in dunkler Nacht, wobei die Augenpupille mit 8 mm angenommen werden soll,

Sternpunkte $\left(\frac{D}{8}\right)^2 = 3.75^2 = 14$ mal heller zeigen als das bloße Auge.

D ist die freie Feldstecheröffnung in Millimeter. Ein Glas mit 50 mm Öffnung steigert die Helligkeitszunahme um das etwa 40fache.

Die volle Lichtleistung eines Fernrohres wird allerdings nur dann vom Auge aufgenommen, wenn die AP des Instrumentes (s. Abb. 7) die Größe der Augenpupille nicht überschreitet. Sind beide Größen gleich, so spricht man von der „Normalvergrößerung“.

Erhöht so die Anwendung eines Fernrohres die Helligkeit der Sternpunkte, so erniedrigt es umgekehrt bei allen unter der Normalvergrößerung liegenden Vergrößerungen die Helligkeit der Fläche des Himmelsgrundes, im Verhältnis zum bloßen Auge gemäß der Formel

$$\left(\frac{AP}{\text{Augenpupille}}\right)^2$$

Ein Fernrohr wird also am Tage die Fläche des Himmels dann dunkler zeigen als das bloße Auge, wenn der Durchmesser seiner AP kleiner als 2 mm ist, nachts, wenn derselbe kleiner als 8 mm ist und sofern das Auge volle Dunkeladaptation besitzt. Da alle gebräuchlichen Feldstecher Austrittspupillen von über 2 mm haben, erscheint durch sie die Himmelsfläche am Tage (was hier uns besonders interessiert) genau so hell wie mit dem Auge allein. Es kommt also nur die Lichtverstärkung der Sterne in Betracht.

Infolge dieser obwaltenden Verhältnisse kann man auch schon mit Hilfe des Feldstechers bei guten Sichtbarkeitsbedingungen nach den hellsten Sternen und den Planeten Venus und Jupiter bei Tage und in der Dämmerung Ausschau halten, besonders, sofern die Nähe der Sonne nicht zu groß ist. Ganz besonders aber betrifft dies den innersten Planeten Merkur (s. S. 75), der überhaupt nur in der Morgen- bzw. Abenddämmerung sichtbar wird. Ihn wird unser Feldstecher bei klarer Horizontsicht stets als hellen Stern zeigen, wenn er, vornehmlich zu den Zeiten seiner größten Winkelabweichungen zur Sonne, in günstiger Stellung steht. Solche Zeiten nennt uns z. B. der „Kalender für Sternfreunde“. Von

besonderem Interesse ist die Beobachtung der Venus am Tage. Da sie zu gewissen Zeiten der hellste Stern unseres Himmels überhaupt ist, gelingt ihre Auffindung nach den Angaben des „Kalenders für Sternfreunde“ und der anderen Jahrbücher meist ohne Schwierigkeit. Schon ein 8- bis 10facher Feldstecher zeigt dann zu den Zeiten ihrer größten Erdnähen auch die helle kleine Sichelgestalt des Planeten (Abb. 51).

Jupiter und die hellsten Fixsterne sind schon wesentlich lichtschwächer als Merkur und Venus; trotzdem kann auch bei ihnen unter günstigen Umständen die Tagesbeobachtung versucht werden, denn allein schon der Anblick eines Sternpunktes oder einer blassen Planetenscheibe am blauen Tageshimmel ist überaus reizvoll. Neben einer ganzen Anzahl von Autoren, die über derartige Wahrnehmungen berichtet haben, hat vor einigen Jahren besonders ein eifriger Liebhaber, KEMP in Maastricht, mit dem Feldstecher helle Fixsterne und Planeten mit Erfolg am hellen Tages- und Dämmerungshimmel beobachtet und damit gezeigt, daß der Erfolg nicht ausbleibt, wenn man systematisch vorgeht. Dazu gehört vor allem die Ortskenntnis der betreffenden Objekte und die Kenntnis der genauen Himmelsrichtungen des Beobachtungsortes. Die Aufsuchung geschieht zweckmäßig durch reihenweises Absuchen der betreffenden Himmelsgegend bei jedesmaliger Blickverschiebung um etwa die Hälfte des Sehfelddurchmessers. Besonders gut geht das, wenn man ein Stativ benutzt. Die Bewegung des Glases muß langsam geschehen, damit man das schwache Objekt nicht übersieht. Einübung des Verfahrens am Nachthimmel zur Aufsuchung dem bloßen Auge nicht sichtbarer Objekte ist zu empfehlen!

Der hellste Fixstern unseres Himmels, Sirius, bietet am ehesten Aussicht auf Erfolg. Er kulminiert zu folgenden Zeiten und steht dann über dem südlichen Horizont: 2. März 20 Uhr, 2. April 18 Uhr, 2. Mai 16 Uhr, 2. Juni 14 Uhr, 2. Juli 12 Uhr (40° südlich der Sonne!), 2. August 10 Uhr, 2. September 8 Uhr, 2. Oktober 6 Uhr. Von den anderen hellen Sternen können wir noch versuchen: Rigel (Beta Orion), Kapella (Alpha Fuhrmann), Beteigeuze (Alpha Orion), Prokyon (Alpha Kleiner Hund), Regulus (Alpha Großer Löwe), Wega (Alpha Leier) und Atair (Alpha Adler). Eine Sternkarte (in Verbindung mit der geeigneten Beobachtungszeit) wird bei unserem Vorhaben notwendig sein. Mitteilungen über erfolgreiche Beobachtungen nimmt der Verfasser gern entgegen.

19. Einfache Himmelsaufnahmen mit dem Feldstecher

Nicht nur die unmittelbare Betrachtung zahlreicher schöner und lohnender Himmelsobjekte, sondern in besonders geeigneten Fällen auch die Festhaltung derselben im Lichtbild können die Freude am eigenen Erleben weiter steigern. Verschiedene Naturfreunde haben daher auch bereits mit gutem Erfolg versucht, den Feldstecher als „Teleobjektiv“ ihrer Kamera vorzusetzen.

Ähnlich wie bei dem Vorsatzfernrohr müssen dabei Feldstecher und Kamera in geeigneter Weise verbunden werden. Das wird nicht in allen Fällen ganz einfach sein, unter Umständen muß man sich zweier Stativ bedienen, hierfür gibt Abbildung 101 ein Beispiel. Ein anderes Verfahren wurde schon in den Abbildungen 29 und 30 vorgestellt.

Besonders angenehm ist die Verwendung von Kleinbildkameras mit Lichtschacht und Lupe zur genauen Einstellung. Mit der Vorrichtung ZEISS-Feldstecher 10×50 , Feldstecher und Kamera auf einer Metallschiene mit Kinokopfgelenk, gewann D. RICHTER acht Aufnahmen der Mondfinsternis vom 13. April 1968.

SPLITTGERBER verband seine Exa-Kamera plus Balgengerät mit einem monokularen Feldstecher 15×50 mm; die Muschel des Okulars wurde ab- und an ihre Stelle ein Metallring geschraubt, der mit dem Balgengerät verbunden werden kann. Dabei ist jedoch zu beachten, daß infolge der Erddrehung die Himmelsobjekte weiterlaufen. Es darf also zwischen der Einstellung und der Aufnahme nicht viel Zeit vergehen, vor allem auch deshalb, weil wir die Tatsache berücksichtigen müssen, daß die Abbildung außerhalb der optischen Achse sehr rasch schlechter wird. Zusammenfassend kann man bei der Benutzung eines normalen Feldstechers als Televorsatz die folgenden Punkte erwähnen:

1. Bei einer gegebenen Kamera muß man die neuen Verhältnisse der Lichtstärke berücksichtigen. Wir erhalten diese immer, wenn wir die Brennweite der Kamera in Millimeter durch die Austrittspupille des Feldstechers in Millimeter (s. S. 14) dividieren, da ja diese jetzt als die wirksame Objektivöffnung der Kamera in Betracht kommt. An Hand

des folgenden Beispiels kann man sich leicht für jede Kombination di Kamera-Lichtstärke ausrechnen. Hat man einen Feldstecher 8×25 dessen $AP = 3,1$ mm ist, und eine Kamera mit 75 mm Brennweite, so wird die Lichtstärke dieser Zusammenstellung $3,1:75 = 1:24$ sein. Dabei zeigt sich also, daß man längere Kamerabrennweiten und Feldstecher kleinerer Öffnung vor allem für helle Objekte verwenden muß.



Abb. 101 Anordnung einer Kamera hinter dem Feldstecher für einfache Himmelsaufnahmen nach K. LÖCHEL

2. Feldstecher sind für direkten Augengebrauch berechnet und bestimmt, neuerdings sogar vielfach für das blickende Auge hinter den Okular zur Erzielung einer normalen Perspektive. Das Bild des Glases liegt also auf einer mehr oder weniger gekrümmten Abbildungsfläche und wird daher außerhalb der optischen Achse bei der Verwendung einer ebenen Abbildungsfläche (Film, Platte) unscharf. Diese „außeraxiale“ Bildunschärfe läßt daher keine starken Vergrößerungen zu.

3. Die beste Abbildung eines Photoobjektivs ist berechnet auf seine meist innerhalb der Linsen liegende Eintrittspupille (nahe der Irisblende). Da die Austrittspupille des Feldstechers jedoch vor dieser Ebene, meist noch kurz vor der ersten Linsenfläche des Photoobjektivs liegt, bedingt auch dieser Umstand keine so scharfen Bilder, wie man sie mit der Kamera allein erhält.

Abhilfe läßt sich bei den monokularen Feldstechern mit Hilfe eines selbsterzustellenden Zwischenrings schaffen.

4. Die wirkliche wirksame Lichtstärke einer Feldstecherkamera-kombination wird aber etwas geringer sein, da, wie auf Seite 45 ff. (T-Optik) erläutert ist, jede Glasfläche trotz der neuzeitlichen Vergütung und auch jedes Feldstecherprisma infolge des Glasweges einen gewissen Lichtverlust mit sich bringt. Die günstige Belichtungszeit wird also letztlich durch Versuche zu ermitteln sein.

Die Abbildungen 102, 105 bis 107 und Abbildung 2 sollen zeigen, welche Ergebnisse dabei erzielt werden können. Trotz aller unvermeidlichen Abbildungsfehler können wir uns von einigen Objekten recht eindrucksvolle Bilder herstellen.

Da wir wegen der unvermeidlichen Erd- bzw. Himmelsdrehung nur kurze Belichtungszeiten wählen können, um keine unscharfen, langgezogenen Bilder zu bekommen, bleibt das Feldstecherphotoverfahren nur auf die hellsten Objekte beschränkt: Sonne, Mond, Venus als schmale Sichel zur Zeit der größten Erdnähe des Planeten, Jupiter sowie Sonnen- und Mondfinsternisse. Bei den Mondfinsternissen können wir außer mit Schwarzweißmaterial auch auf Farbfilm recht eindrucksvolle Bilder

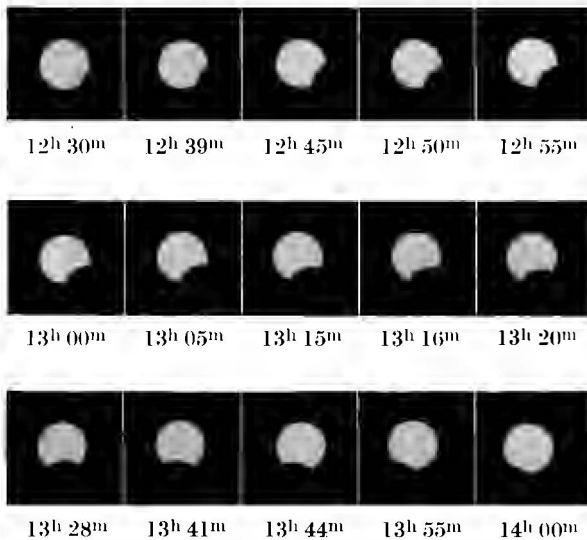


Abb.102 Aufnahmen der partiellen Sonnenfinsternis vom 2.10.1959 in ihrem Verlauf für Mitteleuropa. Aufnahmen von KLAUS LÖCHEL mittels der in Abb.101 gezeigten Vorrichtung. (Aus „Die Sterne“, 1960, Heft 1–2, Johann Ambrosius Barth, Leipzig)

erhalten, nachdem auch die wesentlich empfindlichere 17/10-Emulsion zur Verfügung steht.

Mit besonderem Vorteil lassen sich, wie schon erwähnt, Spiegelreflexkameras zu solchen Versuchen verwenden, da sie eine gute Einstellung gewährleisten. Allerdings muß man für eine hinreichend lichtdichte Verbindung von Kameraobjektiv und Feldstecherokular sorgen, damit kein Nebenlicht, vor allem bei Sonnenaufnahmen, das Bild verschleiert. Eine passende selbstgefertigte Papphülse dürfte hierfür am geeignetsten sein. Bei Sonnenaufnahmen müssen wir außerdem die bereits früher erwähnten Schutzmaßnahmen beachten! Das gilt in diesem Fall nicht nur für die Einstellung bei der Beobachtung mit dem Auge, also des Mattscheiben- oder Lupenbildes der Kamera, sondern vor allem auch hinsichtlich des Kameraverschlusses. Dessen Teile vertragen sehr häufig keine starke Erwärmung. Es empfiehlt sich also, sowohl die Objektive des Feldstechers ziemlich stark abzublenden (auf etwa 10 mm), als auch zwischen Okular und Kameraobjektiv gleich ein Filter einzusetzen. Sehr gut sind für diesen Zweck die von Zeiss, Jena, hergestellten Sonnenblendgläser „Hell“ geeignet; sie werden auf die Okularmuschel des Feldstechers aufgesteckt (S. 33). Mit ihnen kann man gefahrlos beobachten und aufnehmen, die Sonnenfinsternisbilder der Abbildung 102 sind hiermit gewonnen worden. Zweckmäßig läßt man bei Sonnenaufnahmen den Verschluß der Kamera ganz offen (ebenso die Irisblende!) und belichtet durch möglichst erschütterungsfreies Abnehmen eines leichten, auf das Feldstecherobjektiv gesetzten Pappdeckels. Hiermit vermeidet man am sichersten jede Wärmebeschädigung des Kameraverschlusses! Aber auch bei anderen, z. B. Mondaufnahmen, kann man eine gewisse Erschütterung der Apparatur, z. B. durch das Ablaufen des Schlitzverschlusses, am sichersten durch die Belichtung mit erwähntem Pappdeckel vermeiden. Er muß nur lose genug aufsitzen. Ohne Gefahr für den Verschluß lassen sich Sonnenaufnahmen herstellen, wenn das projizierte Schirmbild der Sonne (S. 35, Abb. 20 und 21) aufgenommen wird.

Nach diesem Prinzip hat auch der Amateurastronom RICHARD HANKE die partielle Sonnenfinsternis vom 15. Februar 1961 aufgenommen. Seine Apparatur zeigt Abbildung 103. Er beschreibt seine Einrichtung und Aufnahmetechnik wie folgt: „Ein geeigneter monokularer Feldstecher wird an ein Spiegelreflexkameragehäuse ohne Optik direkt angeschlossen... Es wird also einfach die fernrohrähnliche Projektionswirkung (s. S. 35, Projektion des Sonnenbildes) des Feldstechers angewendet. Die Verbindung zwischen dem monokularen Feldstecher und dem Kameragehäuse wird mit den zu diesen Kameras erhältlichen Reproduktionsringen hergestellt. Wer ein Balgengerät besitzt, kann dieses sinn-

gemäß ebenso verwenden. Durch die Anzahl der verwendeten Reproringe oder durch die Länge des Balgenauszuges kann die Vergrößerung des Systems geändert werden. Die Scharfeinstellung erfolgt durch Drehen des Feldstecherokulars. Ein einfaches Dreibeinstativ ohne Gelenke vervollständigt diese wenig aufwendige und zweckmäßige Einrichtung.

Die Verbindung zwischen dieser Astrokamera und dem Stativ erfolgt zweckmäßig mit einem Halter (Abb. 17); die Bohrung d wird dem Durchmesser der Reproringe angepaßt. Ein stabiles Kugelgelenk verschafft Bewegungsmöglichkeit nach allen Richtungen.



Abb. 103



Abb. 104

Abb. 103 Photoeinrichtung mit monokularem Feldstecher 8×30 (Ausführung und Aufnahme R. HANKE)

Abb. 104 Sonnenflecken. Aufnahme mit der Einrichtung von Abb. 103 von R. HANKE

Ein Verwackeln der Aufnahmen wird durch möglichst kurze Belichtungszeiten von $\frac{1}{200}$ bis $\frac{1}{1000}$ Sekunde verhindert. Falls die Möglichkeit besteht, kann man die Achromasie des Feldstechersystems für photographische Zwecke durch ein Gelb- oder Orangetfilter verbessern, das in diesem Fall vor das Feldstecherobjektiv zu setzen ist. Es muß sich aber dann um Filter mit geschliffenen Gläsern handeln, andernfalls ergeben sich stark gestörte Bilder. Der Lichtfülle wegen wird bei Sonnenaufnahmen nur gering empfindlicher orthochromatischer Dokumentenfilm verwendet, der zudem sehr feinkörnig ist und starke Nachvergrößerungen zuläßt. Ein Feinkornausgleichsentwickler ist zu empfehlen.

Abb. 105



Abb. 106



Abb. 107



Abb. 105 bis 107 Drei Aufnahmen des Verlaufs der Sonnenfinsternis vom 15. 2. 1961. Aufnahmen R. HANKE mit Einrichtung von Abb. 103 (s. Text)

Welche Ergebnisse mit dieser Einrichtung zu gewinnen sind, zeigen die Abbildungen 104 bis 107. Je nach Anzahl der Reproringe erhält man leicht ‚Brennweiten‘ bis zu 2 m, entsprechend einer Sonnenbildgröße von nicht ganz 20 mm auf den Film.

Ohne besondere astronomische Hilfsmittel habe ich weiterhin u. a. Aufnahmen des Planeten Jupiter und seiner Monde gewonnen. Hierbei wird allerdings kein Feldstecher benutzt, sondern ein Photo-, Tele- oder Astroobjektiv längerer Brennweite, etwa zwischen 35 und 50 cm. Damit die Monde hell genug und vom Planeten hinreichend getrennt abgebildet werden, muß allerdings der Durchmesser des Objektivs gegen 80 mm betragen und ein Filmmaterial von allerhöchster Empfindlichkeit benutzt werden. Mit einer solchen Einrichtung ist die Aufnahme Abbildung 52, erhalten worden. Die Aufnahmeapparatur und -bedingungen waren: niedriges, aber schweres Tischstativ mit Kugelgelenk auf dem Fensterbrett, ... Kleinbildkamera, billiges Amateurobjektiv 1:4,5, Brennweite 40 cm, ... Belichtungszeit nur 1 Sekunde. Das Original wurde 11fach nachvergrößert.“

E. SPLITTGERBER macht nach neuen Erfahrungen darauf aufmerksam, daß sich für Sonnenaufnahmen der Orwo-PF-1 Kleinbildfilm gut eignet; unter Zwischenschaltung eines Orangefilters (hinter dem Feldstecherokular!) beträgt die Belichtungszeit im Mittel $1\frac{1}{250}$ sec. Bei Mondaufnahme ist ein Gelbfilter empfehlenswert. Ferner ist es in allen Fällen ratsam, trotz genauer vorgenommener visueller Scharfeinstellung eine Reihe von Aufnahmen mit geringfügig veränderter Einstellung zu machen, und zwar ganz wenig inner- und außerhalb des Schärfebereiches. Man kann dann die beste Aufnahme zur Weiterverarbeitung heraussuchen.

20. Auswahl von Objekten des Fixsternhimmels für den Feldstecher

Einen sehr wesentlichen Anhaltspunkt zur sicheren Erkennung des Begleiters bei Doppelsternen bietet der Positionswinkel. Das ist derjenige Winkel, der eingeschlossen bzw. umfaßt wird von der Verbindungslinie der beiden Sterne mit *der* gedachten Linie, welche von dem Hauptstern aus nach Norden weist, zum Himmelspol also bzw. hinreichend genau zum Polarstern, s. Abbildung 108 a und b. Je nach der mehr oder weniger schrägen Lage der Sternbilder östlich oder westlich des Meridians (des Großkreises Nordpunkt-Zenit-Südpunkt) ist die Richtung zum Nordpol nicht gleichbedeutend mit „oben“ im Gesichtsfeld – nur im Meridian selbst oder nahe bei ihm. Wie sich diese östliche oder westliche Stellung auswirkt, zeigt Abbildung 109 für den Doppelstern Delta (δ) im Orion (s. auch Abb. 108 b), dessen Positionswinkel 0° beträgt. Der Winkel wird gezählt von 0° im Norden über 90° im Osten, 180° im Süden und 270° im Westen.

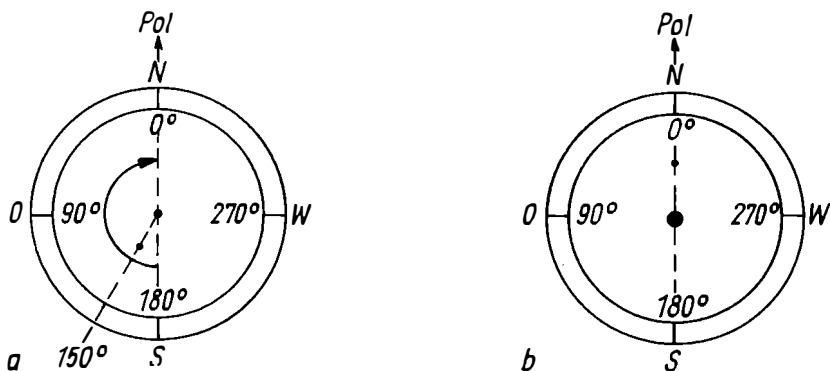


Abb. 108 Zum Begriff des Positionswinkels (s. Text)
a Beispiel ζ (Zeta) in der Leier: Positionswinkel 149°
b Beispiel δ (Delta) im Orion: Positionswinkel 0°

Bei Sternbedeckung durch den Mond (S. 71) wird auch der Ort des Ein- bzw. Austritts des Sterns am Mondrand durch den Positionswinkel, bezogen auf die Mitte der Mondscheibe, in gleicher Weise angegeben. Zum Beispiel erfolgt in Abbildung 50 der Eintritt bei 292°, der Austritt bei 120°.

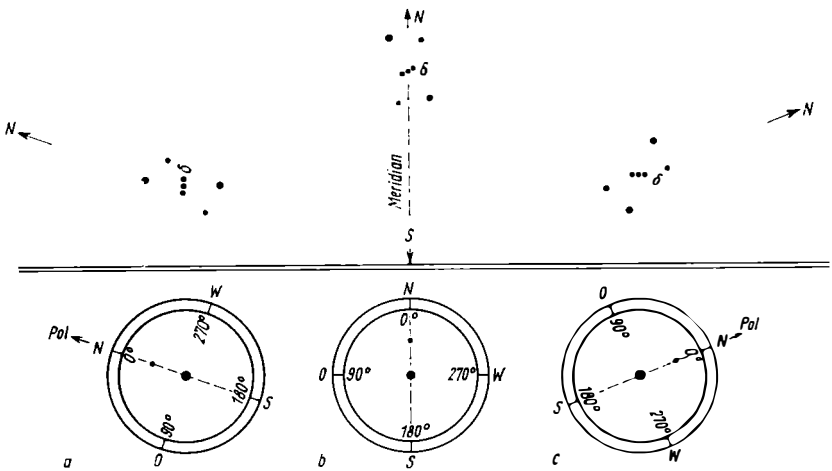


Abb. 109a bis c Die Lageänderung des Positionswinkels bei dem Sternbild Orion
• aufgehend im Ostesüdosten
• im Meridian (höchster Stand im Süden)
• untergehend im Westesüdwesten

a) Doppelsterne für 6- bis 10fache Feldstecher

Name	Sterngrößen des Haupt- Beglei- sterns ters		Abstand ($''$)	Positionswinkel	Bemerkungen
ε Epsilon in der Leier	5 ^m .1	5 ^m .1	207 $''$	173°	
ζ Zeta in der Leier	4.2	5.5	44	149	(s. Abb. 108a)
β Beta in der Leier	3.4/4.1	6.7	46	150	Hauptstern ver- änderlich
ν Nü im Drachen	4.9	5.0	62	312	
ϑ Theta im Stier	3.6	4.0	337	346	weites Paar (ϑ ₁ , ϑ ₂)
τ Tau im Stier	4.3	7.3	63	213	
σ Sigma im Stier	4.8	5.2	429	192	weites Paar (σ ₁ , σ ₂)
γ Gamma im Hasen	3.8	6.4	95	351	
δ Delta im Cepheus	3.7/4.6	7.5	41	192	Hauptstern ver- änderlich

Name	Sterngrößen des Haupt- sterns	Beglei- ters	Abstand ($''$)	Positions- winkel	Bemerkungen
τ Tau im Löwen	5.4	7.0	90	170	
β Beta im Löwen	2.2	7.0	1134	200	weitentfernter Begleiter
α Alpha in der Waage	2.9	5.3	231	314	Hauptstern = α_1 Begleiter = α_2
σ Omikron im Schwan	4.0	4.2	338	323	
α Alpha = 6 im Fuchs	4.0	6.0	403	8	Hauptstern = 6 Begleiter = 8 im Fuchs
μ Mü im Skorpion	3.1	3.6	420	245	
56 in der Andromeda	5.8	6.0	192	298	
α Alpha im Steinbock	3.8	4.5	376	291	Hauptstern = α_1 Begleiter = α_2
β Beta im Steinbock	3.3	6.2	205	267	
ϱ Alkor im Großen Bären	2.4	4.2	710	72	Hauptstern = ζ Großer Bär = Mizar
δ Delta im Orion	2.4	6.8	53	0	(s. Abb. 108 b und 109)

b) Doppelsterne für Feldstecher ab 12facher Vergrößerung sowie zur Beobachtung mit Vorsatzfernrohr und für Auszug- und andere kleine Fernrohre

Name	Sterngrößen des Haupt- sterns	Beglei- ters	Abstand ($''$)	Positions- winkel	Bemerkungen
15 im Adler	5 ^m .5	7 ^m .1	38 $''$	209°	
λ Lambda im Widder	4.9	7.5	37	46	
30 im Widder	6.6	7.5	39	274	
14 im Fuhrmann	5.1	8.0	14	225	
δ Delta im Bootes	3.6	7.9	105	78	
κ Kappa im Bootes	4.6	6.8	13	235	
ι Jota im Bootes	4.9	8.1	38	33	
μ Mü im Bootes	4.5	7.0	109	171	
ι Jota im Krebs	4.2	6.6	30	307	
α Alpha in den Jagd- hunden	2.9	5.4	20	228	
σ Omikron im Stein- bock	6.1	6.6	22	238	

Name	Sterngrößen des Haupt- sterns	Beglei- ters	Abstand (")	Positions- winkel	Bemerkungen
β Beta im Cepheus	3.3	8.0	13	249	
66 im Walfisch	5.5	7.5	16	233	
δ Delta im Raben	3.1	8.4	24	214	
β Beta im Schwan	3.2	5.4	35	54	Albireo
χ Chi ₁ = 17 im Schwan	5.1	8.4	26	70	
μ Mü im Schwan	4.7	6.7	210	57	
γ Gamma im Delphin	4.5	5.5	10	268	
σ Omikron im Drachen	4.8	8.2	34	330	
ζ Zeta in den Zwillingen	3.7/4.1	7.0	94	352	Hauptstern ver- änderlich
ν Nü in den Zwillingen	4.1	8.0	113	330	
μ Mü im Herkules	3.5	9.9	34	247	nur im Fernrohr!
γ Gamma im Herkules	3.8	8.0	41	241	nur im Fernrohr!
κ Kappa im Herkules	5.3	6.5	29	12	
ϵ Epsilon im Einhorn	4.5	6.5	14	28	
67 im Schlangen- träger	4.0	8.0	54	142	
m im Orion	5.0	5.1	32	28	
ϵ Epsilon im Pegasus	2.5	7.8	138	323	
ζ Zeta in den Fischen	5.6	6.5	24	63	
ψ_1 Psi 1 in den Fischen	5.6	8.5	30	160	
β Beta im südl. Fisch	4.4	7.6	30	172	
η Eta im Stier	3.1	7.0	120	290	Alkyone in den Plejaden im ganzen 3 Begleiter
ζ Zeta im Großen Bären	2.4	4.2	15	151	Mizar

c) Sternreiche Gegenden mit hellen Einzelsternen, Milchstraßensternwolken, Sternhaufen und Nebel, Dunkelnebel in der Milchstraße

Sternreiche Gegenden mit vielen hellen Einzelsternen bei:

Alpha (α) im Perseus
Delta-Epsilon-Zeta (δ - ϵ - ζ) im Orion
Alpha (α) im Stier (die Hyaden)
Haar der Berenice.

Milchstraßensternwolken:

bei Deneb, Alpha (α) im Schwan,
zwischen Beta (β) und Gamma (γ) im Schwan,
bei Lambda (λ) im Adler (die große Wolke im „Schild“), Abb. 70
die Wolken im Schützen (bei bis zum Horizont klarem Himmel).

Sternhaufen (M = Nummer im Katalog von Messier, NGC = Neuer Generalkatalog der Nebel und Sternhaufen von Dreyer; O. St. = offener Sternhaufen, K = Kugelsternhaufen, D = Durchmesser und E = Entfernung in Lichtjahren [Lj.]).

Winterhimmel:

Plejaden im Stier, O. St. mit etwa 230 Sternen, D 30 Lj., E 420 Lj., s. Abb.83 und 87

Hyaden im Stier, O. St., 150 Sterne (ohne Aldebaran) mit Eigenbewegung in gleicher Richtung, D 15 Lj., E 130 Lj., s. Abb.83

Krippe, M 44 im Krebs, O. St., 500 Sterne, D 13 Lj., E 520 Lj., s. Abb.91 und Abb.4
Sternhaufen M 35 in den Zwillingen, O. St., 130 Sterne, D 31 Lj., E 2600 Lj., s. Abb.89

„ M 67 im Krebs, O. St., 60 Sterne, D 26 Lj., E 3000 Lj., s. Abb.91
„ M 41 im Großen Hund, 4° südl. Sirius, O. St., 150 Sterne, D 10 Lj., E 2500 Lj., s. Abb.90

„ λ und κ im Perseus, zwei O. St. mit mehreren hundert Sternen, D je 60 Lj., E 7500 Lj., s. Abb.71 und 84

„ M 34 im Perseus, O. St., 45 Sterne, D 13 Lj., E 1600 Lj., s. Abb.84
„ M 46 im Schiff Argo, O. St., 175 Sterne, D 20 Lj., E 2200 Lj., s. Abb.88 und 90

„ M 50 im Einhorn, O. St., 40 Sterne, D 23 Lj., E 4000 Lj., s. Abb.90
„ NGC 2244 im Einhorn, O. St., zerstreute Sterne 6. bis 10. Größe, von feinen Nebelschleiern überzogen, s. S.121 und Abb.89

„ NGC 2422 im Schiff Argo, O. St., 50 Sterne, D 13 Lj., E 1600 Lj., s. Abb.88 und 90

„ NGC 2301 im Einhorn, O. St., 80 Sterne, E 2300 Lj., s. Abb.90

„ NGC 2548 M 48 in der Wasserschlange, O. St., 130 Sterne, D 12 Lj., E 1500 Lj.

„ M 36 im Fuhrmann, O. St., 70 Sterne, D 15 Lj., E 4100 Lj., s. Abb.92

„ M 37 im Fuhrmann, O. St., 200 St., D 30 Lj., E 4800 Lj., s. Abb.92

„ M 38 im Fuhrmann, O. St., 120 Sterne, D 22 Lj., E 3300 Lj., s. Abb.92; die drei Haufen M 36, 37 und 38 sind bei einem 6- oder 8fachen Weitwinkelglas gleichzeitig im Gesichtsfeld, da sie nur 7° auseinanderstehen

„ M 103 in der Kassiopeia, O. St. aus schwächeren Sternen, 7. bis 11. Größe, D 15 Lj., E 7800 Lj., s. Abb.59

Sommerhimmel:

Sternhaufen M 11 im Schild (südl. vom Adler), O. St. in der Mitte gedrängt, am NO-Rand der hellen Milchstraßenwolke im gleichen Sternbild, etwa 480 Sterne, D 20 Lj., E 5500 Lj., s. Abb.70 und 93. M 11 ist einer der sternreichsten O. St.

Eine besondere Durchmusterung mit dem Feldstecher lohnt in sehr klaren Nächten das Sternbild Schütze, nicht nur wegen der prachtvollen Milchstraßensternwolken, sondern auch wegen der zahlreichen Sternhaufen und Nebel, die es enthält. Die hellsten von ihnen sind auf der Sommerkarte (Abb.63) und der Karte Abb.96 verzeichnet, es sind dies:

M 6 und 7, zwei O. St. (zum Skorpion gehörig), sehr südlich und tiefstehend (s. Abb.96)

M 8, unregelmäßiger Nebel und Sternhaufen, E 3600 Lj. (s. Abb.99)

Die offenen Sternhaufen M 16, 18, 23, 24 und 25; der Omega-Nebel M 17, der Trifid-Nebel M 20 (s. Abb.99), der helle Kugelhaufen M 22, s. Abb.96.

Die folgenden Kugelhaufen, aus mehreren zehntausend bis 50 Millionen Sternen bestehend und mit Abständen zwischen 20000 und 40000 Lj. erscheinen im Feldstecher nur als Nebelsterne. Zu ihrer Auflösung ist ein Fernrohr von wenigstens 80 mm Öffnung für die Randpartien erforderlich.

M 13 und 92 im Herkules, s. Abb.63

M 2 im Wassermann, s. Abb.63 und 79

M 15 im Pegasus, s. Abb.63

M 5 in der Schlange

M 4 und 80 im Skorpion, s. Abb.78

M 3 in den Jagdhunden, mittwegs zwischen Arktur und 12 Jagdhunde.

Nebel/lecke:

Winterhimmel

Großer Gasnebel M 42 im Orion, um den vierfachen Stern Theta, Ausdehnung etwa 100 Lj., E 1700 Lj., s. Abb.62, 81, 97

Spiralnebel in der Andromeda M 31 mit Begleiter M 32. Hellster Spiralnebel, anderes Weltsystem, D etwa 160000 Lj., E 2250000 Lj., s. Abb.5 und Abb.95.

M 32 der gleichfalls elliptische Begleiter, beide inzwischen mit den größten Spiegelteleskopen völlig in Sterne aufgelöst; E 2250000 Lj., s. Abb.5

Spiralnebel im Dreieck M 33, zwischen Beta Andromeda und Alpha Dreieck, groß, aber lichtschwach, D 49000 Lj., E 2600000 Lj., s. Abb.95

Sommerhimmel

Planetarischer Nebel M 27 im Fuchs (Hantelnebel), $7^m 5$, aber ziemlich groß, scheinbarer Durchmesser rund 8 Bogenminuten = rund $\frac{1}{4}$ scheinbarer Monddurchmesser, daher sehr auffallend, s. Abb.94, D 0,8 Lj., E 320 Lj., Temperatur des Zentralsterns 75000°

Planetarischer Nebel M 57 in der Leier, sog. Ringnebel, zwischen Beta und Gamma Leier als Nebelstern sichtbar, D 0,7 Lj., E 1600 Lj., s. Abb.76

Gasnebel NGC 7000, Nordamerikanenebel im Schwan, s. Abb.64 bis 67 und 77

Dunkelnebel in der Milchstraße:

bei Deneb, Alpha im Schwan,

rechts von Gamma im Adler (die berühmte dreiteilige Höhle), s. S. 101f

im Zug der Milchstraße vom Adler bis zum Schützen.

d) Sternbilder

deutsch	lat.	lat. Genitiv	
Andromeda	Andrómeda	Andromedae	n
Wassermann	Aquárius	Aquarii	t
Adler	Áquila	Aquilae	n

deutsch	lat.	lat. Genitiv	
Widder	Áries	Arietis	t
Fuhrmann	Auriga	Aurigae	n
Bärenführer	Boótes	Bootis	n
Giraffe	Camelopárdalis	Camelopardalis	n
Krebs	Cáncer	Canceri	t
Jagdhunde	Cánes Venáticos	Canum venaticorum	n
Großer Hund	Cánis mājor	Canis majoris	s
Kleiner Hund	Cánis mājnor	Canis minoris	n
Steinbock	Capricórnus	Capricorni	t
Kassiopeia	Cassiopeia	Cassiopeiae	n
Cepheus	Cépheus	Cephei	n
Walfisch	Cétus	Ceti	s
Haar der Berenice	Cóma Berenices	Comae Berenices	n
(Nördl.) Krone	Coróna (bor.)	Coronae (borealis)	n
Rabe	Córvus	Corvi	s
Schwan	Cygnus	Cygni	n
Delphin	Délphinus	Delphini	n
Drache	Dráco	Draconis	n
Füllen	Equuléus	Equulei	n
Eridanus	Eridanus	Eridani	s
Zwillinge	Gémini	Geminorum	t
Herkules	Hércules	Herculis	n
Wasserschlange	Hýdra	Hydrae	n/s
Eidechse	Lacérta	Lacertae	n
Löwe (großer)	Léo (mājor)	Leonis (majoris)	t
Löwe (kleiner)	Léo (mājnor)	Leonis (minoris)	n
Hase	Lépus	Leporis	s
Waage	Líbra	Librae	t
Luchs	Lynx	Lyncis	n
Leier	Lýra	Lyrae	n
Einhorn	Monóceros	Monocerotis	n/s
Schlangenträger	Ophiúchus	Ophiuchi	n/s
Orion	Oríon	Orionis	n/s
Pegasus	Pégasus	Pegasi	n
Perseus	Pérseus	Persei	n
Fische	Písces	Piscium	t
Südl. Fisch	Píscis austrínus	Piscis austrini	s
Pfeil	Sagítta	Sagittae	n
Schütze	Sagittárius	Sagittarii	t
Skorpion	Scórpíus	Scorpii	t
Schild	Scútum	Scuti	s
Schlange	Sérpens	Serpentis	n/s
Stier	Táurus	Tauri	t
Dreieck	Triángulum	Trianguli	n
Großer Bär	Ursa mājor	Ursae majoris	n
Kleiner Bär	Ursa mājnor	Ursae minoris	n
Jungfrau	Vírgo	Virginis	t
Füchsen	Vulpécula	Vulpeculae	n

Es bedeutet:

- n = nördliches Bild
 s = südliches Bild
 t = Tierkreisbild
 n/s = nordsüdliches Bild (äquatorial).

e) Namen einzelner Sterne

Achernar	α Eridanus	Kastor	α Zwillinge
Akrab	β Skorpion	Kochab	β Kleiner Bär
Alamak	γ Andromeda	Krippe	ϵ Krebs
Albireo	β Schwan		(Sternhaufen)
Aldebaran	α Stier	Maja	20 (c) Stier
Alderamin	α Cepheus		(Plejaden)
Algenib	γ Pegasus	Markab	α Pegasus
Algenib	α Perseus	Megrez	β Großer Bär
Algol	β Perseus	Menkar	α Walfisch
Alioth	ϵ Großer Bär	Merak	β Großer Bär
Alkor	g Großer Bär	Merope	23 (d) Stier
Alkyone	η Stier		(Plejaden)
	(Plejaden)	Mira Ceti	o Walfisch
Altair (auch Atair)	α Adler	Mirach	β Andromeda
Antares	α Skorpion	Mizar	ζ Großer Bär
Arktur	α Bootes	Phekda	γ Großer Bär
Asterope	21 (k) Stier	Plejaden	Siebgestirn
	(Plejaden)	Plejone	28 (h) Stier
Atlas	27 (f) Stier		(Plejaden)
	(Plejaden)	Polaris	α Kleiner Bär
Bellatrix	γ Orion		(Polarstern)
Benetnasch	η Großer Bär	Pollux	β Zwillinge
Beteigeuze	α Orion	Prokyon	α Kleiner Hund
Celaeno	16 Stier	Ras Algethi	α Herkules
	(Plejaden)	Ras Alhague	α Ophiuchus
Deneb	α Schwan	Regulus	α Großer Löwe
Deneb Kaitos	β Walfisch	Reiterlein	g Großer Bär
Denebola	β Großer Löwe		(Alkor)
Dubhe	β Großer Bär	Rigel	β Orion
Elektra	17 Stier	Scheat	β Pegasus
	(Plejaden)	Schedir	α Kassiopeia
Enif	ϵ Pegasus	Sirius	α Großer Hund
Etamin	γ Drache	Sirrah	α Andromeda
Fomalhaut	α Südl. Fisch	Spika	α Jungfrau
Gemma	α Nördl. Krone	Taygeta	19 (g) Stier
Hamal	α Widder		(Plejaden)
Jakobstab	δ, ϵ, ζ Orion	Vindemiatrix	ϵ Jungfrau
Kapella	α Fuhrmann	Wega	α Leier

Die meisten dieser Sternnamen sind arabischen, einige griechischen Ursprungs; vielfach sind sie bei späteren Übertragungen ins Lateinische entstellt worden.

f) Griechisches Alphabet

<i>A</i>	α	Alpha	a	<i>N</i>	ν	Ny	n
<i>B</i>	β	Béta	b	<i>\Xi</i>	ξ	Xi	x
<i>\Gamma</i>	γ	Gámma	g	<i>O</i>	o	Ómikron	ö
<i>\Delta</i>	δ	Délta	d	<i>\Pi</i>	π	Pi	p
<i>E</i>	ϵ	Épsilon	ě	<i>P</i>	ρ	Rho	r
<i>Z</i>	ζ	Zéta	z	<i>\Sigma</i>	σ, ς	Sigma	s
<i>H</i>	ϵ	Éta	e	<i>T</i>	τ	Tau	t
<i>\Theta</i>	θ	Théta	th	<i>Y</i>	υ	Ýpsilon	y
<i>I</i>	ι	Jóta	j	<i>\Phi</i>	φ	Phi	ph
<i>K</i>	κ	Káppa	k	<i>X</i>	χ	Chi	ch
<i>\Lambda</i>	λ	Lámbda	l	<i>\Psi</i>	ψ	Psi	ps
<i>M</i>	μ	My	m	<i>\Omega</i>	ω	Omega	o



Abb. 110
Mond mit aschgrauem Licht,
16. 3. 1953 (Aufn. d. Verf.)

g) Helle Sterne

Für helle Sterne gibt folgende Tabelle deren astronomische und astrophysikalische Besonderheiten an, soweit sie aus der Literatur zu ermitteln waren. Es sind im einzelnen: visuelle Größe, Spektrum, Farbe, Entfernung in Lichtjahren, Leuchtkraft (H) in Sonnenhelligkeiten (Sonne = 1), Durchmesser (\varnothing) in Sonnendurchmessern (Sonne = 1) und Oberflächentemperatur in Kelvingraden (Null° Kelvin = -273°C). Zeichen für Sonne = \odot

Es wurde bereits erwähnt, daß die Beobachtung mit dem Doppel-feldstecher auch die Farben der hellen Sterne deutlicher hervortreten läßt. Bei den allerhellsten Sternen fallen deren unterschiedliche Farben

bereits dem bloßen Auge auf. Diese Farben sind ein unmittelbares Ergebnis der Oberflächentemperaturen und kommen dadurch zustande, indem sich das Maximum der ausgesandten Strahlung um so mehr nach kürzeren Wellenlängen (d. h. nach blau) zu verlagert, je höher die Temperatur ist. Auf die sehr interessanten Zusammenhänge des ganzen Problems kann hier nicht im einzelnen eingegangen werden (in muster-gültiger Kürze ist es dargestellt in dem Buch „Unser Sternenhimmel“ von THEO BEUST, Urania-Verlag, 1967. Jedoch sollte sich auch der Sternfreund (gleich dem griechischen Alphabet) das die Farbe und damit die Temperatur charakterisierende Spektralschema einprägen, das in seinen Grundzügen ab 1885 am Harvard-Observatorium USA aufgestellt und später nach physikalischen Grundsätzen gestaltet wurde. Die ursprünglich aufgestellten Bezeichnungen der Spektralklassen durch große Buchstaben, mit A beginnend, wurden beibehalten, mußten jedoch, um den eben erwähnten physikalischen Bedingungen zu genügen, teilweise umgestellt werden. So ergab sich folgende Reihe von höchsten bis zu niedrigsten vorkommenden Oberflächentemperaturen: O, B, A, F, G, K, M, R, N.

Zur feineren Kennzeichnung der Spektralklassen sind diese noch mit Indexziffern 1 bis 10 unterteilt.

Einige weitere Spektralklassen spezieller Typen können hier unberücksichtigt bleiben. Riesensterne sind durch ein vorgesetztes kleines g (engl. giant, Riese), Zwergsterne durch ein d (engl. dwarf, Zwerg) kenntlich gemacht. Im einzelnen ergibt sich folgende Spektral- und damit Temperatur- und Farbfolge; bestimmte Besonderheiten (charakteristische Linien chem. Elemente bzw. Verbindungen) sind in der letzten Spalte beigefügt. Der Beobachter gewinnt somit einen Eindruck, was für eine ferne Sonne er vor sich hat.

Spektralklasse, Sternbeispiele	Temperatur °Kelvin	Farbe	Charakteristische Linien des Spektrums
O (Zentralsterne Planetarischer Nebel, heiße Sterne im Orion)	50 000	blauweiß	starke Heliumlinien, ferner Sili- zium, Stickstoff; schwach Wasser- stoff
B (Rigel, Spika)	25 000	weiß	viele Heliumlinien, Wasserstoff stärker
A (Sirius, Wega)	11 000	weiß	Heliumlinien schwächer, Maximum von Wasserstoff, Calcium nimmt zu (bei A 5 bis A 9)

Spektralklasse, Sternbeispiele	Temperatur °Kelvin	Farbe	Charakteristische Linien des Spektrums
F (Prokyon, α im Perseus)	7600	gelbweiß	Wasserstoff und Calcium; zahl- reiche Eisenlinien, Titan, Magne- sium
G (Sonne, Kapella, α Centauri)	6000	gelb	Wasserstoffschwächer, viele Metall- linien besonders von Calcium; ab G 5 auch sog. Banden (enge Linien- gruppen mehratomiger Moleküle) von CH und CN (Kohlenmonoxid und Cyan)
K (Arktur, Aldebaran)	5100	rotgelb	starke Metalllinien von Eisen und Calcium, weitere Molekülbanden, besonders von Titanoxid
M (Beteigeuze, Antares)	3000	rot	starke Titanoxidbanden
M 5 (Mira)	2500	tiefrot	wie bei M 0, Titanoxid noch kräf- tiger
R und N (sog. Kohlenstoff- sterne)	3000 und tiefer	tiefrot	wie bei K und M, starke Banden von CN, CH; Titanoxid nicht mehr vorhanden

h) Wissenswerte Zahlenangaben

1 Astronomische Einheit = 1 AE = Große Halbachse der Erdbahn
= 149.6 Millionen km

1 Lichtsekunde = 299 793 km

1 Lichtjahr = 63 240 AE = 9.4603 Billionen km = 0.3066 pc

1 Parsec (abgekürzt pc) = 1 Parallaxen-Sekunde (engl. second) = 206 265 AE =
30.86 Billionen km = 3.258 Lichtjahre; aus dieser Entfernung erscheint
die große Halbachse der Erdbahn unter dem Winkel von 1 Bogensekunde

1 Kiloparsec = 1 kpc = 3258 Lichtjahre

1 Megaparsec = 1 Mpc = 1 Million Parsec = 3258 000 Lichtjahre

Stern	visuelle Größe	Spektrum	Farbe	Entfernung Lichtjahre	$\varnothing, \odot = 1$	$H, \oplus = 1$	T °K
Atair	0.8	A 7	weißgelb	16	2	8	8600
Sirrah	2.1	B 8	weiß	105			
Mirach	2.2	M 0	rot	82			
Alamak	2.3	gK 3	rotgelb	160			3900
(Doppelstern)	5.1	A 0	weiß				
Arktur	0	gK 2	rotgelb	35	22	83	4200
Schedir	2.2	gK 0	rotgelb	160		200	
	2.3	dF 2	weißgelb	47		18	7100
Rucha	1.6	B 0	weiß	650		330	25000
Toliman	2.7	A 3	weiß	76			
Alderamin	0.3	dG 4	gelb	4.35		1	
Granatstern	2.6	A 7	weißgelb	49		17	
μ Cepheus (veränderlich)	3.6–5.1	M 2	tiefrot	1100		70	3500
δ Cepheus (veränderlich)	3.7–4.6	F 5–G 2	gelbweiß	950			6200
β Einhorn	4.7/5.2/5.6	B 2	weiß	470		280	17000
(dreifach!)							
Kapella	0.9	gG 5	gelb	42	16	150	5600
Dubhe	1.9	gK 0	rotgelb	96			
Merak	2.4	A 1	weiß	76			
Phegda	2.5	B 9	weiß	80			
Megrez	3.4	A 3	weiß	78			
Alioth	1.7	A 0	weiß	78			
Mizar	2.4	A 2	weiß	84			
(Doppelstern)							
Benetnasch	1.9	B 3	weiß	160			
Alkor	4.2	A 1	weiß	74			

Sirius	α Großer Hund	-1.47	A 1	weiß	8.7	1.8	23	11000
Mirzam	β Großer Hund	2.0	B 1	weiß	650			
Adhara	ε Großer Hund	1.5	B 1	weiß	470			
Alphard	α Hydra	2.0	B 3	rotgelb	130		200	3900
Spika	α Jungfrau	1.2	B 1	weiß	220		1100	20000
Polarstern	α Kleiner Bär	2.1	gF 8	gelbweiß	470	11	2300	6300
Kochab	β Kleiner Bär	2.2	gK 4	rotgelb	105		100	
Prokyon	α Kleiner Hund	0.5	dF 3	gelbweiß	11.3	2	6	7500
Gemma	α N. Krone	2.3	dA 0	weiß	71		45	10700
Wega	α Leier	0.1	A 1	weiß	28	3.2	45	11900
Regulus	α Großer Löwe	1.3	dB 8	weiß	83	4	97	13400
Denebola	β Großer Löwe	2.2	A 3	weiß	42			
RasAlhague	α Schlangenträger	2.1	gA 5	weißgelb	60			
Beteigeuze	α Orion	0.1	gM 2	rot	270	400	3500	3200
Rigel	β Orion	0.3	B 8	weiß	650	19	20000	12300
Bellatrix	γ Orion	1.7	B 2	weiß	250	4	830	
Mintaka	δ Orion	2.4	O 9	blauweiß	820			
(Doppelstern)		6.8	dB 2	weiß				
Alnilam	ε Orion	1.7	B 0	weiß	900			
Alnitak	ζ Orion	2.0	O 9	blauweiß	1140	400	28000	23000
	ι Orion	2.9	O 8	blauweiß	1300			
Saiph	κ Orion	2.2	B 0	weiß	600			
Markab	α Pegasus	2.6	B 9	weiß	100		85	11000
Scheat	β Pegasus	2.4	gM 2	rot	160	113	170	3500
Enif	ε Pegasus	2.5	K 2	rotgelb	800			
Algenib	α Perseus	1.9	F 5	gelbweiß	470		5400	
Algol	β Perseus	2.2-3.5	B 8	weiß	96	3.6		10500
(veränderlich)								
ζ Puppis		2.3	O 5	blauweiß	1100			12500
(Hinterdeck des Schiffes Argo)								
Unuk	α Schlange	2.7	gK 2	rotgelb	75		40	
Deneb	α Schwan	1.2	A 2	weiß	1500		10000	11000

Stern	visuelle Größe	Spektrum	Farbe	Entfernung Lichtjahre	$\varnothing, \odot = 1$	H, $\odot = 1$	T °K
Albireo	3.2	gK 0	rotgelb	400			
(Doppelstern)	5.4	dB 9	weiß				
Sador	2.2	F 8	gelbweiß	500			
Antares	0.9	gM 0	rot	650	740	1900	3300
Aldebaran	1.1	gK 5	rotgelb	53	35	90	3500
Nath	1.8	B 7	weiß	143			
Alkyone	3.0	B 7	weiß	410			
(Hauptstern der Plejaden)							
Fomalhaut	1.3	A 2	weiß	25	1.6	16	9400
Menkar	2.8	gM 2	rot	130		90	3200
Deneb	2.2	gK 0	rotgelb	64		40	4200
Kaitos							
Mira	2–10	gM 5	tiefrot	103	460	120	2400
(veränderlich)							
Hamal	2.2	gK 2	rotgelb	80		60	4000
Kastor	2.0	A 0	weiß	44	2	22	10600
Pollux	1.2	gK 0	rotgelb	30	14	24	4900
Sonne	–27.01	dG 2	gelb	—	1	1	5785
(☉) —							

Sachverzeichnis

Abendstern 79
achromatische Objektive 16
Adaptation 19, 126
Adler 21, 96, 101ff., 116
Akkommodation 127f.
Algol 109, 115
Andromeda 96f., 115
Andromedanebel 11, 120
Apogäum 69
aschgraues Mondlicht 63, 147
Asiola 28f.
astigmatische Augen 21, 33, 128
Astigmatismus 128
astronomische Jahrbücher 11, 12, 52,
58, 79, 112
– Zeitschriften 12, 52
astronomisches Fernrohr 14
Atlanten des Himmels 52
Auflösevermögen 22f.
Auge 21, 30, 33, 47, 125
–, anatomischer Bau 125
–, Anpassung 126ff.
–, astigmatisches 21, 33, 128
–, schielendes 21, 33
Augenabstand 20
Austrittspupille 14, 17, 26, 38, 127, 130,
132ff.

Bär, Großer 92ff., 120
–, Kleiner 93
Bärenführer 97
Beobachtungsheft 52
Beobachtungsplatz 51f.
Berührungszeiten 57f., 71
Beschlagen der Gläser 47
Beteigeuze 95
binokulare Beobachtung 23
Brennweite 16ff., 132f., 138
Brillen mit schwarzen Gläsern 34f.
Brillenglas, einfaches, als Objektiv 39f.

Brillengläser zur Korrektur 21, 33
Brillenträger 21f.

Cepheus 84, 106, 110

Dämmerungsbogen 90
Dämmerungsleistung 18ff.
Dämmerungszahlen 19
Doppelsterne 23, 38, 93ff., 105ff.,
123f., 127, 140ff.
Doppelsternhaufen im Perseus 102f.
Drache 94, 106
drehbare Sternkarten 52
Dreieck 120
Dunkelhöhle im Adler 101f., 144
Dunkelwolken in der Milchstraße 97f.

Ebbe und Flut 72
Einhorn 95
Eintrittspupille 14, 17f., 133
Elongationen 75
Eridanus 96
Erstes Viertel 62, 65

Farbenabweichungen 16, 38
Feldstecherhalter 31ff., 136
Fensterbeobachtungen 50
Fernrohrbrillen 27
Filtergläser 33ff., 136ff.
Fische 96
Fleckenzahlen 54
Fuchs 96, 120
Fuhrmann 95, 115
Fußbodenstativ 31

Gelbgläser 33, 68
Geräteklemmern 31f.
Gesamtleistung eines Fernrohrs 19, 49
Gesichtsfeld 20, 100, 126
Gesichtsfeldblende 20

Größenklassen der Sterne 47f., 105, 110
 Großer Bär 92ff., 120
 grüner Strahl 89f.
 Grünfilter 39

Haar der Berenice 97, 116
 Haltevorrichtungen 30ff., 136
 Helligkeit 17, 38, 47, 49, 111, 129f., 136
 Herkules 97
 Himmelskarten 52
 Himmelsrichtungen (Sonne) 55
 Himmelspol 92ff.
 Himmelswagen 92ff.
 Hund, Großer 95
 —, Kleiner 95
*Huygens*sches Okular 40
 Hyaden 96, 113, 143

Irradiation 23, 34, 64

Jagdhunde 106, 120
 Jungfrau 97
 Jupiter 11, 76f., 78, 129, 131, 138
 Jupitermonde 76f.

Kassiopeia 84, 115
 Kohlensack, nördlicher 101
 —, südlicher 123
 Kleine Planeten 76
 Kleiner Bär 93
 Kleinmikroskop 41f.
 Kometensuche 80ff.
 Konjunktionen 78, 129
 Korrektionsgläser 21, 33
 Krebs 96, 114f.
 Kreuz 123f.
 Krippe 114f., 143
 Krone 97
 Kugelsternhaufen 116

Lagunennebel 120
 Leier 94, 96, 106, 120
 Letztes Viertel 62, 69
 Librationen 69
 Lichtgrenze auf dem Mond 62
 Lichtmenge 17, 46
 Lichtsäulen 90f.
 Lichtstärke 17, 26f., 38, 45ff., 132ff.
 Löwe, Großer 96, 108
 Luftspiegelungen 89

Magellan-Wolken 124
 Mare 60, 63ff., 73
 Mars 75, 78
 Meridian 139
 Merkur 75f., 78, 130
Messier-Katalog 114
 Meteorströme 84f.
 Meteorschweife 83f.
 Milchstraße 97ff., 123
 Mitteltriebläser 21
 Mira-Sterne 110f.
 Mizar 106
 Mond 17, 38, 60ff.
 —, Angaben 72ff.
 —, Himmelsrichtungen 72
 Mondfinsternisse 58, 70, 91, 134
 Mondkarte 52, 61, 73
 Mondkettengebirge 62
 Mondkrater 61
 Mondmare 60, 63ff., 73
 Mondobjekte 73f.
 Mondphasen 63ff., 122f.
 Mondringgebirge 62, 65f.
 Mondtage 63ff.
 monokulare Feldstecher 22, 23, 132,
 134, 135f.
 Morgenröte 90

Nachtgläser 18
 Nebelflecke 18, 80, 113ff., 143f.
 Neptun 78
 Neumond 63
 Nordamerikanebel 98
 Nordpol 92
 Normalvergrößerung 130
 Notizen 51f.

Objektivdurchmesser 17ff., 25, 33, 127,
 130
 Objektive 14ff., 27
 Öffnungsverhältnis 16f., 126
 Okulare 14ff., 27, 34
 optische Fernrohrlänge 15
 Orion 95, 108, 117, 139
 Orionnebel 117, 120

parallaktische Feldstechermontierung
 43
 Pegasus 97
 Perigäum 69

Perseiden 85
 Perseus 94, 103, 109, 115
 Pfeil 96
 Planeten, Große 75, 130
 —, innere 75
 —, Kleine 76
 Plejaden 96, 113, 116, 143
 Pluto 78
 Polarstern 47, 50, 93f.
 Polsequenz 49f.
 Positionswinkel 139f.
 Projektion der Sonne 35f., 53, 135f.
 Projektionsschirm 26, 35f., 53
 Pupille 18f., 125, 130
 Purpurlicht 90

Rabe 97
 Reflexionsprismen 15
 Reichweite der Feldstecher 47
 Reinigung optischer Flächen 47
 Rosette-Nebel 121
 Rußgläser 34

 Satellitenstationen 87
 Saturn 77f.
 Schattenwurf auf dem Mond 62f.
 Schildwolke 102, 142
 Schlangenträger 97
 Schütze 97, 116, 120f., 143
 Schwan 94, 96, 98, 105, 106, 113, 143
 Sehstärke 20
 Siebengestirn 96, 113, 116, 143
 Sirius 95, 114, 131
 Skorpion 97
 Sommerhimmel 96f., 143f.
 Sonne 33, 51ff., 95
 —, Angaben 58
 Sonnenblendgläser 33, 53, 58, 135
 Sonnenfackeln 51, 58
 Sonnenfinsternisse 34, 57f.
 Sonnenflecke 36, 54ff.
 Sonnenprojektion 26, 35f., 53, 135f.
 Sonnenrand 53, 56
 Spektralklassen 147ff.
 Spiralnebel 104
 Sportbrillen 27
 Stäbchen 126
 Stäbchensehen 100, 126
 Steinbock 97, 108
 Sternbedeckung 71f., 140

Sternbilder 18, 92ff., 144f.
 Sternfinsternis 71
 Sternhaufen 80, 102, 115f., 121, 128, 143
 Sternkarten 52, 85, 131
 Sternstrahlen 127f.
 Sterntabelle 150ff.
 Sternwarten 12
 Stier 96, 108
 Strahlengang im astronomischen Fern-
 rohr 14, 37
 — im Erdfernrohr 28
 — im Feldstecher 14ff.
 — im Galileifernrohr 24f.
 Strahlenvereinigung 16

Telestereoskop 13
 thermischer Auftrieb 85
 totale Sonnenfinsternis 57
 Trennung von Doppelsternen 23, 105
 Turmon 24

 Überstrahlung 23, 34, 64
 Uranus 78

 Venus 30, 75f., 78, 129, 131
 Vergrößerung 16ff., 26, 27, 37ff., 58, 77,
 130, 133
 Vergütung 45ff.
 Viertel, Erstes 62, 65
 —, Letztes 62, 69
 Vollmond 68
 Vorderkammer 125
 Vorsatzfernrohr 26, 37ff., 128
 Vulkanstaub 91

Waage 97
 Walfisch 96
 Wandelsterne 75
 Wassermann 97, 116
 Wasserschlange (Hydra) 96
 Weitwinkelfeldstecher 20
 Weitwinkelokulare 20
 Widder 96
 Winterhimmel 95f., 143f.

Zenitprisma 41
 Zirkumpolarsterne 92ff.
 Zusatzfernrohr 39, 58
 Zusatzvergrößerung 37f.
 Zwillinge 95