ASTRONOMIE SELBST ERLEBT

K. LINDNER




Kleiner Löwe
Haar der Berenike
Löwe
Jungfrau
Sextant
Wasserschlange
Becher
Rabe
Luftpumpe


Luchs
Zwillinge
Krebs
Kleiner Hund
Einhorn
Großer Hund
Kompaß
Achterdeck

Dr. Klaus Lindner

Astronomie selbst erlebt

Urania-Verlag
Leipzig · Jena · Berlin

1. Auflage 1973. 1.—20. Tausend
Alle Rechte vorbehalten
Copyright 1973 by Urania-Verlag Leipzig/Jena/Berlin
Verlag für populärwissenschaftliche Literatur
VLN 212-475/12/73 · LSV 1499
Lektor: Ewald Oetzel
Illustrationen und Einband:
Wolfgang Würfel/Horst Schleef
Typografie: Helmut Selle, Helgard Reckziegel
Satz und Druck: Gutenberg Buchdruckerei Weimar
Buchbinderische Verarbeitung: VOB Buchbinderei Südwest, Leipzig
Printed in the German Democratic Republic
Best.-Nr.: 653 2619
EVP 12,80

Inhalt

★

Astronomie selbst erlebt

Einleitung *9*
Mit oder ohne Fernrohr? *13*
Astronomische Beobachtungen mit bloßem Auge? *13*
Winkelmessungen *13*
Vom Nutzen des Fernrohrs *15*
Was kostet ein Fernrohr? *17*
Was kann man mit dem Feldstecher am Himmel sehen? *18*
Wir bauen ein Fernrohr *19*
Optische Basteleien *19*
Je größer, desto schwieriger *21*
Verbesserungen sind möglich *24*
Einfache Meßgeräte *27*
Winkelmeßgeräte *27*
Die Uhr im Examen *29*
Unser Beobachtungsplatz *31*
Das Wohnzimmerfenster ist ungeeignet *31*
Das Inventar unserer Beobachtungsstation *32*
Astronomische Orientierung *45*
Himmelsrichtungen *45*
Sternbilder *45*
Die Darstellung der Himmelskugel *48*
Astronomische Koordinaten *51*

Sonne und Mond

Bewegung und Bahnen *59*
Wer bewegt sich wirklich? *59*
Der »wahre« Bahnverlauf *59*
Kann man die Bewegungen der Erde beobachten? *59*
Der Mond macht es uns bequemer *62*
Astronomie und Kalender *64*
Wir bestimmen die Zeit selbst *69*
Die Sonnenuhr *69*
Es geht noch genauer *71*
Nächtliche Zeitbestimmung *74*
Sonnenbeobachtung *77*
Äußerste Vorsicht! *77*
Sonnenflecken *78*
Randverdunkelung und Fackeln *80*

Mondbeobachtung *83*
Was für einen Mond haben wir heute? *83*
Schatten muß sein *84*
Die Mondoberfläche *84*
Wann sehe ich ein bestimmtes Objekt? *88*
Finsternisse *91*

Die Planeten

Sterne und Planeten *97*
Worin besteht der Unterschied? *97*
Es begann mit Kopernikus *98*
Aufsuchen und Beobachten *103*
Wann und wo finden wir die Planeten? *103*
Planetenbeobachtungen mit dem Fernrohr *106*

Kometen, Meteore, Satelliten

Seltene Gäste *115*
Ein Komet steht am Himmel *115*
Auf Wiedersehen? *116*
Die Beobachtung von Kometen *117*
Feuer vom Himmel *121*
Meteore und Meteoriten *121*
Meteorströme *121*
Die Beobachtung von Meteoren *123*
Sterne aus Menschenhand *127*

Sterne und Sternsysteme

Unendliche Vielfalt *133*
Einzel- und Doppelsterne *134*
Doppelsterne *137*
Sternhaufen *138*
Nebel *138*
Sternsysteme *138*
Lohnende Beobachtungsobjekte *141*

Himmelsphotographie

Die Kleinbildkamera genügt *159*

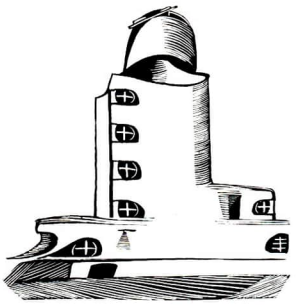
Anhang

Mondkarte *164*
Sternatlas *166*
Zur Beilage (Rechenscheibe und drehbare Sternkarte) *178*
Verzeichnis der Beobachtungen *180*
Wichtige Tabellen *181*
Sachwörterverzeichnis *182*

Astronomie selbst erlebt



Einleitung



Seit Jahrtausenden betreiben die Menschen Astronomie, beobachten sie die Erscheinungen und Vorgänge am Himmel, versuchen sie Kenntnis von den Gesetzmäßigkeiten zu erhalten, die diesen Erscheinungen und Vorgängen zugrunde liegen. In allen entwickelten Ländern gibt es astronomische Institute, Sternwarten und astronomische Beobachtungsstationen.

»Wozu dieser Aufwand?« wird sich sicher schon mancher gefragt haben. »Was kann denn die Astronomie der Gesellschaft für Nutzen bringen?«

Man sieht manchen Wissenschaften auf den ersten Blick an, welchen Zweck sie haben. Physik, Chemie, Biologie, Gesellschaftswissenschaften, Medizin – ohne Frage sind ihre Ergebnisse von unmittelbarem Nutzen für uns alle. Aber Astronomie? Bewegungen ferner Sterne zu erkunden, die zumindest in den nächsten 500 Jahren kein Mensch erreichen wird? Unregelmäßigkeiten in der Bewegung des Mondes theoretisch zu begründen, die so geringfügig sind, daß sie erst im Verlauf eines Jahrhunderts meßbar werden? Über die Entstehung von Sternen nachzudenken, die sich für die ältesten unter ihnen vor Milliarden von Jahren vollzog?

Die Astronomie ist eine Grundlagenwissenschaft. Der Astronom kann kaum einmal eine Entdeckung melden, die sich unmittelbar in der täglichen gesellschaftlichen Praxis anwenden läßt, und doch bedienen wir uns täglich und jährlich einer Nutzanwendung der Astronomie: Uhren und Kalender sind heute wie eh und je unter der Kontrolle von Astronomen. Wenn wir zur Arbeit oder ins Theater gehen und, um pünktlich zu sein, auf die Uhr sehen, dann profitieren wir von der Arbeit des astronomischen Zeitdienstes. Und wenn wir zur Kenntnis nehmen, daß in den Jahren 1976, 1980, 1984 usw. der Februar einen Tag mehr aufweist als sonst, dann akzeptieren wir das Ergebnis langjähriger und präziser Himmelsbeobachtungen[1].

Es gibt noch mehr Gründe, die Astronomie zu pflegen. Seit der Entstehung der Astrophysik um die Mitte des vorigen Jahrhunderts haben die Physiker erkannt, daß ihnen die Astronomie in Gestalt des unmeßbar großen Weltalls ein geradezu ideales Laboratorium bietet, in dem die Objekte unter technisch nicht erreichbaren Bedingungen untersucht werden können. Extrem hoher Druck und fast vollkommenes Vakuum, Temperaturen zwischen dem absoluten Nullpunkt und vielen Millionen Grad, elektrische und magnetische Felder, intensive Korpuskularstrahlung – all das ist im Weltall vorzufinden. Freilich kann man nicht damit experimentieren, denn der Forscher kann im Bereich der Astronomie nicht selbst die Einflüsse auswählen, denen er ein Versuchsobjekt aussetzen will. Er ist darauf angewiesen, zu beobachten und sich mit den von der Natur gegebenen Tatsachen abzufinden; er muß sozusagen warten, bis ihm die Natur an irgendeiner Stelle des

[1] Diese Beobachtungen liegen allerdings schon einige Jahrhunderte zurück. Trotzdem richten wir uns noch heute nach ihnen!

Sternhimmels das von ihm geplante Experiment vorführt. Da aber im Weltall ständig unvorstellbar viele derartige »Vorstellungen« ablaufen, liegt es letztlich doch nur an der Beobachtungskunst des Forschers, ob er seinem Ziel näher kommt oder nicht.

Das Weltall ist für die Physiker aber nicht nur ein vorzüglich ausgestattetes, sondern auch ein finanziell erschwingliches Laboratorium. Das gilt selbst dann, wenn — wegen der störenden Wirkung der Erdatmosphäre — von einer Raumstation aus beobachtet werden muß. Schon heute ist Hochenergiephysik in bestimmten Bereichen im Weltall ökonomischer zu betreiben als mit entsprechenden Laboranlagen auf der Erde!

In diese Überlegungen schließen wir die Raumfahrt ein. Fernmeldesatelliten sind heute schon eine Selbstverständlichkeit, meteorologische Satelliten ermöglichen eine großräumige Kontrolle des Wettergeschehens auf der ganzen Erde und damit genauere Wettervorhersagen, geodätische Meßsatelliten liefern Daten für eine genauere Vermessung der Kontinente und Ozeane, die Geologie bedient sich der Raumflugkörper zum Auffinden von Lagerstätten wichtiger Bodenschätze. Diese Aufzählung ließe sich noch weiter fortsetzen, aber schon an den wenigen Beispielen erkennen wir die große praktische Bedeutung des jüngsten Zweiges der Astronomie.

Tatsächlich — bei genauerer Betrachtung zeigt sich, daß die Astronomie alles andere ist als eine weltferne Wissenschaft. Wer sich näher mit ihr befaßt, der wird darüber hinaus noch eine weitere, nicht minder wichtige Bedeutung erkennen und an sich selbst erfahren: Astronomische Kenntnisse bestimmen — gemeinsam mit den Forschungsergebnissen anderer Wissenschaften — das Weltbild, das Weltverständnis des Menschen. Auf ein wissenschaftliches Weltbild, d. h. eine richtige Vorstellung von der Welt, in der wir leben, gründet sich die wissenschaftliche Weltanschauung, ohne die ein Mensch unserer Zeit nicht auskommt. Wer sich mit astronomischen Problemen befaßt — vorausgesetzt, er tut es auf der Basis von Tatsachen, ohne Spekulation und Aberglauben —, der formt sein eigenes Weltbild und gewinnt wichtige Einsichten in das Wirken der Naturgesetze.

Auch eine amateurmäßige Beschäftigung mit der Astronomie kann dazu viel beitragen. Darüber hinaus vermittelt sie Bekanntschaft mit überaus interessanten Objekten, Erscheinungen, Zusammenhängen und Problemen. Die Schönheit des Sternhimmels beeindruckt immer wieder; ein offener Sternhaufen ist schon im schwach vergrößernden Fernrohr ein prachtvoller Anblick, und das Fernrohrbild des ringgeschmückten Saturns wird man so bald nicht vergessen. Ein kleiner Wermutstropfen findet sich jedoch auch in dem vollen Becher amateur-astronomischer Freude. Unsere Beschäftigung erfordert das Tätigsein in den Nachtstunden. Sternfreunde haben es schwerer als Briefmarkensammler oder Aquarienliebhaber. Während jene im behaglich geheizten Zimmer zu jeder beliebigen Tageszeit ihr Steckenpferd reiten können, müssen wir Amateurastronomen uns abends oder nachts auf kaltem Balkon, im Garten oder auch irgendwo außerhalb der Stadt im freien Gelände einrichten und unsere Beobachtungen vornehmen. Wer aber der Astronomie verfallen ist, der empfindet das nicht als Belastung. Er wird durch die Schönheit, die Großartigkeit und die fesselnden Ergebnisse dieser Wissenschaft entschädigt. Vielleicht kommt er sogar auf den Gedanken, selbst etwas für die astronomische Wissenschaft Nützliches zu beginnen und mit seinen bescheidenen instrumentellen Mitteln Beobachtungsergebnisse zu erarbeiten, die die Fachastronomen zur Ergänzung ihrer eigenen Forschungen benötigen.

Kann der Sternfreund wissenschaftlich nützliche Arbeit leisten? Das ist durchaus

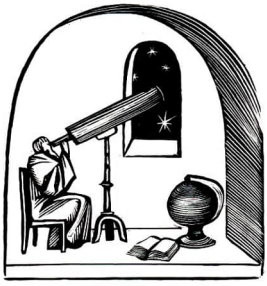
nicht unmöglich; allerdings gibt es nur einige wenige Spezialgebiete, auf denen der Amateur wirklich Teilaufgaben der Forschung übernehmen kann. Die Überwachung der Helligkeit Veränderlicher Sterne und die Beobachtung von Sternbedeckungen durch den Mond gehören dazu, außerdem die Feststellung von Veränderungen an hellen Kometen und die Registrierung auffälliger Meteorerscheinungen. Keinesfalls ist für solche Arbeiten unbedingt ein großes Fernrohr nötig; Feuerkugeln beobachtet man z. B. fast ausschließlich mit dem bloßen Auge, viele Veränderliche Sterne sind kleinsten Instrumenten erreichbar, und bei Sternbedeckungen genügt auch meist ein Fernrohr von 5 bis 8 cm Öffnung. Wir müssen uns aber darüber klar sein, daß solche wissenschaftlich nützlichen Beobachtungen im allgemeinen nicht durch gelegentliches Hinschauen zu bewerkstelligen sind. Sie erfordern Beharrlichkeit, Ausdauer und Präzision. Es wird nicht jedermanns Sache sein, einer Freizeitbeschäftigung zuliebe viele Bequemlichkeiten aufzugeben. Wer es aber tun will, der findet vielfältige Möglichkeiten für seinen Einsatz in den genannten Arbeitsbereichen.

Es gibt aber noch eine weitere Gelegenheit für den beobachtenden Sternfreund, der Wissenschaft zu nützen, allerdings geht es dabei nicht um die Unterstützung der Fachastronomie. Vielmehr meinen wir die Vermittlung der wissenschaftlichen Erkenntnisse an andere Menschen, an Verwandte und Freunde, Nachbarn und Arbeitskollegen. Eigene Anschauung ist eine ganz wesentliche Quelle der Erkenntnis! Wer also anderen einen Blick durch sein Fernrohr erlaubt, ihnen wichtige Objekte zeigt und erklärt und ihre Fragen beantwortet, der ermöglicht ihnen die Gewinnung neuer Erkenntnisse über den Bau und die Struktur des Weltalls; er hilft ihnen damit, ihr wissenschaftliches Weltbild zu festigen und zu vervollkommnen. Diese Verbreitung wissenschaftlicher Kenntnisse ist eine außerordentlich wichtige Aufgabe. Jeder Amateurastronom kann dabei mithelfen. Gemeinsame Beobachtungsabende, ein Spaziergang mit Feldstecher, Uhr und Notizbuch, eine Sonnenbeobachtung in der Mittagspause sind geeignete Formen. Man braucht sie nicht großartig anzukündigen; erfahrungsgemäß finden sich Zuschauer meistens schnell ein. Allerdings muß der Sternfreund, der anderen eine Beobachtung bieten will, auch Rede und Antwort stehen können und zumindest über die Objekte, die er zeigt, gut informiert sein. Wenn das sicher ist, wird ein astronomischer »Fernseh«abend[1] allen Beteiligten Freude machen.

[1] Teleskop (Fernrohr) wird von tele (fern) und skopein (sehen) abgeleitet. Wörtlich übersetzt ist das Teleskop also ein – Fernseher!

Mit oder ohne Fernrohr?

* *



Astronomische Beobachtungen mit bloßem Auge?

Das Fernrohr ist in den letzten 300 Jahren zum Sinnbild der astronomischen Forschung geworden. Kein Wunder, daß viele Leute meinen, die Astronomie beginne überhaupt erst beim Fernrohr, und wer sich mit ihr beschäftigen wolle, müsse unbedingt ein solches Instrument – und zwar ein möglichst großes – zur Verfügung haben. Das ist aber ein gewaltiger Irrtum! Die Astronomie ist eine der ältesten Naturwissenschaften, mehrere tausend Jahre alt; das Fernrohr aber wurde vor noch nicht einmal 400 Jahren erfunden. Jahrtausende hindurch waren die Astronomen auf die Beobachtung mit dem bloßen Auge angewiesen. Sie haben auch auf diese Weise beachtliche Leistungen vollbracht. Noch zur Zeit des Nikolaus Kopernikus wiesen die astronomischen Instrumente keinerlei Fernrohroptik auf! Allerdings beschränkten sich die Astronomen im Altertum im wesentlichen auf die Ermittlung und die Vorhersage von Gestirnspositionen; besonderes Interesse beanspruchten die Stellungen der Sonne, des Mondes und der hellen Planeten. Alle damals verwendeten Beobachtungsgeräte waren Winkelmeßinstrumente, und sie besaßen zum Anpeilen der Gestirne lediglich Visiereinrichtungen für das bloße Auge.

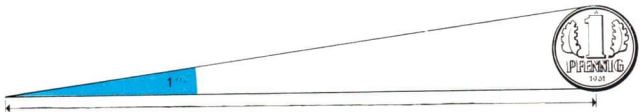
Man ist also durchaus in der Lage, sinnvolle astronomische Beobachtungen auch ohne Fernrohr anzustellen. (Bei einer ganzen Anzahl der in diesem Buch vorgeschlagenen Beobachtungen wird von vornherein auf optische Geräte verzichtet.) Oft ist nicht einmal ein kompliziertes Winkelmeßinstrument nötig.

Winkelmessungen

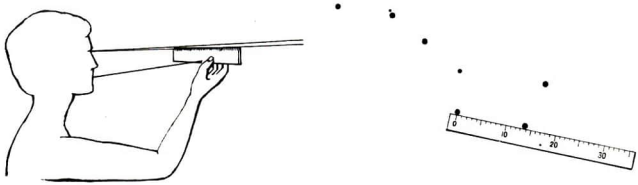
Jeder Mensch besitzt ein stets funktionsfähiges Gerät zur genäherten Bestimmung von Winkeln an der Himmelskugel und trägt es auch stets bei sich – seine Hand. Bevor wir jedoch den Gebrauch der eigenen Hand als Winkelmeßinstrument kennenlernen, muß der Begriff »Himmelskugel« geklärt werden.

Beobachtung 1
Wir beobachten den Himmel von einem Standort aus, an dem uns nach keiner Seite hin der Blick zum Horizont durch Hindernisse – Bäume, Häuser, hohe Berge – verwehrt wird. Die Beobachtung ist zu jeder Tages- und Nachtzeit und sogar bei bedecktem Himmel möglich. Ein hoher Aussichtsturm, der Gipfel eines Berges oder ein Punkt irgendwo im Freien eignen sich als Standorte. Bei dieser Beobachtung geht es nur darum, die »Form des Himmels« zu ermitteln. Gemessen oder gerechnet wird nicht.

Wir werden feststellen, daß der Himmel sich in Form einer flachgedrückten Halbkugel über uns erhebt, und zwar so, daß wir genau



Eine Bogensekunde



Winkelmessung mit einem Visierlineal

im Mittelpunkt stehen. Das ist natürlich sehr subjektiv gesehen, denn ein Beobachter, der zur gleichen Zeit 100 km von uns entfernt steht, hat den gleichen Eindruck – und wähnt *sich* im Mittelpunkt. Da nun aber eine Halbkugel doch nicht zwei Mittelpunkte haben kann, muß an der Sache ein Haken sein. Wir kommen einer Erklärung näher, wenn wir die »Form des Himmels« bei Tag und bei Nacht miteinander vergleichen. In einer klaren Nacht ist das Himmelsgewölbe nämlich weniger flach als am Tage. Und an bewölkten Tagen ist der Eindruck der Abplattung erheblich stärker als bei klarem Himmel – es handelt sich also um eine stark veränderliche Erscheinung. Nun wird jedem einleuchten: Ein Himmelsgewölbe, das für jeden Beobachter einen anderen Mittelpunkt bereithält, das sich in der Nacht ausdehnt und am Tage zusammenzieht – und zwar je nach Bewölkung unterschiedlich stark –, kann nichts Reales sein. In der Tat ist das Himmelsgewölbe lediglich ein Abbild des unbegrenzten Raumes, in den wir blicken, wenn der Himmel klar ist. Die scheinbare Abplattung beruht zum Teil auf atmosphärischen Effekten, zum Teil auf einer optischen Täuschung. Der Astronom betrachtet das Himmelsgewölbe als exakte Halbkugel, ohne allerdings deren Radius angeben zu können, und rechnet die Abstände der Gestirne voneinander oder von gedachten Linien in Graden, Bogenminuten und Bogensekunden,[1] also in Winkelmaß. Dabei hat, wie bekannt, jeder Grad 60 Bogenminuten (60′) und jede Bogenminute 60 Bogensekunden (60″). Eine Bogensekunde ist also außerordentlich klein — ein Pfennigstück in 3,5 km Entfernung erscheint unter einem Blickwinkel von 1″.

Man kann den scheinbaren Abstand zweier Gestirne voneinander auch in Zentimetern angeben. Zum Beispiel könnten wir ein Lineal so halten, daß wir die beiden Gestirne gerade auf seiner Anlegekante sehen. Dann könnten wir ablesen, wieviele Zentimeter sie voneinander entfernt sind. Das hat aller-

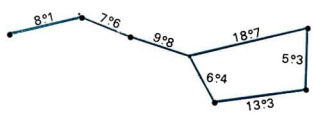
[1] Man fügt die Bezeichnung »Bogen . . .« hinzu, um den Unterschied zu den *Zeit*einheiten Minute und Sekunde deutlich zu machen.

dings nur dann einen Sinn, wenn wir gleichzeitig die Entfernung des Lineals vom Auge mit angeben, denn – wie leicht ausprobiert werden kann – diese »Zentimetermaßzahl« wird um so kleiner, je näher das Lineal unserem Auge ist. Eine sehr praktische Entfernung zwischen Auge und Lineal ist 57,3 cm. Dann überdeckt ein Zentimeter genau einen Grad.

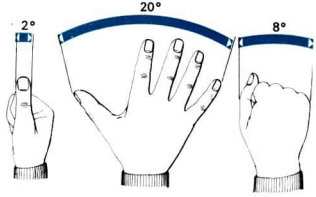
Beobachtung 2
Wir versehen ein Lineal mit einer 57 cm langen Schnur und halten es – indem wir die Schnur mit den Zähnen fassen – mit einer Hand so vor uns, daß es zwei Sterne des Sternbildes Großer Bär miteinander verbindet. In der anderen Hand halten wir die abgeblendete Taschenlampe, mit der wir die Zentimetereinteilung beleuchten (siehe Abb. auf S. 14). Wir lesen ab, wieviel »Zentimeter« (also wie viele Grade) die beiden Sterne voneinander entfernt sind und vergleichen mit der folgenden Abbildung.

Wir wollten aber doch gänzlich ohne Zusatzgeräte auskommen. Deshalb verwenden wir statt der Schnur unseren ausgestreckten Arm, statt der Zentimeterteilung auf dem Lineal die Maße Daumenbreite, Handrükkenbreite und Handspanne. Die auf diese Weise vorgenommenen Messungen entsprechen im Prinzip denen der Beobachtung 2, sie sind nur weniger genau. Trotzdem ist mit dieser »Freihandastronomie« eine ganze Menge anzufangen!

Beobachtung 3
Die Beobachtung 2 wird als Freihandbeobachtung (ohne Hilfsmittel) nach dem in der obigen Abbildung gezeigten Meßverfahren wiederholt, die gemessenen Winkelabstände der Sterne aus beiden Beobachtungen werden miteinander verglichen.



Winkelabstände der Sterne des Großen Wagens



Freihandmessungen am Himmel

Es zeigt sich, daß auch die Freihandmessungen angenähert richtige Ergebnisse liefern. Sie sind bei plötzlich auftauchenden Objekten, z. B. hellen Meteoren, außerordentlich wertvoll (vgl. Abschnitt »Feuer vom Himmel«, S. 121ff.).

Vom Nutzen des Fernrohrs

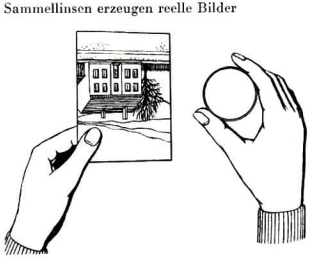
Astronomie ohne Fernrohr ist also prinzipiell möglich. Dennoch sind die moderne Astronomie und Astrophysik ohne Fernrohr nicht denkbar. Zwei Gründe sind es, die das Fernrohr zum wichtigsten Hilfsmittel des Astronomen machen: erstens die Möglichkeit, den Sehwinkel zu vergrößern und damit Einzelheiten der Objekte deutlicher, weil weiter voneinander entfernt, zu zeigen; zweitens die Eigenschaft, Lichtenergie zu sammeln und im Auge des Beobachters zu konzentrieren, so daß auch ganz schwach leuchtende Objekte sichtbar werden. Beide Vorzüge des Fernrohrs sind gleichermaßen bedeutsam, keinesfalls verwendet es der

Astronom nur, um »Sterne zu vergrößern«. (Das kann er übrigens gar nicht; die Sterne sind, mit Ausnahme der Sonne, dafür viel zu weit entfernt. Sie bilden sich im Fernrohr stets als mehr oder weniger helle Punkte ab. Anders ist das mit den Planeten, die wegen ihrer relativ geringen Entfernung im Fernrohr als Scheiben erscheinen.) Vielmehr interessiert sich der Astronom vorrangig für die lichtsammelnde Wirkung, z. B. um das Sternlicht auf seine Helligkeit oder seine spektrale Zusammensetzung zu untersuchen. Das kann natürlich auch auf photographischem Wege geschehen; überhaupt wird in der Astronomie heutzutage weit mehr wissenschaftliche Arbeit mit Hilfe der Photographie und anderer technischer Hilfsmittel, wie z. B. lichtelektrischer Zellen, betrieben, als man gemeinhin annimmt. Ganz große Fernrohre sind oft so konstruiert, daß man mit dem Auge gar nicht durch das eigentliche Hauptinstrument hindurchblicken kann. Nur die Kontrollfernrohre erlauben noch eine visuelle Beobachtung. Abgesehen von der Beobachtung der Körper unseres Sonnensystems wird die Vergrößerung (bzw. das Auflösungsvermögen) eines Fernrohrs lediglich dazu gebraucht, eng beieinanderstehende Sterne getrennt abzubilden und ihre Positionen zu messen.

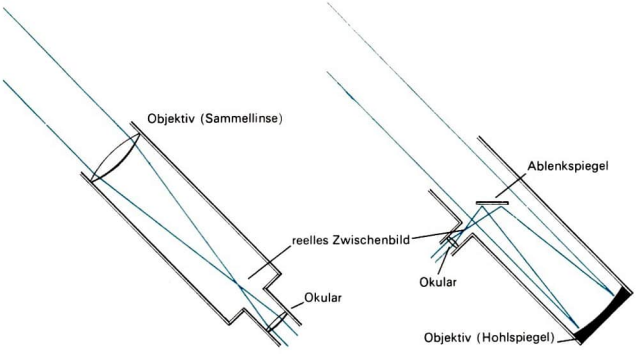
Wie funktioniert ein Fernrohr? Wir wollen an dieser Stelle keine ausführlichen optischen Erläuterungen vornehmen, sondern versuchen, das Wesentliche in sehr stark vereinfachter Form zu verstehen. Jedes Fernrohr besitzt zwei unterschiedliche optisch wirksame Teile, die wir *Objektiv* und *Okular* nennen. *Objektiv* kommt von *Objekt* – auf dieses Teil fällt das vom Beobachtungsobjekt kommende Licht zuerst. Es ist entweder ein Linsensystem, das die Eigenschaft einer Sammellinse aufweist, oder ein Hohlspiegel. Im einfachsten Falle genügt sogar eine gewöhnliche Sammellinse mit nicht zu kurzer Brennweite. Dieses optische System erzeugt von weit entfernten Gegenständen, wie wir in der Schule gelernt haben und uns auch mit einem einfachen Versuch bestätigen können, ein reelles, umgekehrtes, verkleinertes Bild (siehe Abb. unten).

»Reell« heißt, daß man das Bild auf einem Bildschirm auffangen kann, es befindet sich tatsächlich an einer bestimmten Stelle des Raumes.[1] Um das Beobachtungsobjekt vergrößert wiederzugeben, wird nun ein Trick angewendet. Der Beobachter beschaut sich das im Raum schwebende, reelle, verkleinerte Bild aus großer Nähe mit einer starken Lupe. Diese Lupe ist das *Okular*, ebenfalls meistens ein ganzes Linsensystem. Daß die Lupe das vom Objektiv erzeugte umgekehrte Bild nicht wieder aufrichtet, daß wir das Objekt also auf dem Kopf stehend sehen, spielt für den Astronomen keine Rolle. (Im Weltall sind die Begriffe »oben« und »unten« ohnehin gegenstandslos.) Zwischen Objektiv und Okular befinden sich höchstens einige Blenden, um Streulicht zu beseitigen und ein möglichst klares und kontrastreiches Fernrohrbild zu gewährleisten. Die optischen Teile werden von dem Fernrohr*tubus* in der benötigten Entfernung und Stellung fixiert. Dieses Prinzip findet bei fast allen astronomischen Fernrohren An-

Sammellinsen erzeugen reelle Bilder



[1] Der Gegensatz dazu ist »virtuell«. Solche Bilder entstehen nur scheinbar; das Bild in einem ebenen Spiegel ist virtuell – man kann es hinter der Wand, an der der Spiegel hängt, nicht finden.



Strahlengang im Linsenfernrohr (links) und im Spiegelfernrohr (rechts)

wendung, ganz gleich, ob sie Spiegel- oder Linsenobjektive besitzen (siehe Abb. oben).

Was kostet ein Fernrohr?

Es gibt Fernrohre von 3 cm Objektivdurchmesser bis hin zum 6-m-Spiegelteleskop. Was für ein Instrument soll es denn sein?

Zunächst stellen wir fest, daß die Kosten eines Fernrohrs hauptsächlich von der Objektivöffnung abhängen. Aber nicht nur die Kosten! Je mächtiger das Instrument ist, desto massiver muß auch die Montierung sein, auf der wir es aufstellen. Ein Fernrohr von 80 mm Öffnung und über 1 m Tubuslänge kann man zur Beobachtung nicht in der Hand halten, und auch ein einfaches Fotostativ wäre zur Aufstellung ungeeignet. Wir brauchen also für ein so großes Instrument auch einen festen Aufstellungsort, an dem es vor unbefugtem Zugriff geschützt stehen bleiben kann. Schwere Montierungen sind aber – wegen der hohen Anforderungen an die Präzision der Achsen, denn wir wollen das Fernrohr ja leicht auf jede Stelle am Himmel richten können – ziemlich kostspielig. So kommt es, daß schon für Instrumente zwischen 5 und 10 cm Öffnung eine vierstellige Summe gezahlt werden muß. Kleinere Geräte kosten einige hundert Mark. Aber die Kosten für fabrikmäßig hergestellte Fernrohre lassen sich kaum senken. Das liegt vor allem an der hohen Präzision dieser Geräte und auch daran, daß sie nicht in Großserien produziert werden.

Ganz anders sieht die Sache aus, wenn wir uns ein solches Instrument selbst bauen wollen. Hierbei können wir entweder industriell gefertigte Fernrohroptiken verwenden – auch dann werden die Kosten noch einiges Nachdenken erfordern – oder aber auf einfache Bauteile zurückgreifen: Brillengläser, das Okular eines Schülermikroskops, ein Papprohr. Im letzteren Falle kann auch die Montierung sehr einfach gehalten werden, und das ganze Gerät dürfte (je nach seinen Abmessungen) zwischen 20 und 100 Mark kosten.

Nun ist sicher die Qualität eines selbstge-

bauten Fernrohrs (optisch und auch im Hinblick auf die Montierung) nicht mit der eines industriell gefertigten Hochleistungsinstruments zu vergleichen. Dennoch kommt es wesentlich darauf an, wie exakt wir beim Bau vorgehen. Entscheidend ist weiterhin, daß wir es gemäß seinen Möglichkeiten einsetzen. Dann kann auch ein ganz billiges Beobachtungsinstrument viel Freude bringen.

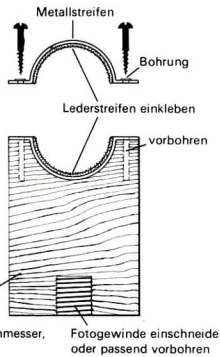
Was kann man mit dem Feldstecher am Himmel sehen?

Es gibt eine besondere Art von Beobachtungsgeräten, die man durchaus mit gutem Erfolg in der Astronomie verwenden kann, die Feldstecher. Dabei sind nicht die Operngläser gemeint – sie kommen für uns nicht in Betracht. Wer aber einen Feldstecher (ein Prismenfernglas) besitzt oder leihweise erhalten kann, braucht sich für den Anfang nicht um ein anderes Instrument zu bemühen. Die ausgezeichnete Optik dieses handlichen Gerätes ermöglicht uns eine Vielzahl von Beobachtungen; dabei wird der Nachteil der meist geringen Vergrößerung durch die hohe Lichtstärke und durch die Tatsache, daß sich der Feldstecher äußerst bequem transportieren und montieren läßt, mehr als ausgeglichen.

Daß ein Feldstecher montiert werden muß, hat vielleicht manchen unter uns stutzig gemacht. Es ist aber so; sein hohes Leistungsvermögen kann erst dann vollständig ausgeschöpft werden, wenn er auf einem festen Stativ steht. Bei der Himmelsbeobachtung aus freier Hand stört das immer vorhandene leichte Zittern mit der Zeit so sehr, daß feinere Einzelheiten gar nicht mehr zu erkennen sind. Ein Stativ für unseren Feldstecher ist aber leicht zu beschaffen! Eine Zaunlatte, der Ast eines Baumes, ein fest in den Boden gerammter Pfahl reichen aus. Der Feldstecher wird mit einer selbstergestellten Halterung versehen (Abb. unten), die ein Fotogewinde (Innengewinde) trägt. Eine Baumschraube mit Kugelgelenk und Fotogewinde, die wir in beliebiger Stellung am Pfahl befestigen können, trägt dann das Gerät zuverlässig; Nachführungsprobleme gibt es wegen der geringen Vergrößerung kaum (siehe Foto auf S. 33).

Für schwache, flächenhafte Objekte ist der Feldstecher ein ideales Beobachtungsinstrument. Er zeigt Nebel, Sternhaufen, Kometen, aber auch Doppelsterne, Sternwolken in der Milchstraße, Veränderliche Sterne, Einzelheiten auf der Sonne und auf dem Mond, die Jupitermonde und – mit Zusatzvergrößerung – den Saturnring. Allein zum Kennenlernen all dieser Objekte ist ein Jahr kaum ausreichend! Wer keine ständige »Sternwarte« benutzen kann, wird die Kleinheit und das geringe Gewicht des Feldstechers besonders schätzen.

Feldstechermontierung
In die mit Leder gefütterte Lagerung muß die Gelenkachse des Feldstechers eingeklemmt werden. Ihre Ausmaße richten sich nach dem Durchmesser der Achse



Wir bauen ein Fernrohr

* *



Optische Basteleien

Wir wollen uns ein kleines Fernrohr bauen. Es soll billig sein und dennoch sinnvolle Beobachtungen am Sternhimmel ermöglichen, leicht transportiert werden können und mit wenigen Handgriffen beobachtungsbereit sein. Wir benötigen dazu

1. ein Objektiv,
2. ein Okular,
3. zwei geeignete Pappröhren,
4. Papier, Leim, Werkzeug.

Das Objektiv unseres Fernrohrs ist im einfachsten Falle ein Brillenglas. Wenn wir zu Hause eines finden, prüfen wir zunächst, ob es sich um eine Sammel- oder Zerstreuungslinse handelt. Zerstreuungslinsen sind für unseren Zweck ungeeignet. Eine Sammellinse erzeugt bei Sonnenschein einen deutlich sichtbaren Brennpunkt. Die Linse ist für unser Fernrohr brauchbar, wenn sich der Brennpunkt 50 bis 120 cm von ihr entfernt befindet. (Diese Entfernung ist unsere Objektivbrennweite.) Brennweiten unter 50 cm ergeben zu geringe Vergrößerungen. Ist der Brennpunkt mehr als 1,2 m vom Objektiv entfernt, so wird das Fernrohr zu lang und unhandlich. Immerhin – auch ein Fernrohr von 1,5 m Objektivbrennweite kann man selbst bauen, nur braucht es schon ein sehr stabiles Stativ, und es läßt sich nicht mehr leicht transportieren.

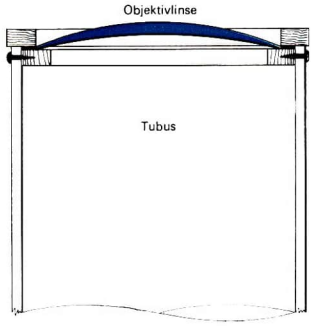
Selbstverständlich kann ein vorhandenes Fernrohrobjektiv zum Bau benutzt werden. Wer sich seine Optik kauft, verlangt ein Brillenglas von + 1 Dioptrie. Die Optiker rechnen nämlich nicht mit der Brennweite, sondern mit der Brechkraft der Linsen; die Maßeinheit dafür ist die Dioptrie (dpt). Das Pluszeichen sagt, daß es sich um eine Sammellinse handeln soll. Die Dioptrienzahl ist gleich dem Kehrwert der in Metern gemessenen Brennweite, eine Linse mit einer Dioptrie hat demnach 1 m Brennweite; für unser Fernrohr sind Linsen zwischen + 0,8 dpt und + 2 dpt noch brauchbar.

Das Okular kann eine einfache Sammellinse, z. B. aus einer Lupe, sein. Wenn wir wählen können, nehmen wir die Linse mit der kleinsten Brennweite. Mehr als 5 cm sollte sie nicht betragen, denn die Vergrößerung unseres zukünftigen Fernrohrs ergibt sich aus der Formel

$$\text{Vergrößerung} = \frac{\text{Objektivbrennweite}}{\text{Okularbrennweite}}.$$

Ein Objektiv mit 1 m (= 1000 mm) und ein Okular mit 4 cm (= 40 mm) Brennweite ergeben also ein Fernrohr mit $\frac{1000\ \text{mm}}{40\ \text{mm}}$ = 25facher Vergrößerung. Starke Lupen haben Brennweiten um 2 cm. Mit ihnen wäre also bei gleicher Objektivbrennweite schon eine 50fache Vergrößerung zu erzielen. Über 70fache Vergrößerung mit einem Brillenglasfernrohr anzustreben ist sinnlos – das Bild wird unscharf und viel zu dunkel. Allgemein gilt, daß die Vergrößerung das Anderthalbfache des in Millimetern gemessenen Objektivdurchmessers nicht überschreiten soll – unabhängig von der Objektivbrennweite.

Lupen haben den Nachteil, daß man sie zur Verwendung als Fernrohrokulare erst in



Objektivende des Selbstbaufernrohrs

eine Fassung einbauen muß. Es ist bequemer, allerdings auch teurer, wenn man ein Mikroskopokular benutzt.

Der Tubus unseres Fernrohrs läßt sich gut aus einer einfachen Pappröhre herstellen. Sie muß mindestens so lang sein wie die Brennweite des Objektivs, besser noch 10 cm länger. Auch Kunststoffrohre lassen sich verwenden, von Metallrohren sehen wir des höheren Gewichtes wegen lieber ab.

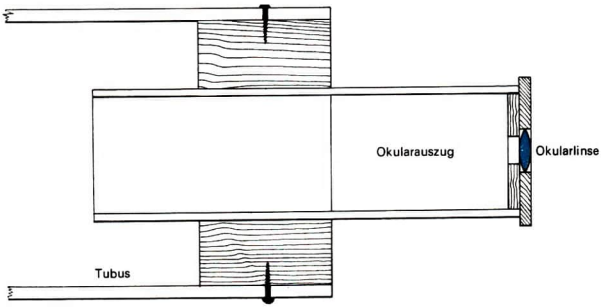
Um unsere Objektivlinse in den Tubus einzupassen, sägen oder drehen wir uns aus Holz, Plast oder Metall eine Fassung, deren Abmessungen sich nach Objektiv- und Tubusdurchmesser richten (siehe Abb.). Wer Sperrholz verarbeitet (nicht zu dünnes Material verwenden!), sägt zwei Ringe aus und leimt sie genau zentrisch zusammen. Die Objektivlinse wird dann mit der stärker gewölbten Fläche nach außen auf dem innen überstehenden Teil des kleineren Ringes festgeleimt.

Nun kürzen wir das Rohr, so daß die verbleibende Länge – gemessen von der Objektivlinse – 5 bis 10 cm kürzer ist als die Brennweite des Objektivs und färben es innen *matt*schwarz. (Keinen glänzenden Lack verwenden, sondern z. B. Plakatfarbe!)

Die Objektivseite unseres Fernrohrs ist damit fertig. Die Arbeit am Okularende beginnt mit der Herstellung einer Okularfassung. Für einzelne Linsen sieht sie genau so aus wie die Objektivfassung, nur entsprechend kleiner. An die Stelle des Fernrohrtubus tritt hier der Okularauszug, ein kurzes Stück Papp-, Plast- oder Metallrohr von etwa 30 mm Durchmesser. Besitzer eines Mikroskopokulars brauchen keine Fassung zu bauen, sie müssen nur das Okular mit einer Hülse aus leimbestrichenen Papierstreifen versehen, so daß es straff in den Okularauszug paßt.[1] Der Okularauszug muß nun so in den Tubus eingebaut werden, daß er sich genau in der optischen Achse des Objektivs verschieben läßt. Zu diesem Zweck stellen wir uns einen Hohlzylinder her – ideal ist ein aus Holz oder Plast gedrehtes Teil –, in dem der Okularauszug gleitet, ohne herauszurutschen. Diese Lagerung kann notfalls auch aus Papier gewikkelt werden. Ihre Innenwandung kleiden wir mit dünnem Leder oder weichem Stoff aus. Wir schrauben sie, wie unsere Abbildung auf S. 21 zeigt, im Tubus fest.

Nun können wir das Fernrohr zusammenbauen. Die Objektivfassung mit der Objektivlinse wird eingesetzt und der Okularauszug mit dem Okular eingeschoben. Wir richten es auf einen weit entfernten Gegenstand und stellen durch Verschieben des Okularauszuges das Bild scharf ein. Erwartungsgemäß stehen alle Gegenstände auf dem Kopf, denn wir haben ja ein astronomisches – Keplersches – Fernrohr gebaut. Für die astronomische Praxis ist das bedeutungslos. Weniger schön ist, daß unser Brillenglasfernrohr jeden Gegenstand mit einem farbigen Saum versieht; aber damit müssen

[1] Solche Papierwicklungen werden faltenlos, wenn man die dünn mit schwach verdünntem Büroleim eingestrichenen Papierstreifen vor der Verarbeitung einige Minuten liegen läßt, damit sie sich dehnen können.

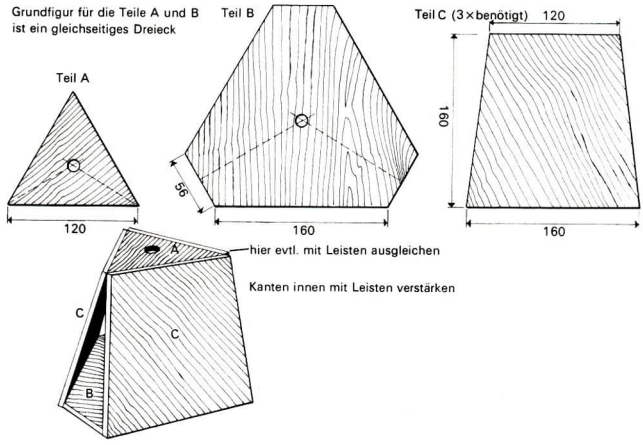


Okularende und Okularauszug

wir uns abfinden. Diese Farberscheinung läßt sich nur durch mehrlinsige (achromatische) Objektive beseitigen, jedoch würde sich dadurch unser Fernrohr ganz erheblich verteuern.
Am Nachthimmel muß unser Brillenglasfernrohr kreisrunde oder punktförmige Sterne zeigen. Sie dürfen Farbränder haben. Bekommen wir aber trotz aller Einstellbemühungen die Sterne nur länglich oder gar zackig, dann sitzt das Objektiv schief, und seine Lage muß korrigiert werden.

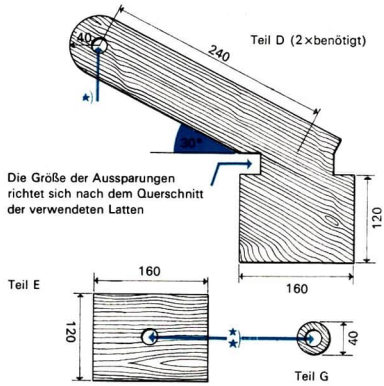
Je größer, desto schwieriger

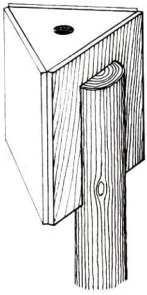
Schon beim Ausprobieren des Fernrohrs haben wir gemerkt: Auf die Dauer kann man so ein Gerät nicht in der Hand halten. Wir brauchen ein Stativ, auf dem das Fernrohr in jeder beliebigen Lage, ohne zu zittern, feststeht. Je schwerer das Stativ ist, desto besser!
Unser Fernrohr wird auf einem Dreibeinstativ aus kräftigen Latten einen genügend sicheren Stand finden. Wir brauchen dazu drei Latten, schön gerade und nicht zu schwach, ferner einige Bretter und ein paar Schrauben. Für den Achsenkopf benötigen wir Bretter, Leistenstücke und als Achsen zwei Stücke von einem Rundholzstab, dessen Durchmesser mindestens 25 mm betragen soll. Statt des Stabes kann auch Metall- oder Plastrohr Verwendung finden. Wir beginnen mit dem Stativoberteil. Es wird aus fünf Brettern, deren Formen und Abmessungen in der folgenden Skizze gegeben sind, und sechs Leistenstücken von je 8 cm Länge zusammengebaut. Dabei müssen die Schnittflächen der Bretter und der zur Verstärkung der Kanten angeschraubten Leisten entsprechend abgeschrägt werden.
Die Bohrungen in den Teilen A und B befinden sich jeweils im Schnittpunkt der Mittelsenkrechten; ihr Durchmesser ist so zu bemessen, daß der Rundholzstab F, der als Achse dient, darin gleitet, ohne zu wackeln. Sie müssen im fertigen Stativoberteil genau übereinanderliegen. Als Stativbeine benutzen wir drei kräftige Latten, die mit jeweils zwei Schrauben auf den Seitenflächen (Teile C) befestigt werden. Sie sind so lang zu bemessen, daß sich das Stativoberteil in Brusthöhe des Beobachters befindet. Zum Trans-



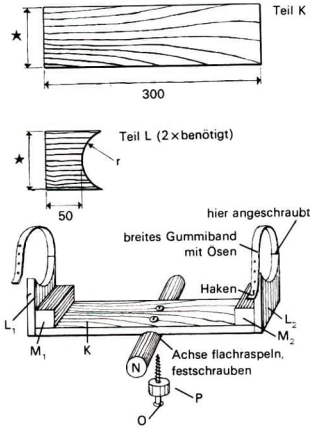
Stativoberteil

Achsenkopf
*: Durchmesser von Teil N (s. Abb. S. 23 oben rechts)
**: Durchmesser von Teil F
Teil H (2mal benötigt): Lattenstücke, 120 mm lang
Teil F: Rundstab, 250 mm lang
Teil I (2mal benötigt): Lattenstücke, 160 mm lang

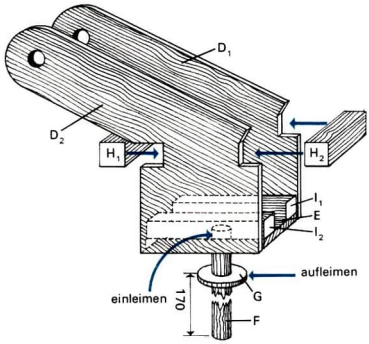




Stativoberteil für Pfahlstative



Tubushalterung
r: Tubusradius *: Tubusdurchmesser
Teil M (2mal benötigt): Lattenstücke, Länge = Tubusdurchmesser
Teil N: Rundstab, 135 mm lang



port werden sie abgenommen und mit dem Fernrohrtubus zusammengeschnallt.

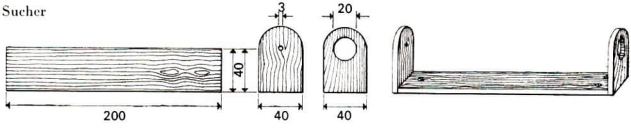
Wer einen in die Erde fest eingerammten Pfahl – z. B. einen Zaunpfahl – als ständiges Stativ benutzt, baut das Oberteil etwas anders. Teil B entfällt, Teil A wird zweimal hergestellt, und die Teile C werden als einfache Rechtecke (160 mm lang, 120 mm breit) zurechtgeschnitten. Das Stativoberteil hat dann nicht die Gestalt eines Pyramidenstumpfes, sondern stellt ein gerades Dreikantprisma dar. Diesen »Kasten« schraubt man einfach an das obere Pfahlende (siehe Abb. auf S. 23 oben links).

Auch der Achsenkopf unseres Stativs besteht aus Holz. Die Abbildungen auf S. 22 und 23 unten zeigen die Einzelteile und ihren Zusammenbau; die Maße der Tubushalterung (S. 23 oben rechts) richten sich nach dem Durchmesser des Fernrohrtubus. Das Fernrohr soll nach dem Einhängen der Gummibänder stabil gehalten werden. Bevor wir die Tubushalterung mit der Achse N verbinden, schieben wir diese Achse durch die Gabel (Bohrungen in den Teilen D). Sie soll sich darin bequem, aber leicht schleifend bewegen. Dann schrauben wir die Tubushalterung auf die Achse N, schieben den Tubus ein und befestigen ihn. Zum Auswuchten befestigen wir ein Ausgleichsgewicht von unten an der Achse. Sein Abstand muß ausprobiert werden. Zuletzt setzen wir den Achsenkopf samt Fernrohr auf das Stativ, kontrollieren, ob sich der Tubus im Gleichgewicht befindet und freuen uns über unser gelungenes Werk.

Verbesserungen sind möglich

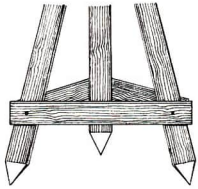
Unser selbstgebautes Fernrohr läßt sich durch kleine Zusätze noch brauchbarer gestalten. Sie erfordern ein wenig Mühe, aber der Aufwand lohnt sich beim Beobachten.

Verbesserungen am Stativ: Sollten sich die Stativbeine beim Gebrauch als zu schwach erweisen (wir merken das am Vibrieren des

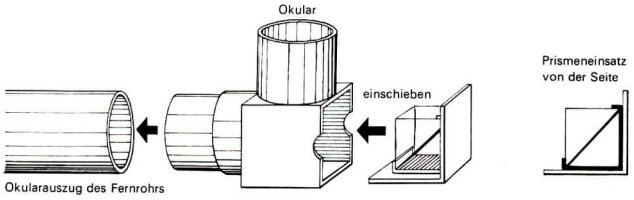


Stativs und daran, daß sich die Beine leicht durchbiegen), so bringen wir eine Verstärkung aus gleichartigen Latten an. Die Abbildung links zeigt, wie das zu machen ist: Die Stativbeine und die Verstärkungsleisten werden gemeinsam durchbohrt und jeweils durch eine lange Schraube zusammengepreßt. Mit einer Raspel bearbeiten wir die Verstärkungsleisten so, daß sie gut an den Stativbeinen anliegen.

Der Anbau von Verstärkungsleisten



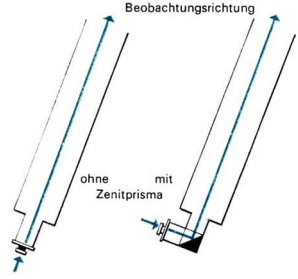
Der *Sucher* ist eine Vorrichtung, die uns das Einstellen des Fernrohrs wesentlich erleichtern kann. Das Gesichtsfeld unseres Instruments ist nämlich gar nicht groß, und es gehört schon etwas Übung dazu, ein be-



Aufbau des Zenitprismas

stimmtes Objekt rasch ins Gesichtsfeld zu bekommen. Unser Sucher soll aus einem einfachen Diopter bestehen; die Abbildung zeigt die Einzelteile und den Zusammenbau. Der Sucher wird am Okularende auf dem Tubus befestigt, die kleine Öffnung weist zum Beobachter. Am besten ist es, dazu drei Schrauben zu verwenden; ihre Lage ist in der Abbildung angedeutet. Durch Unterlegscheiben muß dann der Sucher so eingerichtet werden, daß ein sehr weit entfernter Gegenstand beim Blick durch die kleine Öffnung in der Mitte der großen, beim Blick durch das Okular in der Mitte des Gesichtsfeldes erscheint.

Das Zenitprisma kann die Bequemlichkeit beim Beobachten ganz erheblich fördern. Es ist ein total reflektierendes Prisma, das in den Strahlengang eingeschaltet wird und diesen um 90° knickt. Vor allem bei der Beobachtung zenitnaher Gestirne wird dadurch aus dem anstrengenden Aufwärtsein unproblematisches Seitwärtsblicken (Foto auf S. 34). Wir benötigen für den Bau dieses nützlichen Zusatzgerätes ein rechtwinkliges Glasprisma, dessen Kathetenflächen mindestens 12 mm × 12 mm messen sollten. Es erhält ein aus kräftiger Pappe geklebtes Gehäuse, an dem sich Rohrstutzen befinden müssen, um a) das Zenitprisma mit dem Fernrohr zu verbinden, b) das Okular ins Zenitprisma einzuschieben. (Unter »Zenitprisma« ist hier das ganze Gehäuse zu verstehen.) Die Rohrstutzen können gedreht oder aus Papier gewickelt sein. Die Skizze oben zeigt, wie das Prisma im Gehäuse untergebracht ist und welche Abmessungen eingehalten werden müssen. Statt eines Prismas läßt sich übrigens auch ein oberflächenversilberter Planspiegel benutzen (kein gewöhnlicher Handspiegel; diese sind an der Rückseite verspiegelt und für unseren Zweck unbrauchbar). Er wird unter 45° Neigung in ähnlicher Weise im Gehäuse befestigt. Die kleinen Klappspiegel der Spiegelreflexkameras eignen sich dazu recht gut.



Blickrichtung in das Okular

Bei der Beobachtung mit dem Zenitprisma müssen wir den Okularauszug um rund 10 cm in den Tubus einschieben. Das ist zu beachten, damit nicht unnötig lange nach der richtigen Scharfeinstellung gesucht werden muß.

Einfache Meßgeräte



Winkelmeßgeräte

Wir haben einfachste Winkelmessungen am Himmel bereits »aus freier Hand« vorgenommen. Der Genauigkeitsgrad war dabei nicht sehr hoch; für exaktere Angaben brauchen wir zuverlässigere Instrumente. Vielleicht fällt uns jetzt ein, daß es doch Winkelmesser im nächsten Schreibwarengeschäft zu kaufen gibt. Wir würden aber mit einem solchen Gerät kaum genauer beobachten können, denn ihm fehlt jegliche Visiereinrichtung.

Auf alten Darstellungen von Astronomen und ihren Beobachtungsinstrumenten fehlt selten ein eigenartiges Gerät von der Form eines Kreuzes, der *Jakobstab*. Sein Prinzip zeigt die Abbildung auf S. 28. $\overline{OM}$ ist ein Stab, auf dem ein kürzerer Querstab verschiebbar befestigt ist. Bei O befindet sich eine Einblicköffnung, der Querstab trägt an beiden Enden Visiermarken (Nägel). Steht der Querstab in der Stellung A, so ist der Blickwinkel zwischen den beiden Visiermarken klein, bei Annäherung des Querstabes an O vergrößert er sich. Die Entfernung von O bis zum Querstab ist also ein Maß für den Blickwinkel, und wenn man auf $\overline{OM}$ eine geeignete Skala anbringt, kann man mit dem Gerät die Winkelentfernungen zwischen zwei Gestirnen auf sehr einfache Weise messen.

Unsere Skizze auf S. 28 enthält eine maßstäbliche Zeichnung für einen handlichen Jakobstab. Lediglich der Stabdurchmesser – von dem die Bohrung im Querbrett abhängt – ist beliebig und richtet sich nach dem vorhandenen Material. Der kleine Ansatz mit der Einblicköffnung bei O wird am besten aus Sperrholz hergestellt und an das Stabende geleimt. Ablesekante ist die dem Beobachter zugewandte Kante des Querbrettes. Da dieser Jakobstab für Winkel unter 10° unhandlich lang werden würde, benutzen wir in solchen Fällen die Nagelreihe. Das Querbrett wird auf die 10°-Marke eingestellt; dann erscheinen die Nägel in jeweils 1° Abstand voneinander und können in ähnlicher Weise zur Winkelmessung benutzt werden, wie das Zentimeterlineal bei der Beobachtung 2. Bei allen anderen Messungen visieren wir über die beiden äußeren Nägel (den 1. und den 10.) die betreffenden Ge-

Beobachtung 4

Wir messen mit dem Jakobstab den Abstand des Mondes von einem hellen Stern. Nach zwei oder drei Stunden wiederholen wir die Messung. Es zeigt sich, daß der Mond seine Position geändert hat. Diese Mondbewegung ist schon innerhalb einer relativ kurzen Zeit meßbar.

Beobachtung 5

Wir messen mit dem Jakobstab den Abstand eines Planeten von einem nahe der Ekliptik befindlichen hellen Stern (vgl. Sternkarte). Nach jeweils etwa einer Woche wiederholen wir die Messung und finden, daß auch der Planet seine Position verändert hat. Die Ortsveränderung geschieht jedoch erheblich langsamer als beim Mond.

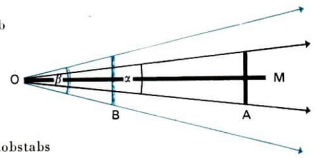
stirne an und verschieben das Querbrett so lange, bis die Abstände übereinstimmen. Die Nägel lackieren wir aus Gründen der besseren Erkennbarkeit weiß.

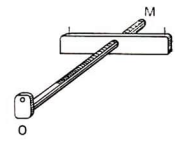
Der Jakobstab eignet sich vorzüglich zum Messen von Gestirnabständen. Er versagt jedoch, wenn wir die Höhe eines Objekts über dem Horizont bestimmen wollen. (Auch diese Angaben werden in Winkelmaß gemacht, siehe Kapitel »Astronomische Orientierung«.) Da wir den Abstand des Gestirns vom Horizont – denn das ist die Gestirnshöhe – messen müssen, benötigen wir erstens einen Hinweis darauf, wo sich der mathematische Horizont befindet, und zweitens eine Hilfe zum genauen Senkrechtstellen des Querstabes. Wir können aber stets nur den landschaftlichen Horizont wirklich *sehen*. Wir bleiben also wegen der Null-Linie auf Schätzungen angewiesen. Mit der Stellung des Querstabes ist es ähnlich.

Wir helfen uns mit einem einfachen *Pendelquadranten*. Aus einem Stück Sperrholz oder nicht zu dünner Pappe sägen oder schneiden wir einen Viertelkreis, in den wir nach dem Foto auf S. 36 (Skizze auf S. 53 oben links) die entsprechende Kreisteilung einzeichnen. Am Kreismittelpunkt wird ein dünner Faden eingeknotet, der etwas länger als der Radius der Viertelkreisscheibe ist und an seinem unteren Ende einen kleinen Gegenstand, z. B. eine Schraubenmutter, trägt. Weiterhin fertigen wir uns eine Visiereinrichtung, bestehend aus zwei Reitern (Abb. auf S. 53), und leimen sie so auf den Radius des Viertelkreises, wie aus dem Foto auf S. 36 ersichtlich ist. Dabei müssen wir beachten, daß die Visierlinie – die Verbindungslinie der Mittelpunkte beider Reiteröffnungen – genau senkrecht zur Null-Linie der Kreisteilung verläuft.

Da der Faden als Lot wirkt und deshalb,

Winkelmessungen mit dem Jakobstab





Einzelteile des Jakobstabs



Rundstab, 600 lang

Abstand von 0 in cm	Maßangabe auf dem Stab	Abstand von 0 in cm	Maßangabe auf dem Stab
57,2	10°	27,0	21°
51,9	11°	25,7	22°
47,4	12°	24,6	23°
43,9	13°	23,6	24°
40,6	14°	22,6	25°
38,0	15°	21,6	26°
35,6	16°	20,8	27°
33,4	17°	20,0	28°
31,9	18°	18,7	30°
29,8	19°	17,4	32°
28,4	20°	16,4	34°

unabhängig vom Aussehen des landschaftlichen Horizonts, immer genau in die Richtung zum Zenit weist, können wir ihn als Zeiger verwenden und brauchen unseren Pendelquadranten nicht zu eichen.

Beobachtung 6
Wir visieren ein Gestirn an, pressen mit einem Finger den ruhig hängenden Faden an die Kreisteilung und lesen den Höhenwinkel ab. Beobachten wir in dieser Weise ein Objekt nahe dem Ost- oder Westhorizont, dann kann schon eine Wiederholung der Messung nach 20 Minuten zeigen, daß sich die Höhe vergrößert bzw. verringert hat.

Der Bau eines Winkelmeßgeräts für Horizontkoordinaten wird im Kapitel »Astronomische Orientierung« beschrieben.

Die Uhr im Examen

Auch die Uhr ist ein Meßgerät für den beobachtenden Astronomen, ein sehr wichtiges sogar. Nicht ohne Grund stehen in allen Sternwarten Präzisionsuhren, meist in besonderen, gegen Umwelteinflüsse geschützten Räumen. So weit brauchen unsere Ansprüche zwar nicht zu gehen, aber auch der Amateurastronom benötigt bei allen Beobachtungen einen zuverlässigen Zeitmesser. Dazu genügt eigentlich jede bessere Armbanduhr. Wer das Glück hat, eine gute, alte Taschenuhr zu besitzen, der lege sie in ein Kästchen mit Watte, ziehe sie täglich zur gleichen Zeit auf und benutze sie nur für astronomische Zwecke. Eine solche Uhr ist oft zuverlässiger als eine Armbanduhr, die erhebliche Stöße und auch kräftige Temperaturschwankungen ertragen muß.
Wir müssen allerdings wissen, welche Genauigkeit wir von unserer Uhr erwarten können. Zu diesem Zweck veranstalten wir von Zeit zu Zeit, etwa jährlich, ein »Uhrexamen«. Es läuft folgendermaßen ab:

Eine Woche lang stellen wir täglich zur gleichen Zeit mit Hilfe des Rundfunkzeitzeichens fest, um welchen Betrag sich die Zeitanzeige unserer Uhr von der Zeitzeichenangabe unterscheidet. Dieser Betrag heißt *Uhrstand*. Geht unsere Uhr nach, so rechnen wir den Uhrstand positiv; geht sie vor, so ist der Uhrstand negativ anzugeben: Zeitanzeige unserer Uhr + Uhrstand = MEZ (nach Zeitzeichen).
In der Regel werden wir an den einzelnen Tagen jeweils einen anderen Uhrstand vorfinden. (Dabei soll die Uhr nicht etwa verstellt werden; das wollen wir bei einer nur für astronomische Zwecke reservierten Uhr ohnehin so selten wie möglich tun. Es genügt, zu wissen, wie falsch sie geht: Wir müssen den jeweiligen Uhrstand kennen.)
Nach Ablauf der Woche schreiben wir die Ergebnisse in eine Tabelle nach folgendem Muster:

Tag, MEZ	Uhrstand	Uhrgang	Gangänderung

Den *Uhrgang* von einem Tag zum nächsten erhalten wir, indem wir den vorangehenden Uhrstand von dem folgenden subtrahieren und dabei die Vorzeichen beachten. Ein positiver Uhrgang bedeutet, daß die Uhr entweder – wenn sie nachging – noch weiter zurückbleibt oder – wenn sie vorging – jetzt weniger vorgeht. Der Gang gibt also an, ob die Uhr zu schnell oder zu langsam geht, der Stand dagegen ist der momentane Anzeigefehler zu einem bestimmten Zeitpunkt.
Die Entscheidung, ob unsere Uhr gut oder weniger gut ist, wird aber erst durch die tägliche *Gangänderung* getroffen. Wir berechnen sie durch Subtraktion des vorangehenden Uhrganges von dem folgenden, wieder unter Berücksichtigung des Vorzeichens. Je kleiner die Gangänderung einer Uhr ist, desto besser ist das Werk. Einen solchen Fall stellt das Beispiel in Tabelle 1 dar.

Tabelle 1

Tag, MEZ	Uhrstand	Uhrgang	Gangänderung
4. August	$12^h + 3^{min}\ 29^s$		
		$+ 8^s$	
5. August	$12^h + 3^{min}\ 37^s$		0^s
		$+ 8^s$	
6. August	$12^h + 3^{min}\ 45^s$		-1^s
		$+ 7^s$	
7. August	$12^h + 3^{min}\ 52^s$		0^s
		$+ 7^s$	
8. August	$12^h + 3^{min}\ 59^s$		$+2^s$
		$+ 9$	
9. August	$12^h + 4^{min}\ 08^s$		$+1^s$
		$+10$	
10. August	$12^h + 4^{min}\ 18^s$		

Mit diesem »Uhrexamen« lernen wir die Qualität unserer Uhr kennen. Es genügt jedoch nicht, um die Uhr dauernd unter Kontrolle zu halten. Wenn wir im Verlauf unserer Beobachtungen einmal eine genaue Zeitangabe brauchen, müssen wir auch den jeweiligen Uhrstand wissen. Eine Alltagsuhr wird in solchen Fällen nach dem Zeitzeichen gestellt. Ihr Stand hat dann den Wert Null, und der Benutzer der Uhr darf annehmen, daß in den folgenden Stunden keine wesentliche Änderung eintritt. Für eine Beobachtungsuhr ist dagegen ein anderes Verfahren empfehlenswert. Wir kontrollieren unsere Beobachtungsuhr wöchentlich einmal und führen darüber folgendermaßen Protokoll:

Tag, MEZ	Uhrstand	Uhrgang	Uhrgang je Tag

Die drei ersten Spalten werden wie bisher ausgefüllt; in die letzte Spalte schreiben wir eine Zeitangabe, die wir erhalten, wenn wir den Wert in der vorletzten Spalte durch die Anzahl der zwischen den beiden Uhrkontrollen liegenden Tage dividieren. Tabelle 2 bringt ein Beispiel:

Tabelle 2

Tag, MEZ	Uhrstand	Uhrgang	Uhrgang je Tag
10. August	$12^h + 4^{min}\ 18^s$		
		$+69^s$	
17. August	$12^h + 5^{min}\ 29^s$		$+9^s.9$
		$+70^s$	
24. August	$12^h + 6^{min}\ 39^s$		$+10^s$
		$+66^s$	
31. August	$12^h + 7^{min}\ 45^s$		$+9^s.4$

Der Uhrstand für jeden dazwischenliegenden Tag kann dann leicht berechnet werden. Wir multiplizieren die Zahl in der letzten Spalte mit der Anzahl der seit der letzten Uhrkontrolle vergangenen Tage und addieren diesen Wert – unter Beachtung des Vorzeichens – zum vorhergehenden Uhrstand.

Beispiel zur Tabelle 2: Welcher Uhrstand war am 15. 8. zu erwarten? Seit dem 10. 8. sind 5 Tage vergangen, also: $5 \cdot 9^s.9 = 49^s.5$ Letzter Uhrstand: $+ 4^{min}\ 18^s$, also: $4^{min}\ 18^s + 49^s.5 = 4^{min}\ 67^s.5$; das sind $5^{min}\ 07^s.5$.

Wer ganz genau gehen will, berücksichtigt noch die Zeitpunkte der Uhrkontrollen. Demnach würde die Abschätzung in unserem Beispiel für 15. August, 12^h MEZ. gelten. Für 16. August, 0^h MEZ, müßte noch der Gang für einen halben Tag, also 5 Sekunden, add ert werden.

Natürlich sind diese aufwendigen Kontrollen und Rechnungen nur für denjenigen interessant, der sich eine Uhr als spezielle Beobachtungsuhr zu leisten vermag. Man kann auch hinreichend genaue Zeitangaben erhalten, wenn man seine Armbanduhr am Mittag oder am Abend vor der Beobachtung nach dem Rundfunkzeitzeichen stellt. Das führt zwar bei vielen Uhren zu Gangschwankungen; wer aber Wert auf eine bequeme Zeitablesung legt, wird dies in Kauf nehmen.

Unser Beobachtungsplatz



Das Wohnzimmerfenster ist ungeeignet

Wer den nächtlichen Sternhimmel in seiner ganzen Pracht sehen will, der muß sich einen Beobachtungsort im freien Gelände, weit weg von Ortschaften und besonders von Industriegebieten, suchen. Nur den wenigsten Sternfreunden ist das immer möglich. Da wir alle in geschlossenen Ortschaften wohnen, müssen wir wohl oder übel auf einen Kompromiß zukommen: keine idealen Beobachtungsbedingungen, dafür erträgliche Wegstrecken. Wer motorisiert ist, hat es besser; er kann seinen Beobachtungsplatz in größerer Entfernung von Licht und Dunst wählen.

Was sollen aber die tun, die keinen Anmarschweg zum Beobachtungsort zurücklegen wollen? Heimlich spielt mancher mit dem Gedanken, auf den Ausblick nach zwei oder drei Himmelsrichtungen zu verzichten und sein Fernrohr einfach abends zu Hause ans Fenster zu rücken. Dann hätte man doch die wenigsten Umstände damit.

Solche Vorstellungen sind verzeihlich, aber wir möchten doch dringend von ihrer Realisierung abraten. Ganz abgesehen davon, daß die schönsten und interessantesten Objekte durchaus nicht in der freien Blickrichtung des Zimmerfensters liegen müssen – der Ausblickwinkel ist sehr klein, und in sehr vielen Fällen wird das Fernrohrbild durch Luftschlieren stark beeinträchtigt. Wenn nämlich am offenen Fenster eines Zimmers beobachtet wird, in dem es wärmer ist als draußen, dann strömt die warme Luft durch die Öffnung hinaus und vermischt sich gerade vor dem Objektiv unseres Fernrohrs mit der Außenluft. Es bilden sich bewegte Luftschlieren unterschiedlicher Brechkraft, die das Bild des Beobachtungsobjekts verschwimmen lassen. (Aus diesem Grunde werden ja auch die großen Kuppeln der Sternwarten im Winter nicht geheizt, und die Astronomen achten sehr darauf, daß Innen- und Außentemperatur möglichst übereinstimmen.) Eine Beobachtung etwa durch das Fensterglas hindurch ist unmöglich. Es bleibt einem also nichts anderes übrig, als sich warm anzuziehen und ins Freie zu gehen. Wer bescheiden ist und nicht das ganze Himmelsgewölbe überschauen will, kommt mit einem Balkon gut aus. Flache Hausdächer – sofern sie betreten werden dürfen und keine Absturzgefahr besteht – eignen sich als Beobachtungsplätze oftmals hervorragend. Gartenbesitzer finden vielleicht eine Stelle im Garten, von der aus sie ohne wesentliche Störung durch Büsche und Bäume einen beträchtlichen Teil des Himmels übersehen können. Wer all das nicht hat, tut am besten, wenn er seine Ausrüstung so leicht wie möglich hält und sich mit Fahrrad, Motorrad oder Pkw zu einem Freigelände, auf eine Parkwiese oder zu einer geeigneten Stelle außerhalb bebauten Gebietes begibt. Man ist in diesen Fällen zwar dem störenden Licht auch nicht völlig entronnen und hat sicher noch mit der Dunstschicht zu rechnen, die vornehmlich in Industrienähe die Sichtbarkeit der Gestirne bedeutend beeinflußt, aber das Wichtigste, die Möglichkeit zum Beob-

achten nach allen Himmelsrichtungen, ist auf diese Weise gewährleistet.

Beobachtungen mit sehr kleinen Instrumenten (mit Fernrohren mit kurzem Tubus, z. B. einem Feldstecher) lassen sich auch von einem Dachfenster aus mit Erfolg durchführen. Der Beobachter sollte dabei seine Position so wählen, daß er sich mit dem Kopf und den Armen über der Dachhaut befindet. Meist ist der Bodenraum ungeheizt und seine Temperatur von der der Außenluft so wenig verschieden, daß Luftschlieren nicht wesentlich stören. Wir müssen nur vermeiden, über nahe Schornsteine hinweg zu beobachten.

Eine weitere Möglichkeit zu astronomischen Beobachtungen findet sich in den Ferien oft in der Umgebung eines Zeltplatzes. Wer zeltet, sollte sie nutzen. Überhaupt ist es in den Ferien lohnend, einmal bei geeignetem Wetter einen ausgedehnteren Beobachtungsabend zu veranstalten. Der Gedanke an das morgendliche Weckerklingeln kann uns in diesem Falle nicht schrecken, und wenn wir uns am Tage vorher eine ausgiebige Mittagsruhe gönnen, werden wir auch nicht so schnell müde.

In manchen Orten gibt es Volkssternwarten. Wer eine solche Einrichtung in der Nähe hat, braucht sich freilich um seinen Beobachtungsplatz keine Gedanken mehr zu machen. Auch die Instrumentenfrage ist für ihn geklärt, denn Volkssternwarten sind ja ihrer Berufung nach Stätten astronomischer Volksbildung, in denen jeder Interessierte Beobachtungen selbst anstellen kann. Er hat dabei noch den unbestrittenen Vorteil, fachmännische Anleitung und Hilfe in Anspruch nehmen zu können. Sicher werden die Mitarbeiter der Volkssternwarte auch ein eigenes Arbeitsprogramm eines Besuchers respektieren, so daß diese Einrichtung als fast idealer Beobachtungsplatz gelten kann. Ganz und gar vollkommen ist die Freude natürlich erst, wenn wir wissen, daß die Sternwarte bei klarem Wetter auch stets geöffnet ist. Das allerdings ist zumindest dort, wo ehrenamtliche Mitarbeiter die Leitung und Betreuung versehen, verständlicherweise nicht immer gegeben. Mit einigem Geschick ist aber auch dieses Problem lösbar.

Wir sehen: Möglichkeiten, einen Beobachtungsplatz zu finden, gibt es viele. Mancher wird erst mehrere Stellen ausprobieren und ihre Vor- und Nachteile gegeneinander abwägen, aber am Ende entscheidet man sich doch für einen bestimmten Platz. Dann kommt es darauf an, sich dort so zweckmäßig wie möglich einzurichten.

Das Inventar unserer Beobachtungsstation

Selbstverständlich soll unsere Station alles enthalten, was wir zur Beobachtung brauchen (und nach Möglichkeit auch einiges, was wir nicht unbedingt brauchen, das aber zu unserer Bequemlichkeit beiträgt). Dabei wird es ein sehr großer Unterschied sein, ob wir zu Hause vom Balkon aus beobachten oder bei klarem Himmel abends ein Fahrzeug besteigen und einen geeigneten Platz im Freien aufsuchen. Die nachstehenden Empfehlungen können daher auch nur ganz allgemein gehalten werden; Abstriche je nach der gegebenen Situation sind möglich.

Daß wir in unserer Station ein *Fernrohr* benötigen, scheint eine Binsenweisheit. Es ist aber auch durchaus denkbar, daß wir uns an einem Abend nur Winkelmessungen vornehmen, für die wir optische Hilfsmittel nicht einzusetzen brauchen. Es muß also nicht jede astronomische Beobachtung eine Fernrohrbeobachtung sein; jedenfalls lohnt es sich, die benötigten Winkelmeßinstrumente (vgl. Abschnitt »Einfache Meßgeräte«) griffbereit zu haben. Sie können in einer Holzkiste oder in einem Köfferchen Platz finden,

Feldstecher mit Montierung



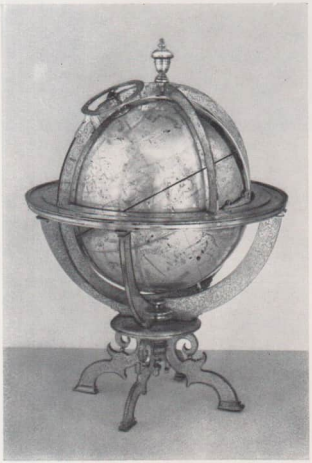


Das fertige Fernrohr

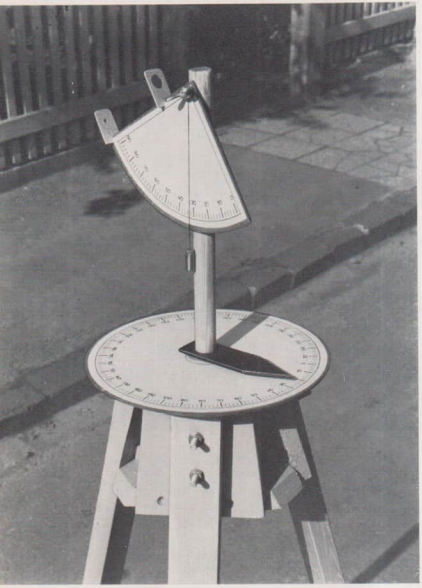


Das Selbstbaufernrohr mit angesetztem Zenitprisma

Blick durch das Zenitprisma von der Seite



Himmelsglobus

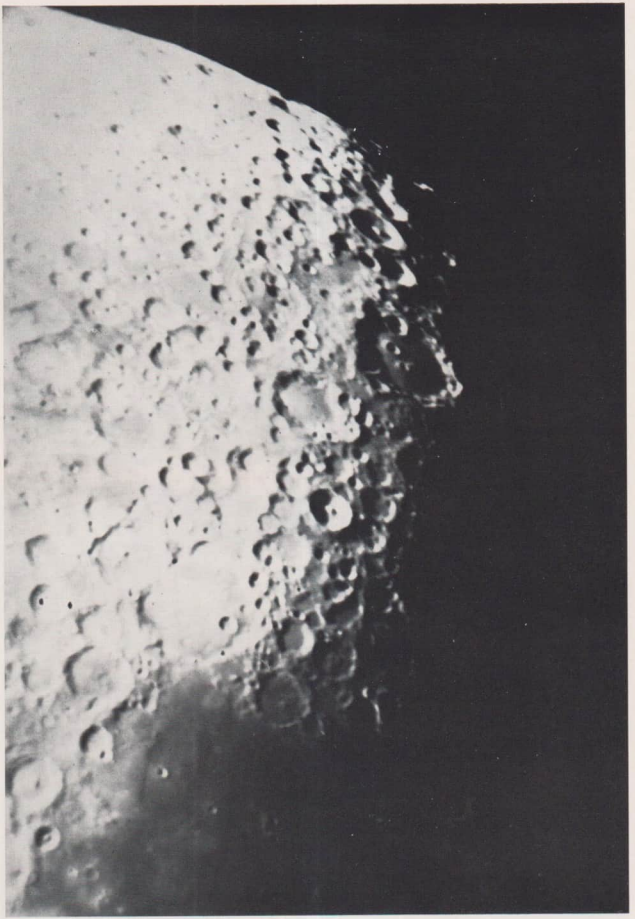


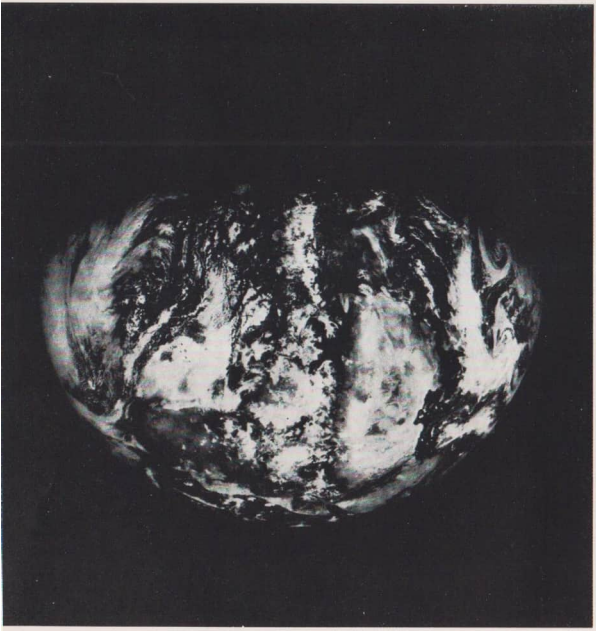
Das fertige Winkelmeßgerät

Seite 37: Mondoberfläche



Sonnenflecken



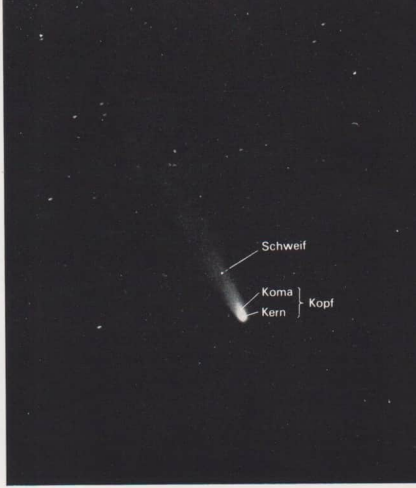




Seite 38:

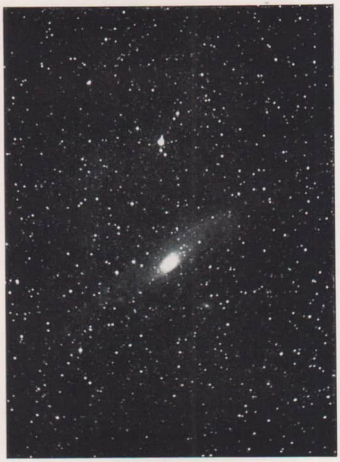
Ausschnitt aus der Mondoberfläche bei Vollmond

Erde, aus dem Weltraum aufgenommen



Ein Komet und seine Bestandteile

Spiralnebel (Sternsystem)



Tafel auf Seite 40:
Kleinbildkamera als »Astrokamera« am Selbstbaufernrohr
Kleinbildkamera als »Mondkamera« am Selbstbaufernrohr





zum Teil vielleicht zerlegt, und lassen sich mit einem Griff in Beobachtungsbereitschaft versetzen.

Gleiches gilt vom Fernrohr. Wer sein Stativ fest in den Boden einrammen und dann ständig stehen lassen kann, braucht nur einen Achsenkopf und das Rohr zu transportieren. Auch dazu ist ein kleiner Koffer – der nicht unbedingt neu sein muß – gut geeignet. Mit dem Auspacken und Aufsetzen sind wir schnell fertig; das Gerät ist in wenigen Minuten betriebsbereit. Ein solcher Koffer kann gleichzeitig die Okulare und das Zenitprisma aufnehmen. (Wir sollten auf das Prisma nach Möglichkeit nicht verzichten, denn je niedriger das Stativ ist – und wir müssen in der Praxis oft mit niedrigen Stativen vorliebnehmen –, desto unbequemer wird das Beobachten, wenn unser Objekt nicht gerade in Horizontnähe steht. Dort aber ist wegen der atmosphärischen Lichtschwächung ohnehin nicht viel zu sehen. Außerdem spricht ja noch eine zweite Erfahrung dafür, das Stativ nicht allzu hoch zu bauen – seine Stabilität nimmt mit zunehmender Höhe merklich ab.)

In diesem Zusammenhang muß auch darauf hingewiesen werden, daß bequeme Haltung beim Beobachten nicht nur eine Bedingung dafür ist, daß die astronomische Praxis Spaß macht. Sie ist auch notwendig, um exakt beobachten zu können und das optische Leistungsvermögen des Fernrohrs voll auszuschöpfen. Wer in verkrümmter Stellung hinter seinem Gerät halb steht, halb hockt, der wird sich bei dieser »Astrogymnastik« nicht auf sein Beobachtungsobjekt konzentrieren können, sondern nach einem raschen Blick ins Okular danach trachten, schleunigst wieder eine normale Stellung einzunehmen. Man soll sich doch aber in Ruhe und, wenn möglich, Behaglichkeit auf sein Objekt »einsehen« können; man soll Zeit haben, Eindrücke zu verarbeiten und – vor allem bei Planetenbeobachtungen – auch einmal bei unruhiger Luft auf einen Moment günstiger Sichtbedingungen zu warten. Das geht jedoch nur, wenn wir ganz gelöst, ohne jede Verkrampfung beobachten können. In einigen Fällen ist das im Stehen möglich, viel öfter jedoch werden wir im Sitzen beobachten. Das ideale *Sitzmöbel* wäre nun ein in der Höhe verstellbarer Beobachtungsstuhl, aber wir können uns auch einfacher behelfen. Bei Benutzung eines Zenitprismas sind wir nämlich in der Lage, in einem relativ großen Höhenintervall zu beobachten, ohne unsere Sitzhöhe ändern zu müssen. Wir brauchen lediglich das Prisma, um die optische Achse des Fernrohrs zu drehen (vgl. Fotos S. 34 u. 35). Zu Hause ist ein Gartenstuhl, ein Liegestuhl oder irgendein anderes Sitzmöbel geeignet – je bequemer, desto besser. Wer »auf Tour« geht, muß unter Umständen mit einem Campinghocker auskommen. Darauf verzichten sollte man nicht. Unser Ziel beim Einrichten zur Beobachtung heißt immer: normale Haltung, Okular am Auge. Nicht der Beobachter soll sich ans Okular beugen, sondern Fernrohr und Sitz sollen ihm das Okular so präsentieren, daß er nur noch hineinzublicken braucht.

Zum Thema »Behaglichkeit« gehört auch das Stichwort »*Kleidung*«. Bereits in Sommer- und Frühherbstnächten kann es, wenn man längere Zeit stillsitzt, empfindlich kalt werden. Das dürfen wir nicht außer acht lassen: Kälte kann ebenso stark vom Beobachten ablenken wie unbequeme Haltung am Fernrohr. Also sorgen wir vor: Wollsachen, ein warmer Mantel, gefüttertes Schuhwerk. Wer keinen langen Mantel hat, packt sich außerdem noch eine Decke um die Beine. Daß in den kalten Winternächten besonders mollige Kleidung nötig ist, braucht wohl nicht besonders betont zu werden. Aber auch solche Dinge wie Wollhandschuhe und ein Schutz für die Ohren gehören dazu.

Die *Uhr* als wichtiges Meßinstrument wurde schon erwähnt (vgl. S. 29). Wir brauchen

sie bei jeder Beobachtung – ganz gleich, ob wir Messungen ausführen wollen oder lediglich die Absicht haben, am Himmel einmal »spazierenzusehen«. Jeder Beobachtungsabend kann uns irgendeine unerwartete Himmelserscheinung bringen: ein Meteor besonders großer Helligkeit (Feuerkugel), einen auffälligen Durchgang eines künstlichen Erdsatelliten, ein Nordlicht. In solchen Fällen sind Aufzeichnungen ohne genaue Zeitangabe nahezu wertlos. Da aber die meisten von uns ohnehin stets eine Armbanduhr bei sich tragen, ist das Uhrenproblem damit bereits gelöst.

Beobachtungen von Sternbedeckungen erfordern die Genauigkeit von Zehntelsekunden, wenn an eine wissenschaftliche Auswertung gedacht ist. Wer sich auf diesem Gebiet versuchen will, kommt ohne gute Stoppuhr und ohne Chronometer nicht aus. Beim Kauf solcher Zeitmesser muß man aber recht tief in die Tasche greifen. Alle anderen Beobachtungen lassen sich mit einer normalen Armbanduhr bewerkstelligen, vorausgesetzt, man hält sie unter Kontrolle.

Das Ablesen von Skalen, das Nachschlagen in einer Tabelle oder das Nachsehen auf der Sternkarte können nicht bei völliger Dunkelheit geschehen. Anfänger in der Astronomie bewaffnen sich deshalb mit einer lichtstarken Taschenlampe und lassen deren Licht voll auf die Meßgeräte, die Buchseite oder die Sternkarte fallen. Kein Wunder, daß sich dann die Augen erst wieder an die Dunkelheit und die schwachen Lichteindrücke im Fernrohr gewöhnen müssen. Vielmehr sollte die Beleuchtung bei unseren Beobachtungen so schwach wie nur möglich gehalten werden. Wir müssen ja auch bedenken, daß nach halb- oder einstündiger Beobachtung im Dunkeln unsere Augen auf geringste Helligkeiten nicht nur am Himmel, sondern auch in unserer Umgebung reagieren. Daher genügt zum Ablesen schon ein schwacher Lichtschein – helles Licht, auch wenn wir nicht direkt in die Lampe sehen, sondern »nur« auf beleuchtetes Papier, verdirbt die Dunkelanpassung des Auges. Zweckmäßigerweise legt man passend geschnittene Stücke Packpapier zwischen Glühlampe und Lichtaustrittsöffnung unserer *Taschenlampe*, möglichst mehrere Lagen übereinander, damit wir die Helligkeit variieren können.

Eine Ausnahme ist allerdings erlaubt! Helles, gerichtetes Licht wird gebraucht, wenn wir Besuchern und Freunden Erklärungen über Sternbilder, Koordinaten und ähnliche Dinge am Himmel geben wollen. Wir können einen solchen Lichtstrahl nämlich als »Zeigestab« verwenden. Stets befinden sich Staubteilchen und Wassertröpfchen in der Luft, die im Lichte einer starken Lampe aufleuchten und den Strahl bis auf eine Länge von 20 oder 30 m sichtbar werden lassen. Dazu sollten wir unserer Stabtaschenlampe aber eine leicht konische Blende aus dunklem Karton aufsetzen (Länge 20 bis 30 cm; konisch, damit sie sich fest aufdrücken läßt), sonst können unsere Gäste, wenn sie ungünstig stehen, geblendet werden. Daß wir auch zum Aufbauen des Fernrohrs unter Umständen helles Licht brauchen, ist selbstverständlich. Wir sollten es aber dann bald abschalten, um unsere Augen schon während der letzten Vorbereitungsarbeiten an die Dunkelheit zu gewöhnen.

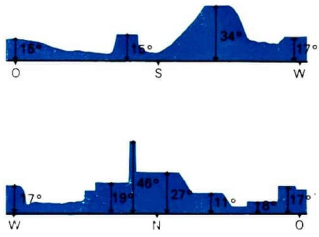
Jede Beobachtung und jedes Beobachtungsergebnis, auch wenn es nicht für wissenschaftliche Zwecke geeignet erscheint, sollte aufgeschrieben werden. Das ist eine Forderung, die zunächst unverständlich scheint und manchem auch unbequem sein dürfte. Wir werden aber feststellen, daß man sich sehr leicht an das ständige Führen eines *Beobachtungsbuches* gewöhnen kann und daß es nach kurzer Zeit zur Selbstverständlichkeit wird, alle Beobachtungen festzuhalten. Das Beobachtungsbuch muß nur griffbereit liegen und praktisch zu handhaben sein.

Weshalb Beobachtungsbuch? Die Aufzeichnung scheinbar belangloser Beobachtungen bietet erstens eine Möglichkeit, sich im korrekten Erfassen aller Einzelheiten zu üben, denn natürlich dürfen nur die Erscheinungen aufgeschrieben werden, die wir tatsächlich gesehen haben. Zweitens aber kann man nie wissen, ob die Ergebnisse einer einmal ausgeführten Beobachtung eines Tages nicht doch – vielleicht in einem ganz anderen Zusammenhang – zu Vergleichen oder zur Auswertung benötigt werden. Drittens schließlich sind viele Untersuchungen, z. B. zur Bewegung der Himmelskörper, gar nicht auf einmal auszuführen; sie erfordern Beobachtungsreihen über längere Zeiträume hinweg. Wer sich da etwa mit Notizzetteln behelfen wollte, der würde sehr bald von der Untauglichkeit des Versuches überzeugt sein. Daß Beobachtungen, die einer wissenschaftlichen Auswertung zugeführt werden sollen, besonders sorgfältig zu protokollieren sind, versteht sich von selbst.

Soviel zum »Warum«; nun zum »Wie«!

Wir werden vielleicht gezwungen sein, auf den Knien oder in einer anderen nicht besonders bequemen Lage zu schreiben. Daher sollte ein Buch mit festem Einband – kein einfaches flexibles Schreibheft – gewählt werden. Für den Anfang dürfte liniertes Papier geeignet sein; sollte sich dann herausstellen, daß wir viel skizzieren müssen, wählen wir als »zweiten Band« ein unliniertes Beobachtungsbuch. Für die Aufzeichnungen und Notizen ist ein *Bleistift* empfehlenswert: Füller kratzen und klecksen leicht, wenn sie in ungewohnter Haltung benutzt werden, und Kugelschreiber erweisen sich in kalten Winternächten oft als recht unzuverlässig.

Am Anfang muß eine Beschreibung unseres Instrumentariums Platz finden. Jedes Beobachtungs- oder Winkelmeßgerät erhält zwei Seiten zugewiesen, auf denen wir in Stichworten seine charakteristischen Merkmale eintragen:



Horizontsilhouette

- Art des Instruments (Fernrohr, Feldstecher, . . .),
- Objektivöffnung, Objektivbrennweite,
- vorhandene Okulare (Brennweiten, zu erzielende Vergrößerung),
- Aufstellungsart,
- beobachtbare Grenzhelligkeiten,
- engste trennbare Doppelsterne[1],
- besondere optische Eigenschaften[2],
- Anschaffungs- oder Baujahr.

Mit der Zeit wachsen diese Angaben zu einer kompletten Beschreibung des Gerätes heran – sie werden natürlich stets ergänzt – und erlauben eine sichere Beurteilung seiner Leistungsfähigkeit.

Zwei weitere Seiten im Beobachtungsbuch sind unserer Station gewidmet. Der Ort, die geographischen Koordinaten (sofern wir sie kennen) und – wenigstens ungefähr – die Höhe über NN (Normalnull) bilden die Grundlage ihrer Beschreibung. Dann folgt eine Vorstellung der Horizontsilhouette mit Angaben über die Höhen der wichtigsten Beobachtungshindernisse (in Grad). Sie werden am Tage mit dem Pendelquadranten ausgemessen und in die Skizze eingetragen (siehe Abb.). Wir müssen ferner vermerken, in welchen Himmelsrichtungen stö-

[1] als Maß für das Auflösungsvermögen
[2] z. B. starke Farbsäume, »Kometenschweife« an Sternen

rende Lichtquellen oder auffällige Rauch- und Nebelerscheinungen (Industrie) unsere Beobachtungen besonders beeinflussen. Wer mehrere Beobachtungsplätze benutzt, benötigt diese Angaben über jeden seiner Standorte.

Jede einzelne Beobachtung muß mit *Datum* und *Uhrzeit* eingetragen werden. Dazu benutzen wir die nach den Instrumenten- und Stationsbeschreibungen folgenden Seiten fortlaufend, nach Art eines Tagebuches. Nur die Sternfreunde, die sich in ihrer Arbeit auf spezielle Erscheinungen bzw. Objekte beschränken, legen ein nach Objekten geordnetes Beobachtungsbuch an. Außer den Zeitangaben steht im Protokoll, welches *Instrument* benutzt wurde, bei Fernrohren auch, welche *Vergrößerung*. Für die Auswertung von Beobachtungsergebnissen ist die Angabe der *Sichtverhältnisse* nötig. Sie werden von der Luftdurchsichtigkeit, von der Luftunruhe und vom Mondlicht beeinflußt. Wir verwenden eine Skala, mit der wir die *Durchsichtigkeit* der Luft »zensieren«:

1 ≙ sehr klar,
2 ≙ klar,
3 ≙ dunstig,
4 ≙ sehr dunstig oder dünne Wolkendecke,
5 ≙ fast keine Beobachtung möglich.

Wenn starke Luftbewegungen in der Atmosphäre die Bilder der Sterne im Fernrohr beträchtlich flimmern lassen, ist dies ebenfalls ein Anlaß für eine kurze Notiz: starke *Szintillation*. Bedeutenden Einfluß hat das Mondlicht und die dadurch hervorgerufene Aufhellung des Himmelshintergrundes auf die Erkennbarkeit lichtschwacher Objekte. Deshalb vermerken wir unter dem Stichwort »*Mond*« wieder eine »Zensur«:

1 ≙ mondlos,
2 ≙ schwacher Einfluß des Mondlichtes,
3 ≙ merklicher Einfluß des Mondlichtes,
4 ≙ störender Einfluß des Mondlichtes,
5 ≙ Objekt trotz klaren Himmels wegen des hellen Mondlichtes nicht sichtbar.

Weitere, im Bedarfsfalle einzutragende *Besonderheiten*:

- stark windig (Fernrohr vibriert),
- unbequeme Beobachtungshaltung,
- Störung durch unvorhergesehene Zwischenfälle (z. B. plötzliche Blendung durch Scheinwerfer eines Fahrzeuges, Neujustierung des Meßgerätes während der Beobachtung).

Über *photographische Himmelsbeobachtungen* und die dazu nötige Ausrüstung wird im Kapitel »Himmelsphotographie« berichtet; im Zusammenhang mit dem Inventar der Beobachtungsstation genügt die Mahnung, den Apparat nicht zu vergessen. Alle notwendigen Gerätschaften, ausgenommen Stativ und Sitzgelegenheit, lassen sich in einem geeigneten Behälter unterbringen, den man notfalls sogar auf den Gepäckträger eines Fahrrades schnallen kann. Auch Bleistift und Taschenlampe sollen sich ständig in unserem »Astrokoffer« befinden. Gummischlaufen oder an den Kofferboden bzw. -deckel angenähte kurze Lederriemen mit Schnallen sorgen dafür, daß die Gegenstände nicht durcheinanderrollen, daß sie immer griffbereit sind.

Astronomische Orientierung

* *



Himmelsrichtungen

In dem Wort »Orientierung« steckt bereits ein Hinweis auf eine Himmelsrichtung. Oriens ist der Osten (wir denken an »Orient«), *sich orientieren* bedeutete also schon in alten Zeiten, die Ostrichtung und damit auch die anderen Himmelsrichtungen zu ermitteln. Die aufgehende Sonne war wohl anfänglich das einzige »Orientierungs«-gestirn. In unserer Zeit ist die Nord-Süd-Richtung wichtiger; wenn wir uns »orientieren«, ermitteln wir zuerst sie. Da wir niemals das ganze Himmelsgewölbe mit einem Blick überschauen können, müssen wir auch in bezug auf die Himmelsrichtungen einige Besonderheiten beachten. Zunächst aber brauchen wir die Nord-Süd-Richtung als Orientierungsgrundlage.

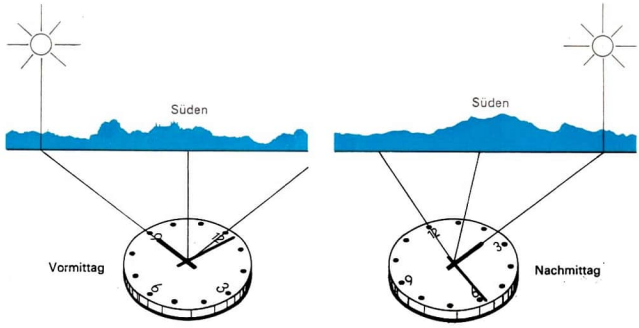
Beobachtung 7
Wir legen eine Taschen- oder Armbanduhr so auf die flache Hand, daß ihr Stundenzeiger zur Sonne weist. Der Winkel zwischen ihm und der »12« auf dem Zifferblatt wird halbiert; die Winkelhalbierende liefert uns genähert die Südrichtung (Abb. auf S. 46).

Beobachtung 8
Wir suchen am Abend das leicht auffindbare Sternbild Großer Wagen (Großer Bär) und verbinden in Gedanken, wie die Skizze auf S. 46 zeigt, die beiden die »Rückwand des Wagenkastens« markierenden Sterne. Diese Verbindungslinie wird in der abgebildeten Weise verlängert und trifft auf den Polarstern, der nahezu die Nordrichtung angibt.

Stehen wir nun mit dem Gesicht nach Norden, so haben wir zur Linken den Westpunkt, rechts von uns dagegen den Ostpunkt des Horizonts. Damit stimmt unsere Vorstellung von der Lage der Himmelsrichtungen mit dem überein, was wir auch auf Landkarten kennen: Osten rechts, Westen links. Die Verhältnisse kehren sich jedoch um, wenn wir nach Süden blicken (und das werden wir oft tun, denn dort spielen sich die interessantesten Himmelserscheinungen ab!): Osten ist jetzt links, Westen rechts. Steht der Mond genau im Süden über dem Horizont, so ist sein rechter Rand (mit bloßem Auge gesehen) der Westrand, sein oberer Rand der Nordrand (Abb. auf S. 47). Noch komplizierter wird die Sache, wenn wir das astronomische (umkehrende) Fernrohr benutzen. Dann ist Norden unten, Süden oben, Westen links und Osten rechts.

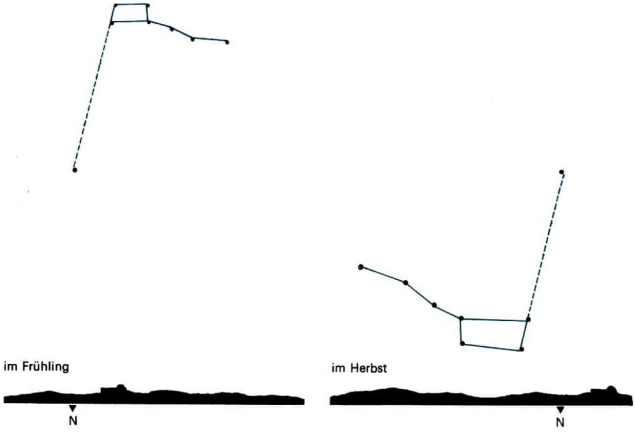
Sternbilder

Viele Menschen wissen, wie der *Große Wagen* aussieht, daß der *Orion* und der *Löwe* Sternbilder sind und daß die Sonne manchmal im Sternbild *Steinbock* steht. Aber niemand hat je einen Wagen oder einen Löwen wirklich am Himmel gesehen. Warum heißen die Sternbilder so, und wie sind sie zustande gekommen?
Als die Sammler und Jäger der Urgemeinschaft anfingen, sich mit dem Sternhimmel zu beschäftigen, mußten sie irgendwie Ord-



Die Bestimmung der Südrichtung am Tage

Die Bestimmung der Nordrichtung in der Nacht
Großer Bär und Polarstern

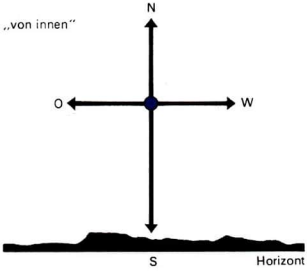


nung in das Gewimmel der Sterne bringen. Mythologische Vorstellungen, die eine bestimmende Rolle im Leben der damaligen Gesellschaft spielten, wirkten auch in den Bereich der Astronomie hinein – handelte es sich doch um Erscheinungen und Vorgänge, die mit den geringen Kenntnissen über die Naturgesetze nicht zu deuten waren. So finden wir eine Vielzahl von Götter- und Sagengestalten am Himmel, wobei geeignet gelegene helle Sterne die Konturen der Sternbilder abgeben mußten. In späterer Zeit wurden diese Konturenlinien stark reduziert (siehe Abb. auf S. 48); bei vielen Sternbildern existieren verschiedene Varianten der Lage der Konturenlinien. Eine einheitliche Regelung dafür gibt es nicht. Allerdings hat die Internationale Astronomische Union im Jahre 1925 einen Beschluß über die Sternbilder gefaßt, in dem sie ihre *Grenzen* verbindlich festlegte. Sternbilder sind nämlich nach moderner Auffassung nicht einfach irgendwelche Figuren, die man sich am Himmel denken kann. Vielmehr versteht der Astronom unserer Tage unter einem Sternbild ein ganz bestimmtes, fest begrenztes Gebiet an der Himmelskugel. Diese ist damit in kleine, überschaubare Bereiche eingeteilt, die aus Gründen der Tradition die aus dem Altertum überlieferten Sternbilder respektieren und auch nach ihnen benannt sind.

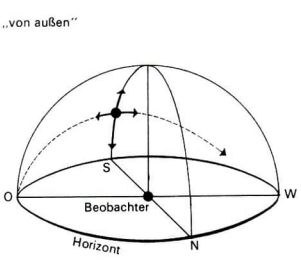
Wir verwenden heute die Sternbilder als praktische Hilfen zur Orientierung am Sternhimmel, wobei auf große Genauigkeit kein Wert gelegt wird. Angenommen, wir erfahren Ende März, daß ein neuentdeckter Komet im Sternbild Wassermann steht. Die Angabe des Sternbildes – also der Himmelsregion – genügt, um festzustellen, daß wir den Kometen abends nicht sehen können, sondern daß wir unsere Beobachtungen in den Stunden nach Mitternacht anstellen müssen. (Ein Kenner des Sternhimmels hat so etwas im Kopf, alle anderen Interessenten holen sich die Auskunft mit Hilfe der drehbaren Sternkarte.) Für Liebhaberastronomen spielt die Genauigkeit der Angaben häufig eine untergeordnete Rolle, so daß sie die Sternbilder sehr gut als Orientierungshilfe benutzen können.

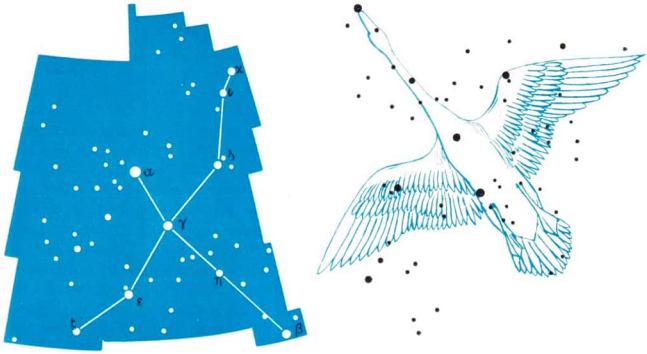
Daß in den Sternbildern jeweils mehrere Sterne zusammengefaßt werden, darf uns nicht zu der Annahme verleiten, diese Sterne gehörten auch physikalisch-räumlich zusammen. Das ist in der Regel nicht der Fall! In Wirklichkeit projizieren sich Sterne, die ganz unterschiedlich weit entfernt sein

Die Himmelsrichtungen am Himmelsgewölbe



Anblick der scheinbaren Himmelskugel





Das Sternbild Schwan

und ganz unterschiedlich hell strahlen können, auf die scheinbare Himmelskugel. Wir haben dann den Eindruck, sie stünden *nebeneinander* im Raum.

Die Darstellung der Himmelskugel

So, wie man die Erdoberfläche auf Landkarten oder auf einem Globus abbildet, gibt es auch für die Himmelskugel Sternkarten und Himmelsgloben. Dabei stoßen wir aber auf eine Schwierigkeit. Auf der Erdkugel stehen wir selbst und sehen sie – auch vom Flugzeug oder vom Raumschiff aus – stets von außen. Mit der Himmelskugel dagegen können wir nicht so verfahren. Erstens ist sie ja in Wirklichkeit nicht vorhanden, ist also eine gedachte Kugelfläche. Zweitens umgibt sie uns, auch wenn wir die Erde verlassen und uns im Weltraum bewegen, stets von allen Seiten. Wir stehen also immer *in* ihr und sehen sie von innen. Daher können Himmelsgloben – die wir ja von außen betrachten – nie ein reales Bild der Himmelskugel liefern, die Sternbilder sind auf ihnen spiegelverkehrt aufgetragen (vgl. Foto auf S. 35).

Eine Ausnahme bilden durchsichtige Himmelsgloben aus einem speziellen Material, die von innen beleuchtet sind. In sie blickt man seitlich hinein, aber auf der anderen Seite nicht wieder heraus, so daß wenigstens immer die dem Betrachter gegenüberliegende Seite von innen, also in einer dem natürlichen Himmelsanblick entsprechenden Weise, gesehen wird. Auch das Planetarium, bei dem sich der Betrachter in einem halbkugelförmigen Raum befindet, zeigt die Sterne in ihrer richtigen Lage zueinander.

Sternkarten bieten den Anblick des Himmels »von innen«. Sie können – für spezielle Untersuchungen – nur einen kleinen Himmelsausschnitt oder aber – zur allgemeinen Orientierung – große Teile der Himmelskugel in kleinem Maßstab enthalten. Wir brauchen für den Anfang vor allem das letztere, begegnen dabei aber einem neuen Ärgernis. Manche Sternbilder sehen auf diesen Karten anders aus als in Wirklichkeit; sie sind verzerrt dargestellt. Woran das

liegt, wird uns durch einen Gedankenversuch klar. Ein Kegelmantel, ein Zylindermantel und eine Halbkugelfläche sollen so »abgerollt« werden, daß sie eine Ebene bilden. Beim Kegelmantel und beim Zylindermantel gelingt das ohne Schwierigkeit, bei der Halbkugel dagegen nicht. Ein halber Gummiball, gewaltsam total plattgedrückt, zerreißt oder dehnt sich zumindest am Rande stark aus. Unsere Sternkarte ist eine ebene Fläche, und der Himmel über uns hat die Form einer – wenn auch nur scheinbaren – Halbkugel. Wir können ihn nicht ohne erhebliche Verzerrungen in einer Sternkarte darstellen. Dabei sind die Verzerrungen der Sternbilder natürlich abhängig von der Stelle, an der wir mit dem »Plattwalzen« des Himmels begannen. Bei normalen Karten des gesamten bei uns sichtbaren Sternhimmels liegt dieser Punkt im Himmelsnordpol; die diesem benachbarten Sternbilder werden also auch auf der Karte noch nahezu so abgebildet, wie wir sie am Himmel sehen können. Je weiter ein Sternbild vom Pol entfernt ist, desto größer sind die Abweichungen der Kartendarstellung vom wahren Anblick. Damit müssen wir uns abfinden, und wer die wahre Gestalt der vom Pol weit entfernten Sternbilder kennenlernen möchte, der muß entweder selbst am Himmel danach Ausschau halten oder sich einer Ausschnittskarte mit großem Maßstab bedienen. Auf solchen Karten, die nur einen kleinen Teil der Himmelskugel enthalten, machen sich die Verzerrungen weit weniger bemerkbar, da das »Original« in diesem kleinen Bereich ja auch nur eine schwache Krümmung aufweist.

Jeder Mensch, der irgendwann einmal etwas von Astronomie gehört hat, weiß, daß die Gestirne im Osten auf- und im Westen untergehen. Er weiß also auch, daß im Laufe einer Nacht neue Sterne und Sternbilder am Osthorizont auftauchen und andere unter dem Westhorizont verschwinden. Man kann folglich nicht den gesamten bei uns sichtbaren Teil der Himmelskugel auf einmal sehen, sondern muß auf irgendeine Weise ermitteln, welche Sterne zum gewählten Zeitpunkt unter, welche über dem Horizont stehen. Das einfachste Verfahren, eine solche Entscheidung zu treffen, ist die Benutzung einer drehbaren Sternkarte. Im Anhang wird der Bau einer drehbaren Sternkarte beschrieben. Sie läßt sich denkbar einfach bedienen und ablesen; dabei sind zwei wichtige Hinweise zu beachten:

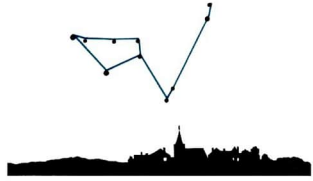
1. Jede drehbare Sternkarte gilt nur für einen bestimmten Beobachtungsort. Unsere Karte ist für Berlin berechnet. Da die Abweichungen aber gering bleiben, kann man sie bedenkenlos für jeden beliebigen Beobachtungsort in ganz Mitteleuropa benutzen.
2. Die Zeitangaben auf der Sternkarte sind stets mittlere Ortszeit, also nicht Mitteleuropäische Zeit (MEZ). Wie man diese

Das Sternbild Steinbock

auf der drehbaren Sternkarte



Anblick am Himmel



mittlere Ortszeit in MEZ und umgekehrt umrechnet, wird im Kapitel »Wir bestimmen die Zeit selbst« beschrieben.

Mit der drehbaren Sternkarte lassen sich einige sehr interessante Fragen beantworten:

1. Welchen Anblick bietet der Sternhimmel zu einem bestimmten Zeitpunkt?

Wir drehen die Karte derart, daß Beobachtungstag (auf dem Kalenderring) und Uhrzeit der Beobachtung (auf der Uhrzeitskala) zusammenfallen. Im ausgeschnittenen Feld erscheint dann der Sternhimmel, den wir zu diesem Zeitpunkt über uns sehen können. Dabei ist zu beachten, daß Ost und West wiederum vertauscht sind. Wir müßten ja eigentlich die Karte über uns halten und von unten nach oben blicken. (Das ist aber sehr unbequem, deshalb halten wir stets die Karte ganz normal vor uns wie ein Buch, aber so, daß die Himmelsrichtung, in die wir gerade sehen, nach unten zeigt.) Aufmerksamkeit erfordert auch die Tatsache, daß der Ostpunkt und der Westpunkt des Horizonts nach Norden verschoben sind und daß der Horizont nicht kreisförmig, sondern als Ellipse dargestellt ist. Diese Erscheinungen ergeben sich aus der beschriebenen unumgänglichen Verzerrung des Sternhimmels. Der Zenit liegt genau in der Mitte der Verbindungslinie Nord–Süd, die wir uns in der Natur als großen Kreisbogen am Himmel vorzustellen haben (Meridian).

Will man wissen, welche Sternbilder in den folgenden Stunden auf- und untergehen, so dreht man die Karte langsam entgegen dem Uhrzeiger weiter und betrachtet den Ost- und den Westhorizont. Dabei wird deutlich, daß die Sterne durchaus nicht nur im Ost*punkt* aufgehen, sondern daß sie den gesamten Horizont von Nord über Ost bis Süd dazu beanspruchen. Gleiches gilt für den Untergang im Westen. Dagegen gibt es auch Sterne – wie z. B. die des Großen Bären – die wegen ihrer großen Polnähe niemals untergehen. Sie stehen also ständig am Himmel; solche Sterne heißen Zirkumpolarsterne. Unter vielen anderen ist auch ein Teil des Sternbildes Fuhrmann (mit dem Hauptstern Capella) zirkumpolar.

2. Wann geht ein bestimmter Stern an einem bestimmten Tage auf und unter?

Wir stellen die Karte so ein, daß der Stern gerade am Osthorizont erscheint bzw. unter dem Westhorizont verschwindet. Dabei achten wir zunächst gar nicht auf die Skalen. Erst nach dem Einstellen suchen wir auf dem Kalenderring den betreffenden Tag auf und lesen ab, welche Uhrzeit er auf der Uhrzeitskala markiert.

Beispiel: Wann geht am 1. August der Stern Atair (im Sternbild Adler) auf und unter?

Ablesung:

Aufgang ... $16^h\ 30^{min}$ } *mittlerer*
Untergang ... $6^h\ 00^{min}$ } *Ortszeit.*

Aber auch wenn wir die aus der Karte entnommenen mittleren Ortszeiten in MEZ verwandeln, werden wir die betreffenden Sterne nicht vom Aufgangs- bis zum Untergangsmoment sehen können. Der Dunst und die verschiedenen Erhebungen am Horizont führen dazu, daß der Stern später sichtbar wird bzw. früher verschwindet.

3. Wann kulminiert ein bestimmter Stern an einem bestimmten Tage?

Wir legen ein Lineal so auf die Karte, daß seine Anlegekante den Nordpunkt und den Südpunkt des Horizonts miteinander verbindet und sich die Karte noch bequem darunter hinwegdrehen läßt. Dann stellen wir die Karte so ein, daß der betreffende Stern gerade unter der Anlegekante verschwindet und lesen am Rande die mit dem gewünschten Tag übereinstimmende Uhrzeit ab.

Beispiel: Wann kulminiert der Stern Atair am 1. August?

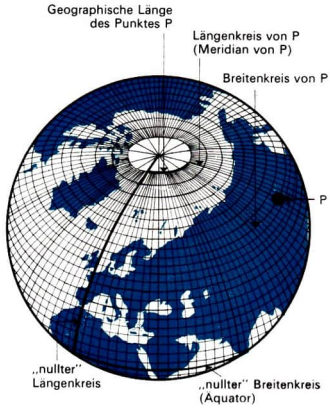
Ablesung: $23^h\ 15^{min}$ *mittlerer Ortszeit.*

Neben der drehbaren Sternkarte finden wir im Anhang auch einen kleinen Himmelsatlas. Er besteht aus einzelnen Karten bestimmter Teilbereiche des Himmels, deshalb bleiben hier die Verzerrungen der Sternbilder gering. Die Atlaskarten dienen zum Aufsuchen spezieller Objekte innerhalb der einzelnen Sternbilder (Veränderliche Sterne, Doppelsterne, Sternhaufen, Nebel usw.). Zu diesem Zweck enthalten sie ein Koordinatennetz. Hat man die Lage eines Objekts in einem bestimmten Sternbild auf diesen Karten ermittelt, dann informiert man sich auf der drehbaren Sternkarte über dessen Sichtbarkeit und ggf. seine Auf- und Untergangszeit. Die Atlaskarten können aber auch zum Einzeichnen von Beobachtungsergebnissen benutzt werden. Um sie zu schonen, kann man gleichgroße Bogen Transparentpapier darüberlegen (mit Büroklammern befestigen und Eckpunkte markieren!) und darauf die Eintragungen vornehmen. Man muß dann natürlich auf dem Transparentbogen vermerken, zu welcher Karte er gehört und ihn als Beilage zum Beobachtungsprotokoll aufbewahren.

Astronomische Koordinaten

Für eine grobe Orientierung am Himmel reicht die Einteilung der Himmelskugel in Sternbilder völlig aus. Anders ist es, wenn die Position eines lichtschwachen, nur im Fernrohr sichtbaren Objekts angegeben werden soll. Dann muß man genau wissen, auf welchen Punkt der Himmelskugel man sein Instrument zu richten hat; die Grundlage dafür liefern die astronomischen Koordinatensysteme.

Jeder kennt das Gradnetz, das den Erdglobus überzieht. Die Kreisbögen von Pol zu Pol heißen Längenkreise oder Meridiane, die Kreise, die parallel zum Äquator verlaufen, Parallel- oder Breitenkreise. Man kann sich nun durch jeden Ort auf der Erdoberfläche einen Längen- und einen Breitenkreis gelegt denken. Der Winkelabstand des Orts-Längenkreises vom »Null-Meridian« (dem Längenkreis, der durch die Fernrohrsäule der alten Sternwarte in Greenwich verläuft) heißt dann geographische Länge (vgl. Tabelle 3). Als geographische Breite bezeichnet man den Winkelabstand des Orts-Breitenkreises vom Äquator. (Je nachdem, ob der betreffende Ort östlich oder westlich von Greenwich, nördlich oder südlich des Äquators liegt, wird zwischen östlicher und westlicher Länge und nördlicher und südlicher Breite unterschieden.)



Geographische Koordinaten

Mit diesen Koordinatenangaben ist der Ort auf der Erdoberfläche eindeutig bestimmt. Es liegt nun nahe, das gleiche Verfahren auf die Himmelskugel anzuwenden. Dabei kann man zwei Möglichkeiten unterscheiden:

1. Grundebene ist die Horizontebene;
2. Grundebene ist die Ebene des Himmelsäquators.

Tabelle 3

Geographische Koordinaten und Zeitdifferenzen zur Mitteleuropäischen Zeit
(Δt = MEZ — Mittlere Ortszeit)

Ort	östliche Länge	nördliche Breite	Δt
	o	o	min
Berlin	13,4	52,5	6,4
Bonn	7,1	50,7	31,6
Budapest	19,0	47,5	−15,9
Cottbus	14,3	51,8	2,7
Dresden	13,7	51,1	5,0
Eberswalde	13,8	52,8	4,7
Eisenach	10,3	51,0	18,7
Erfurt	11,0	51,0	15,9
Frankfurt (Main)	8,7	50,1	25,3
Frankfurt (Oder)	14,6	52,3	1,8
Gera	12,1	50,9	11,7
Görlitz	15,0	51,2	0,0
Hamburg	10,0	53,6	20,0
Hoyerswerda	14,2	51,4	3,0
Karl-Marx-Stadt	12,9	50,8	8,3
Leipzig	12,4	51,3	10,5
Magdeburg	11,6	52,1	13,6
München	11,6	48,1	13,6
Neubrandenburg	13,3	53,6	7,0
Nordhausen	10,8	51,5	16,8
Plauen	12,1	50,5	11,5
Praha	14,4	50,1	2,4
Prenzlau	13,9	53,3	4,4
Rostock	12,1	54,1	11,4
Schwerin	11,4	53,6	14,3
Stendal	11,9	52,6	12,5
Suhl	10,7	50,6	17,2
Warszawa	21,0	52,2	−24,1
Wien	16,3	48,2	− 5,4
Wittenberg Lutherstadt	12,6	51,9	9,4
Wittenberge	11,8	53,0	13,0

Das Horizontsystem

Wir betrachten nun die sichtbare Himmelshalbkugel und überziehen sie in Gedanken, wie wir das beim Erdglobus gesehen haben, mit einem Gradnetz. Parallel zum Horizont liegen die Parallelkreise, senkrecht dazu die Vertikalkreise (siehe Abb.). Als »Null-Kreis« bestimmen wir den Vertikalkreis (genau genommen: Viertelkreis), der vom Zenit zum Südpunkt des Horizonts führt. Wollen wir die Koordinaten eines Gestirns bestimmen, so messen wir

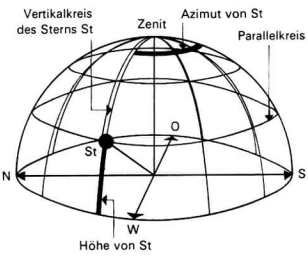
a) den Winkelabstand des Gestirns-Vertikalkreises vom »Null-Kreis« (in westlicher Richtung gezählt),

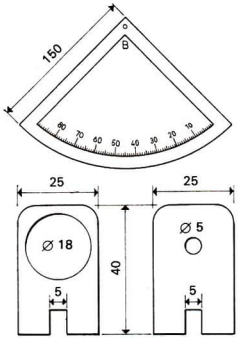
b) den Winkelabstand des Gestirns-Parallelkreises vom Horizont.

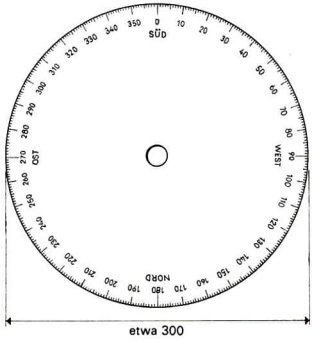
Den ersten Meßwert nennen wir das *Azimut*, den zweiten die *Höhe* des Gestirns. Beide werden in Grad angegeben; das Azimut kann zwischen 0° und 360° liegen, die Höhe zwischen 0° und 90°.

Ein einfaches Winkelmeßgerät zur Bestimmung von Azimut und Höhe eines Sterns läßt sich ohne große Schwierigkeiten herstellen. Wir sägen entsprechend den Skizzen auf S. 53 oben aus Sperrholz eine Viertelkreisscheibe und eine Vollkreisscheibe und zeichnen die Kreisteilungen darauf. Anstelle des Viertelkreises können wir auch unseren Pendelquadranten (vgl. Kapitel »Einfache Meßgeräte«) verwenden. Außerdem benötigen wir zwei Reiter für den Viertelkreis als Visiereinrichtung (siehe Abb.). Die Schlitze haben die Stärke des verwendeten Sperrholzes, in den Reiter mit der größeren

Astronomische Koordinaten/Horizontsystem







Winkelmeßgerät für Azimut und Höhe
Viertelkreis für Höhe, Vollkreis für Azimut; Visiereinrichtung

Öffnung können wir ein Fadenkreuz aus weißem Zwirn einkleben. Die Viertelkreisscheibe erhält eine 4-mm-Bohrung und bei B eine kleine Öffnung. Durch diese ziehen wir einen Faden, der etwa 5 cm länger ist als der Radius des Viertelkreises. Der Faden wird auf der Rückseite angeklebt oder durch einen Knoten gehalten; er trägt einen kleinen, schweren Gegenstand (Schraubenmutter, alte Sicherungspatrone o. ä.) und bildet ein Lot, das auf der Viertelkreisskala als Zeiger fungiert.

Weiterhin brauchen wir einen Rundstab (Holz, Kunststoffrohr) von etwa 25 mm Durchmesser und einer Länge, die den Radius des Viertelkreises um etwa 35 cm übersteigt. Der Stab soll in die Führungslöcher unseres Fernrohrstativs passen, er muß sich leicht drehen lassen, darf aber nicht wackeln. Zweckmäßigerweise verwenden wir das gleiche Material wie für die senkrechte Achse der Fernrohrmontierung. Sollte nur noch Material mit geringerem Durchmesser vorhanden sein, dann müßten wir es durch Umwickeln mit leimbestrichenen Papierstreifen an den »Lagerstellen« verstärken. (Da diese Stellen beim Winkelmeßgerät nicht sehr stark beansprucht werden, genügen Papierwickel. Beim Fernrohr würden sie bald zerrieben sein.)

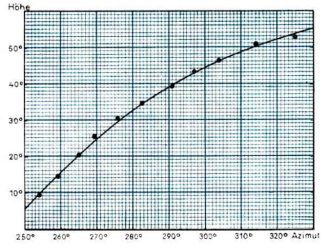
Der Stab erhält am oberen Ende eine 4-mm-Bohrung; 30 cm über dem unteren Ende leimen wir wie beim Bau der Fernrohrmontierung einen Holz- oder Plastring auf. Die Teile werden mit einer passenden Schraube (Flügelschraube oder normale Schraube mit Flügelmutter) entsprechend dem Foto auf Seite 36 zusammengebaut und in unser Fernrohrstativ eingesetzt. Zum Schluß bohren wir die Achse an und leimen radial einen Zeiger, z. B. ein Stück Stricknadel, so ein, daß er möglichst genau in die anvisierte Himmelsrichtung zeigt. Die Kreisscheibe liegt vorläufig noch lose auf dem Stativoberteil.

Vor Beginn unserer Messungen müssen wir die Skalen nach dem Horizontsystem orientieren. Bei der Höhenskala macht das keine

Schwierigkeiten, denn der Zeiger – das Lot – nimmt stets von allein die Richtung zum Zenit ein. Wir müssen lediglich dafür sorgen, daß unser Fernrohrstativ genau senkrecht steht bzw. daß die Kreisscheibe mit der Azimutteilung genau waagerecht liegt. Das läßt sich mit einer Dosenlibelle leicht prüfen.

Um die Azimutskala zu orientieren, richten wir unser Visiergerät auf den Polarstern und drehen die Kreisscheibe so, daß der Zeiger auf die 180°-Marke weist. In dieser Stellung halten wir die Kreisscheibe durch zwei Reißzwecken auf dem Montierungsoberteil fest. (Eine elegantere Lösung ist, Scheibe und Montierungsoberteil an zwei Stellen zu durchbohren und mit Holz oder Plaststöpseln in der richtigen Stellung zu arretieren.) Die Abweichung des Polarsterns von der genauen Nordrichtung ist stets kleiner als 1°; sie kann, da unser Gerät ohnehin bestenfalls bis auf 1° genaue Messungen erlaubt, vernachlässigt werden. Natürlich müssen wir die Azimutskala, wenn wir ein transportables Stativ verwenden, jeden Abend neu orientieren. Besitzer von Pfahlstativen dagegen können sie in der richtigen Stellung auf das Montierungsoberteil aufschrauben und können dann auch bei Fernrohrbeobachtungen das Azimut des jeweiligen Objekts messen.

Eine Meßkurve



Die Koordinaten des Horizontsystems sind während der scheinbaren Drehung der Himmelskugel nicht konstant. Wir prüfen das nach:

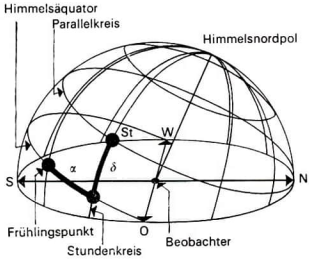
Beobachtung 9
Ein beliebiger heller Stern wird mit dem Winkelmeßgerät anvisiert, die Koordinaten Azimut und Höhe werden gemessen. Diese Messung wiederholen wir – beliebig oft – nach Ablauf von je 30 Minuten und stellen die Veränderung der Koordinaten graphisch dar.

Beispiel: (vgl. Abb. unten links)

Messung Nr.	Beobachtungszeit
1	19h 30min
2	20h 00min
3	20h 30min
4	21h 00min
5	21h 30min
6	22h 00min
7	22h 30min
8	23h 00min
9	23h 30min
10	0h 00min
11	0h 30min

Das Äquatorsystem

Die zeitliche Veränderlichkeit der Koordinaten im Horizontsystem erweist sich als Nachteil, wenn wir Positionsangaben in ein Beobachtungsprotokoll aufnehmen oder an andere Beobachter weitergeben wollen. Für diese Zwecke ist es empfehlenswert, ein mit der scheinbaren Himmelskugel mitrotierendes Gradnetz zu verwenden und es so zu orientieren, daß seine Pole mit denen der Himmelskugel zusammenfallen. Die »Meridiane«, Stundenkreise genannt, verlaufen in diesem System im allgemeinen schräg zum Horizont, ebenso die Parallelkreise und der



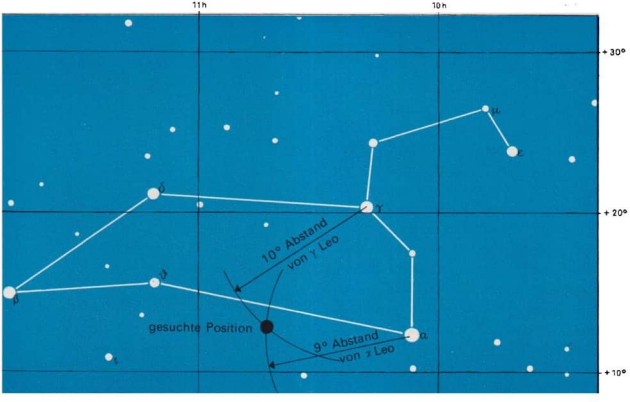
Astronomische Koordinaten/Äquatorsystem
α: Rektaszension des Sterns St
δ: Deklination des Sterns St

Himmelsäquator. Analog zur geographischen Breite bildet der Abstand vom Himmelsäquator eine der beiden Koordinaten; er wird als *Deklination* bezeichnet und nach Norden positiv, nach Süden negativ mit jeweils $0° \cdots 90°$ gezählt. Die der geographischen Länge entsprechende Koordinate trägt den Namen *Rektaszension*. Sie ist nicht in Graden, sondern in Zeitmaßeinheiten zu zählen:

$360° \triangleq 24^h$
$15° \triangleq 1^h$
$1° \triangleq 4^{min}$.

Als »Null-Meridian« benutzt man den Stundenkreis, auf dem der Frühlingspunkt liegt. (Das ist der Punkt, in dem sich die Sonne im Moment des Frühlingsanfangs befindet. Er liegt auf dem Himmelsäquator.)

Positionsbestimmung mit dem Jakobstab



Beobachtung 10
Um den Frühlingspunkt aufzusuchen, gehen wir vom Polarstern aus und konstruieren eine gedachte Linie zum Stern β in der Kassiopeia. (Das ist der Stern, der in der W-Figur am weitesten rechts steht.) Er hat vom Polarstern eine Entfernung von etwa 30°. Verlängern wir diese Linie um weitere 30°, so treffen wir auf einen weniger auffälligen Stern, der zur Andromeda gehört und die linke obere Ecke eines großen Sternvierecks bildet. Es ist der Stern α Andromedae. Eine nochmalige Verlängerung Polarstern – β Cassiopeiae – α Andromedae um wiederum 30° führt auf den Frühlingspunkt. Er ist nicht durch einen Stern markiert und kann, wenn man nicht spezielle Meßgeräte benutzt, nur durch diese sogenannte Kolurlinie gefunden werden.

Auf dem Sternatlas im Anhang ist das Gradnetz für Rektaszension und Deklination eingezeichnet. Dadurch ist es möglich, die Koordinaten der eingetragenen Sterne hinreichend genau durch Ausmessen der Karte zu bestimmen. Was aber, wenn wir die Koordinaten eines anderen Objekts, beispielsweise eines Kometen oder Planeten, ermitteln wollen?
In diesem Falle leistet uns der Jakobstab (vgl. Seite 28) gute Dienste. Mit seiner Hilfe bestimmen wir den Abstand des Objekts von zwei Sternen mit bekannten Koordinaten (z. B. von zwei Atlassternen). Am günstigsten ist es, wenn diese mit unserem Objekt ein annähernd gleichseitiges Dreieck bilden. In der Atlaskarte schlagen wir dann um die beiden Sterne Kreisbögen, deren Radien den gemessenen Abständen entsprechen (auf der Deklinationsskala abgreifen!). Die Koordinaten des gesuchten Objekts finden wir durch den Schnittpunkt der beiden Kreisbögen.

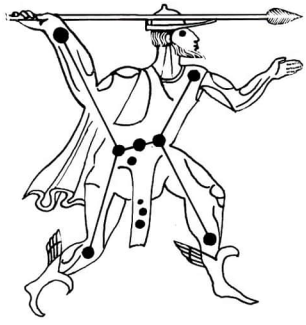
Sonne und Mond





Bewegung und Bahnen

* *



Wer bewegt sich wirklich?

Natürlich weiß man als gebildeter Mensch sofort die Antwort auf diese Frage. Wer sonst als die Erde! Und dann kommen ein paar bedeutende Namen aus der Geschichte in die Erinnerung, Kopernikus und Kepler an erster Stelle. Man weiß, daß Tag und Nacht, daß die Ost-West-Bewegung der Sonne, des Mondes und der Sterne durch die Erdrotation zustande kommen und daß sich die Umlaufsbewegung der Erde um die Sonne in einer jahreszeitlichen Änderung des Himmelsanblickes widerspiegelt. Dadurch erklärt sich auch, daß es ausgesprochene *Sommer*sternbilder (z. B. auf der Nordhalbkugel der Erde Schütze und Adler) und typische *Winter*sternbilder (für unsere Breiten u. a. Orion und Großer Hund) gibt.

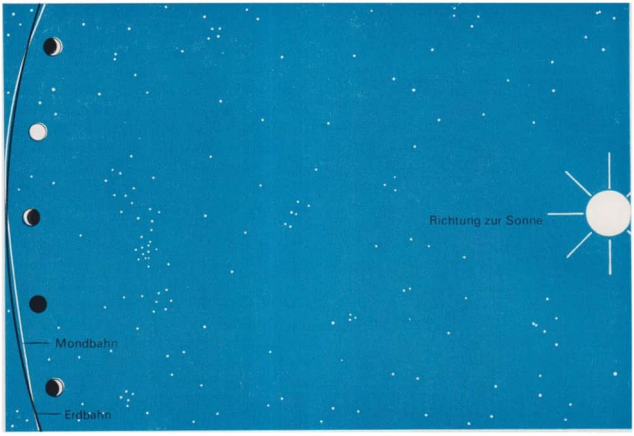
Daß die Erde sich bewegt und die Sonne stillsteht, das ist — in erster Näherung — richtig. Bei der Betrachtung des Mondes und seiner Bewegung müssen wir aber umdenken! Er umläuft die Erde oder die Sonne, je nachdem, wo wir in Gedanken unseren Beobachtungsort wählen. Daß dabei die Erde nicht stillsteht, macht die Sache ein wenig kompliziert; die durch die Erdrotation verursachte scheinbare tägliche Bewegung des Mondes vom Aufgangs- zum Untergangspunkt überlagert sich seinem Umlauf. Gäbe es diesen Umlauf nicht, so würde der Mond täglich zur gleichen Zeit und am gleichen Punkte des Horizonts aufgehen.

Der »wahre« Bahnverlauf

Um die Mondbewegung zu beurteilen, kann man freilich auch einen Standort außerhalb der Erde einnehmen. Stellt man sich in Gedanken senkrecht über der Erdbahnebene auf (genügend weit entfernt, um die ganze Erdbahn zu überblicken), so sucht man die Mondbahn vergeblich. Wegen der im Vergleich zum Erdbahnhalbmesser sehr kleinen Entfernung Erde—Mond (150 Millionen km zu 384000 km) hebt sich die Mondbahn fast nicht von der Erdbahn ab. Nur bei genauem Hinsehen »pendelt« die Mondbahn um die sehr kreisähnliche Ellipsenbahn der Erde. Man kann also sagen, der Mond bewege sich um die Sonne, und zwar in einer durch die Erde (und die anderen Planeten) gestörten Ellipsenbahn. Allerdings ist die Bahn des Mondes um die sich fortbewegende Erde keine Wellenlinie, sondern sie bleibt stets gegen die Sonne konkav (Abb. S. 60).

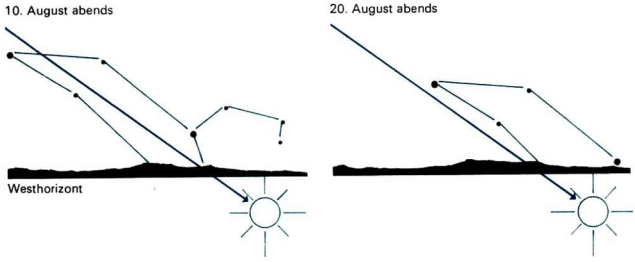
Kann man die Bewegungen der Erde beobachten?

Von »außen« ist uns das natürlich nicht möglich. Aber wenn wir die scheinbare Ortsveränderung der Objekte am Himmel als Spiegelbild unserer eigenen Bewegung nehmen, können wir uns durchaus eine Vorstellung von diesen Vorgängen machen.

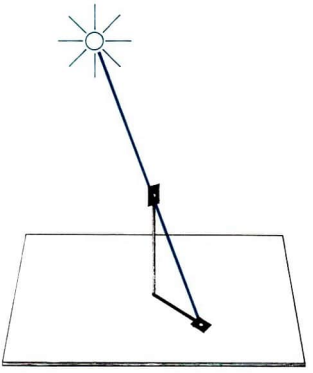


Die wahre Gestalt der Mondbahn

Heliakischer Untergang eines Sternbildes



Beobachtung 11
Wir stellen uns einen Gnomon (Schattenstab) her. Dazu genügt schon ein senkrecht aufgestellter gerader Stab von 20 bis 30 cm Länge. Genauer wird die Ablesung, wenn wir am oberen Ende eine Pappscheibe (rund 10 cm Durchmesser) mit einer zentralen Öffnung (5 mm Durchmesser) anbringen. Auf der waagerechten Grundplatte markiert sich dann ein kleines Sonnenbildchen, dessen Position auf einem aufgezeckten Zeichenbogen alle 30 Minuten vermerkt wird (siehe Abb.). Was wir hier indirekt beobachten, ist die Rotation der Erde.

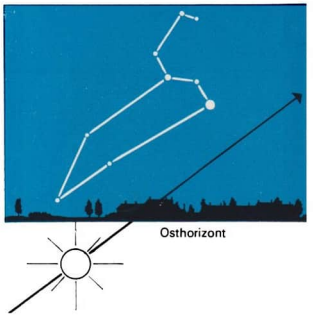


Gnomon (Schattenstab)

Was hat das mit dem Erdumlauf zu tun? Offenbar hat sich die Sonne, die zum Beobachtungszeitpunkt schon unter dem Horizont steht, scheinbar der Sterngruppe genähert (siehe Abb.). In einigen Tagen wird sie sie erreichen und überschreiten. Dann geht diese Sterngruppe *vor* der Sonne unter – aber auch früh am Osthimmel *vor* ihr auf (Abb.). Wir können sie also am Morgenhimmel wiederfinden, sobald sich

Beobachtung 12
Schwieriger, weil mit mehr Zeitaufwand verbunden, ist es, die Bahnbewegung der Erde zu beobachten. Wir suchen uns zu diesem Zwecke abends nach Dämmerungsende irgendeine charakteristische Sternfigur (aber keine Planeten!), die wir auch in der folgenden Zeit wiedererkennen können. Sie soll dicht über dem Horizont stehen. Am besten wird es sein, wenn wir den Horizont und die betreffenden Sterne skizzieren und die Uhrzeit unserer Beobachtung (und selbstverständlich auch das Datum) notieren. Nach einigen Tagen wiederholen wir diese Beobachtung. Wir werden feststellen, daß die Sterngruppe zur gleichen Uhrzeit dem Horizont näher steht, und wenn wir in den folgenden Wochen dieses Ergebnis ab und zu überprüfen, finden wir, daß die Sterne schließlich zur festgesetzten Beobachtungszeit schon untergegangen sind.

Heliakischer Aufgang eines Sternbildes



die Sonne weit genug von ihr entfernt hat. Aber nochmals ist zu fragen: Was hat das mit dem Erdumlauf zu tun? Die Skizze unten gibt eine Antwort darauf. Am 10. und am 20. August sahen wir die Sterngruppe links von der Sonne, am 12. 9. rechts davon. Inzwischen haben wir uns nämlich auf und mit der Erde so weit fortbewegt, daß die Sterngruppe für uns »hinter der Sonne« vorbeiging. Wir haben also tatsächlich mit dem Verschwinden unserer Sterngruppe in der Abenddämmerung (»heliakischer Untergang«) und ihrem Auftauchen am Morgenhimmel (»heliakischer Aufgang«) indirekt die Bewegung der Erde beobachtet. Daß wir dazu einige Wochen Zeit benötigten, liegt daran, daß die Erde je Tag nur knapp einen Grad auf ihrer Bahn zurücklegt.

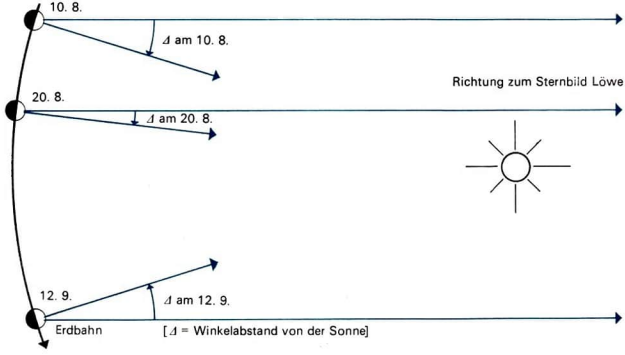
Der Mond macht es uns bequemer

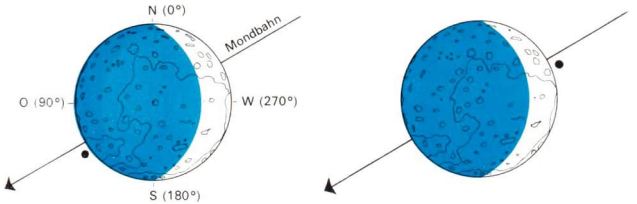
Während die Erde ein ganzes Jahr für einen Umlauf um die Sonne benötigt, bewegt sich der Mond schon in knapp einem Monat einmal um die Erde. Es ist also zu erwarten, daß wir die Mondbewegung in erheblich kürzerer Zeit erkennen können.

Beobachtung 13

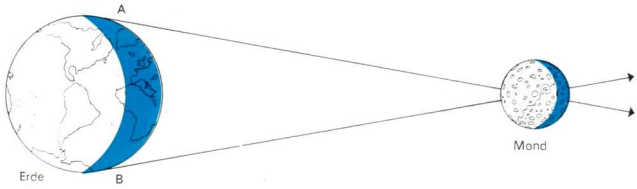
Vier Tage nach Neumond suchen wir 45 Minuten nach Sonnenuntergang die Mondsichel und skizzieren ihre Lage zum Horizont. Wir finden sie im Frühling in westlicher, im Sommer in nordwestlicher, im Herbst in westlicher und im Winter in südwestlicher Richtung. Die Beobachtungszeit muß unbedingt notiert werden. (Findige Leute verwenden eine Photographie ihres Horizontes – 9 mal 12 cm, mit matter Oberfläche – als Zeichenblatt.) Am nächsten oder übernächsten Abend zur gleichen Zeit wiederholen wir diese Beobachtung und vergleichen. Deutlich ist zu sehen, wie weit sich der Mond in 24 Stunden bewegt hat – unabhängig von der Erdrotation.

Heliakischer Auf- und Untergang werden durch die Bahnbewegung der Erde bewirkt





Sternbedeckung durch den Mond
links: Eintritt des Sterns; rechts: Austritt des Sterns



Die Parallaxe des Mondes

Wir erinnern uns auch daran, daß die *Beobachtung 4* das gleiche Ergebnis erbrachte, nur mit genaueren Mitteln in kürzerer Zeit und ohne daß uns die Mondbewegung so augenfällig vorgeführt wurde. Je Tag läuft der Mond etwa 13° weit; den Weg rund um die Himmelskugel, also 360°, wird er demnach in knapp 27 Tagen und 8 Stunden zurückgelegt haben. Diese Zeitspanne nennt man einen (siderischen) Monat. Die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Neumonden ist wegen der Umlaufsbewegung des Erde-Mond-Systems um die Sonne rund 2 Tage länger und heißt synodischer Monat.

Einen besonders deutlichen Eindruck von der Bewegung des Mondes am Sternhimmel erhalten wir bei einer Sternbedeckung. Darunter ist der Vorgang zu verstehen, daß der Mond auf seiner Bahn einen Hintergrundstern verdeckt. Da er sich bereits in 50 Minuten um seinen eigenen Durchmesser fortbewegt, kann das Verschwinden und Wiedererscheinen des Sterns praktisch immer in ein und derselben Nacht beobachtet werden. Abgesehen davon läßt sich die rasche Ab- bzw. Zunahme des Abstandes zwischen Stern und Mondrand im Fernrohr verfolgen. Sternbedeckungen zeigen durch das schlagartige Verschwinden und Erscheinen des Sterns, daß der Mond keine lichtschwächende Atmosphäre besitzt. Sie weisen darüber hinaus durch die Tatsache, daß ein Stern nur für bestimmte Beobachtungsorte auf der Erde und auch für diese zu verschiedenen Zeiten verdeckt wird, auf die durch die geringe Entfernung bedingte relativ große Parallaxe des Mondes hin.

Beobachtung 14

Wir informieren uns in einem astronomischen Jahrbuch über die zu erwartenden Sternbedeckungen. Die dort angegebenen Uhrzeiten gelten exakt jedoch nur für den jeweiligen Beobachtungsort, für den sie berechnet sind. Wir beginnen aus Sicherheitsgründen mit unserer Beobachtung eine Viertelstunde bis 20 Minuten vor dem im Jahrbuch genannten Zeitpunkt. Das wird auch nötig sein, um den in Frage kommenden Stern aufzufinden (bei schwächeren Sternen Sternatlas verwenden!). Wir beachten: Bei zunehmendem Mond geht der unbeleuchtete Mondrand voran und der Stern verschwindet urplötzlich – wie weggeblasen. Bei abnehmendem Mond verdeckt der beleuchtete Mondrand den Stern, und das Wiederauftauchen geschieht an der unbeleuchteten Seite der Mondscheibe.

Beobachtung 15

Der Gnomon (vgl. Beobachtung 11) kann dazu dienen, die obere Kulmination der Sonne recht genau zu erfassen. Er sollte dabei zweckmäßigerweise auf einem kleinen Tisch aufgestellt werden und – etwa auf dem Balkon oder im Garten – einige Tage lang unverändert stehen bleiben. Wenn wir an einem sonnigen Tage von 9 Uhr bis 15 Uhr die scheinbare Sonnenbahn so aufzeichnen, wie es in Beobachtung 11 beschrieben ist, erhalten wir als Verbindungslinie aller Sonnenbildchen eine Kurve, deren Abstand von unserem Stab an einer Stelle besonders klein ist. Offensichtlich stand zum entsprechenden Zeitpunkt die Sonne an der höchsten Stelle ihrer scheinbaren Bahn über dem Horizont. Wir verbinden nun den Fuß des Stabes mit dem ihm nächstgelegenen Punkt der Kurve und erhalten damit die genaue Nordrichtung.

Darunter verstehen wir die Unterschiede in den Blickrichtungen von verschiedenen Orten auf der Erde zum Mondmittelpunkt (siehe Abb. auf S. 63).

Astronomie und Kalender

Die Bewegungen von Erde und Mond – oder vielmehr ihre Widerspiegelungen – bildeten schon in grauer Vorzeit die Grundlage für die Einteilung und Messung der Zeit. Bis heute rechnen wir in Tagen, Monaten, Jahren – und überlegen uns sicher nicht in jedem einzelnen Falle, daß gründliche astronomische Beobachtungen und umfangreiche Kenntnisse über die Bewegungsvorgänge am Himmel nötig waren, um einen geordneten Kalender zu schaffen. Im Gegensatz zu den Maßeinheiten der Länge, der Masse, der Stromstärke und vieler anderer physikalischer Größen, die von den Menschen willkürlich gewählt werden konnten, sind die Maßeinheiten der Zeit zumindest teilweise den Menschen von der Natur vorgeschrieben worden. Wir rechnen in Tagen, und wir teilen größere Zeitspannen in Jahre ein, weil der Wechsel von Helligkeit und Dunkelheit bzw. die regelmäßige Wiederkehr der Jahreszeiten unseren biologischen Rhythmus entscheidend bestimmen. Wie lang aber eigentlich die Zeitspanne »1 Tag« ist, darüber gibt es unterschiedliche Auffassungen. Oft wird gesagt, ein Tag sei vergangen, wenn sich die Erde einmal um ihre Achse gedreht hat. (Formulieren wir es exakter: Ein Tag ist die Zeit, in der sich die Erde einmal um 360° dreht.) Andererseits hört man auch: »Ein Tag – das ist die Zeitspanne zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kulminationen[1] der Sonne.« Beide Definitionen sind richtig, aber unvollständig, sie

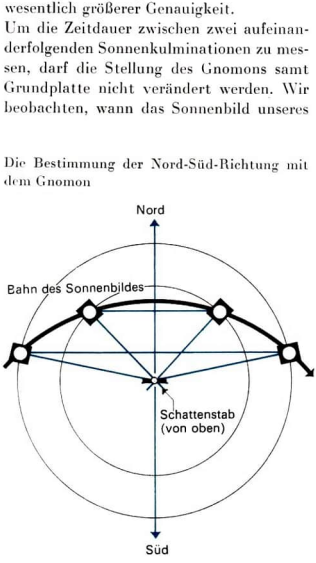
[1] Hier ist meist die obere Kulmination gemeint. Man versteht darunter den Durchgang der Sonne durch den Himmelsmeridian im Süden, also ihren höchsten Stand über dem Horizont.

bedeuten nicht dasselbe. In Wahrheit ist, wie wir gleich sehen werden, die Rotationsdauer der Erde um rund vier Minuten kürzer als die Zeitspanne zwischen zwei aufeinanderfolgenden Sonnenkulminationen.

In der Skizze unten ist die Nordrichtung durch ein anderes Verfahren als in Beobachtung 15 gewonnen worden. Hier wurden um den Gnomon konzentrische Kreise auf der Grundplatte gezeichnet, die Durchgänge des Sonnenbildchens durch diese Kreise markiert und die Vormittagsdurchgänge mit den Nachmittagsdurchgängen auf jeweils dem gleichen Kreis durch Geraden verbunden. Die Mittelpunkte dieser Kreissehnen liegen dann alle auf der gesuchten Nord-Süd-Richtung und definieren sie mit wesentlich größerer Genauigkeit.

Um die Zeitdauer zwischen zwei aufeinanderfolgenden Sonnenkulminationen zu messen, darf die Stellung des Gnomons samt Grundplatte nicht verändert werden. Wir beobachten, wann das Sonnenbild unseres Gnomons die Nord-Süd-Linie erreicht; das wird in der Regel nicht genau um 12 Uhr MEZ der Fall sein. (Der Unterschied zwischen wahrer und mittlerer Sonnenzeit bzw. MEZ, der hier eine Rolle spielt, soll uns erst später interessieren.) Am folgenden Tage unternehmen wir diese Beobachtung wieder und stellen fest, daß in der Tat genau 24 Stunden vergangen sind. Sollte der Himmel bedeckt sein, so können wir auch noch am nächsten oder übernächsten Tage beobachten.

Die Bestimmung der Nord-Süd-Richtung mit dem Gnomon

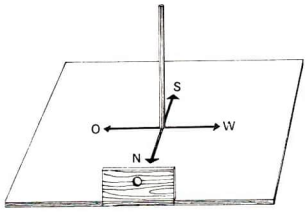


Beobachtung 16

Wir entfernen vom Gnomon die Scheibe mit der 5-mm-Öffnung und montieren sie am Rande der Grundplatte so, wie die folgende Abbildung zeigt. Das Zentrum der Öffnung, die wir jetzt mit dem Stab zusammen als Visiereinrichtung verwenden wollen, muß genau nördlich des Stabes liegen. Daß der Gnomon erhöht aufzustellen ist, war schon erwähnt worden.

Wir suchen uns nun einen beliebigen, hellen Stern – keinen Planeten –, der kurz vor seiner Kulmination steht und sich nicht allzu hoch über dem Horizont befindet. Er wird durch die Diopteröffnung anvisiert, und der Zeitpunkt, zu dem er hinter dem Gnomon verschwindet, wird notiert. Wir warten das Erscheinen des Sterns rechts vom Gnomon ab und notieren auch den Zeitpunkt, zu dem das geschieht. Als Kulminationszeitpunkt gilt dann der Mittelwert zwischen den beiden Zeitangaben.

Am folgenden Tage beobachten wir den gleichen Stern und ermitteln wieder seine Kulminationszeit. Wir werden feststellen, daß zwischen den beiden Sternkulminationen nicht ganz 24 Stunden liegen; der Stern kulminiert bereits nach 23 Stunden und 56 Minuten wieder. Setzen wir diese Beobachtungen noch einige Tage fort, so wird die Differenz zum ersten Kulminationszeitpunkt immer größer.



Gnomon als Sternvisier

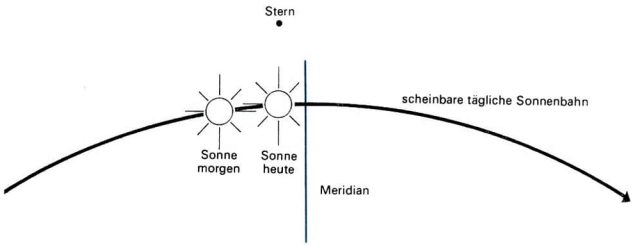
Was hat das zu bedeuten? Erinnern wir uns an die Beobachtung 12! Wir sahen, wie sich die Sonne langsam aber merklich einem Sternbild näherte, es überschritt und sich wieder von ihm entfernte; mit anderen Worten – wie die Sonne eine (scheinbare) Bahn zwischen den Sternen durchlief. Sie bewegte sich dabei der scheinbaren täglichen Rotation des Himmels entgegen, also von West nach Ost. Allerdings ging das sehr langsam vor sich, so daß wir die scheinbare Sonnenbewegung nur am allmählichen Unsichtbarwerden eines Sternbildes erkennen konnten.

Unsere beiden letzten Beobachtungen ermöglichen uns aber, die Geschwindigkeit dieser scheinbaren Sonnenbewegung zu messen. Denn nichts anderes als die scheinbare Jahresbewegung der Sonne ist die Ursache dafür, daß der an der Sonne gemessene Tag („Sonnentag") 24 Stunden, der an den Sternen gemessene („Sterntag") dagegen nur $23^h\,56^{min}$ dauert. Wir brauchen uns nur vorzustellen, daß die Sonne wegen ihrer West-Ost-Bewegung morgen – relativ zu den Sternen – weiter östlich stehen muß als heute (siehe Abb.). Könnten wir gleichzeitig mit der Sonne einen Stern am Himmel beobachten, so würden wir erleben, daß, wenn heute beide gleichzeitig kulminieren, morgen zum Zeitpunkt der Sonnenkulmination der Stern seinen Meridiandurchgang bereits hinter sich hat.

Man muß also genau sagen, welche Art von Tagen man meint: *Sonnentag* oder *Sterntag*. Der Sterntag gibt die Rotationsdauer der Erde exakter an, denn hierbei ist wirklich eine Umdrehung um 360° gemeint. Da wir uns aber in der Praxis stets nach dem Wechsel von Tag und Nacht richten, ist der Sonnentag – der in Wahrheit die Dauer einer Erddrehung um 361° ist – unser bevorzugtes Zeitmaß geworden. Der Sonnentag bestimmt unseren Kalender.

Will man eine größere Einheit von Tagen zusammenfassen, so kann man nicht am Wechsel der Jahreszeiten vorbeigehen. Diese aber hängen so eng mit der Jahresbewegung

Die scheinbare tägliche Bewegung der Sonne



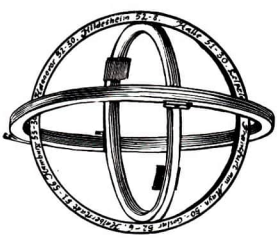
der Erde und der durch sie bewirkten scheinbaren Jahresbahn der Sonne am Himmel zusammen, daß sich das *Jahr* als größere Zeiteinheit geradezu zwangsläufig ergeben muß. Wir haben die Dauer eines Tages durch Beobachtungen ermittelt. Ist das auch für die Dauer eines Jahres möglich?

Da wir niemals die Sterne mit der Sonne gleichzeitig am Himmel sehen können – lediglich totale Sonnenfinsternisse erlauben eine Ausnahme – und deshalb auch nicht in der Lage sind, auf direktem Wege die Position der Sonne unter den Sternen einwandfrei festzulegen, müssen wir zu indirekten Methoden greifen. So wäre es z. B. denkbar, daß wir uns einen Stern suchen, der genau um Mitternacht kulminiert, also der Sonne genau gegenübersteht. An dem Tage, an dem er wieder um Mitternacht kulminiert, ist dann ein Jahr vergangen. Aber eine solche Beobachtung erfordert zu viel Geduld; wir machen es uns einfacher und verwenden das Ergebnis der *Beobachtung 16*. Es lautete: Ein Stern kulminiert jeden Tag 4 Minuten eher. Irgendwann muß er also auch zwei Stunden eher kulminieren, als am ersten Beobachtungstag, irgendwann auch 10, dann 20 und schließlich 24 Stunden eher. Letzteres aber wäre gleichbedeutend damit, daß der Stern wieder zur gleichen Uhrzeit kulminiert. Er hätte also wieder am Himmel den gleichen Abstand von der Sonne, die Sonne befände sich wieder relativ zu ihm in der gleichen Position – kurz, ein Jahr wäre vergangen. Wieviele Tage sind das?

Täglich 4 Minuten Differenz ergeben in 10 Tagen 40 Minuten, in 30 Tagen 120 Minuten (2 Stunden), in $12 \cdot 30$ Tagen also $12 \cdot 2$ Stunden = 24 Stunden. Demnach hätte ein Jahr nur 360 Tage? Hier müssen wir die Ungenauigkeit unserer Gnomonbeobachtung in Rechnung stellen. Die tägliche Kulminationsdifferenz beträgt, genau gemessen, nicht 4 Minuten, sondern nur 3 Minuten und 56,56 Sekunden. Wenn wir die Rechnung mit diesem Wert wiederholen, so erhalten wir als Jahreslänge rund 365,25 Tage. Unser Kalenderjahr mit seinen 365 Tagen ist also um rund einen Vierteltag zu kurz; ohne Korrektur würde nach 4 Jahren der Kalender um einen Tag »vorgehen«. Bekanntlich behebt man diesen Fehler, indem man nach 3 »Gemeinjahren« von je 365 Tagen ein Schaltjahr zu 366 Tagen einschiebt. 1976, 1980, 1984 sind solche Schaltjahre. Eine noch verbleibende kleine Differenz wird dadurch berücksichtigt, daß alle 400 Jahre dreimal statt eines fälligen Schaltjahres ein Gemeinjahr eintritt. Im Zeitraum von 1700 bis 2099 sind die Jahre 1700, 1800 und 1900 solche »gestrichenen Schaltjahre« gewesen.

Wir bestimmen die Zeit selbst

* *



Die Sonnenuhr

Im vorigen Kapitel haben wir immer wieder von Uhrzeiten und Daten gesprochen und erkannt, daß die Bewegung der Erde eng mit dem Komplex der Zeitrechnung und Zeitbestimmung verbunden ist. Wir wollen diese Kenntnisse ausnutzen und uns von »fremden« Zeitweisern unabhängig machen, indem wir zunächst eine Sonnenuhr herstellen. Dafür gibt es drei Möglichkeiten:

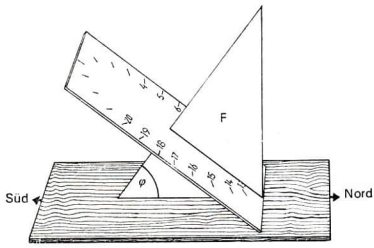
1. Das Zifferblatt steht parallel zur Ebene des Himmelsäquators (Äquatorial-Sonnenuhr). Da die Sonne im Winterhalbjahr südlich, im Sommerhalbjahr nördlich des Äquators steht, bescheint sie das Zifferblatt im Winter von unten, im Sommer von oben. Es muß daher beiderseitig mit einer Teilung versehen sein. Zur Zeit der Tagundnachtgleichen, wenn sich die Sonne im Himmelsäquator befindet, ist die Äquatorialsonnenuhr nicht benutzbar.
2. Das Zifferblatt steht waagerecht (Horizontalsonnenuhr).
3. Das Zifferblatt steht senkrecht (Vertikalsonnenuhr).

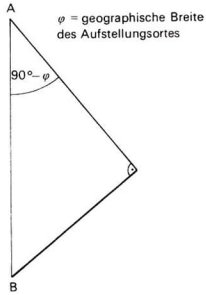
Am einfachsten läßt sich eine Äquatorialsonnenuhr herstellen. Auf Seite 71 sind die Einzelteile angegeben. Sie werden aus dickem Sperrholz ausgesägt und entsprechend der Abbildung auf Seite 70 oben links zusammengeleimt. Die Abmessungen sind beliebig wählbar, lediglich der Winkel φ des Zeigers muß mit der geographischen Breite φ des Aufstellungsortes[1] übereinstimmen. Die Einschnitte im Zifferblatt und im Zeiger sind gleichlang. Dort, wo die Hypotenuse des Zeigers das Zifferblatt senkrecht durchstößt, befindet sich der Mittelpunkt der Stundenteilung. Sie besteht aus 24 gleichen Abschnitten.

Die genannten Nachteile der Äquatorialsonnenuhr werden bei horizontaler Aufstellung des Zifferblattes vermieden. Allerdings ist dann die Konstruktion der Stundenteilung etwas komplizierter. Wir bauen unsere Äquatorialsonnenuhr zur Horizontalsonnenuhr um, indem wir auch die Grundplatte mit einer Stundeneinteilung versehen.

Auf einen genügend großen Bogen wird der Umriß der Grundplatte gezeichnet und darin der Punkt markiert, in dem die Hypotenuse des dreieckigen Zeigers auftrifft (in der Abbildung auf der S. 70 unten der Punkt F). Weiterhin wird die Nord-Süd-Linie eingezeichnet: SFN. Im Punkte F zieht man eine Linie rechtwinklig zur Nord-Süd-Linie: OFW. Nun errichten wir im Punkte F die (in unserer Abb. farbige) Linie FA derart, daß sie mit der Nord-Süd-Linie den Winkel φ einschließt. φ ist die geographische Breite des Aufstellungsortes. Im Punkte B an der Nordkante der Grundplatte fällen wir das Lot auf die Linie FA, nehmen die Strecke AB in den Zirkel und tragen sie auf der Nord-Süd-Linie ab. So ergibt sich der Punkt P_1, von dem aus wir beiderseits der Nord-Süd-Linie Winkel von je 15° antragen. Weiterhin ziehen wir von P_1 aus zwei Geraden durch die oberen Ecken der Grundplatte bis zur Ost-West-Linie. Die dort erhaltenen Schnitt-

[1] Die geographische Breite unseres Beobachtungsortes können wir einem guten Atlas entnehmen. Darin sind die Längen- und Breitenkreise eingezeichnet; Zwischenwerte lassen sich meist schon mit einem einfachen Lineal herausmessen.

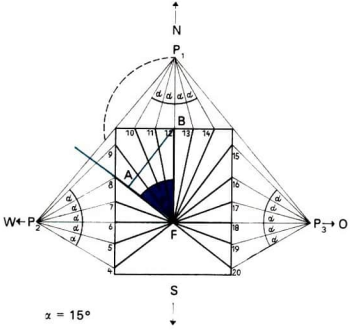




Links: Äquatorialsonnenuhr; rechts: Zeiger der Vertikalsonnenuhr

punkte P_2 und P_3 werden wieder Ausgangspunkte einer Schar von 15°-Winkeln. Schließlich markieren wir die Schnittpunkte aller Schenkel dieser Winkelschar mit den Rechteckseiten und verbinden sie mit dem Punkte F. So ergeben sich die Schattenlinien für die einzelnen Stunden. (Die Konstruktion auf der Abb. ist für die geographische Breite 52°.5 ausgeführt worden; das Zifferblatt kann also für Berlin und alle Orte gleicher geographischer Breite unverändert übernommen werden.) Wir tragen die Schattenlinien auf der Grundplatte ab, montieren den Zeiger (das Äquatorialzifferblatt kann weggelassen werden) und können unsere Sonnenuhr in Betrieb nehmen. Allerdings dürfen wir nicht vergessen, sie so aufzustellen, daß die Nord-Süd-Linie auf der Grundplatte wirklich in Nord-Süd-Richtung weist. Mit einem Gnomon läßt sich das leicht bewerkstelligen (vgl. Beobachtung 15).

Zifferblatt für eine Horizontalsonnenuhr



Vertikalsonnenuhren lassen sich im Prinzip in gleicher Weise konstruieren. Da sich aber erhebliche Ablesefehler ergeben, wenn die senkrechte Wand nicht genau von Ost nach West verläuft, sollte man lieber auf die Konstruktion eines Zifferblattes ganz verzichten und die Stundenlinien nach den Angaben einer *nach wahrer Sonnenzeit* gehenden Uhr bei Sonnenschein an der Wand mit Hilfe eines Lineals ziehen. Wie man aus Mitteleuropäischer Zeit wahre Sonnenzeit erhält, wird im folgenden Abschnitt beschrieben. Wir wollen uns daher hier auf die Vorbereitungsarbeiten beschränken. Zunächst zeichnen wir den Zeiger nach obiger Skizze, übertragen die Zeichnung auf ein geeignetes Stück Holz, Plast oder Metall



Teile der Äquatorialsonnenuhr

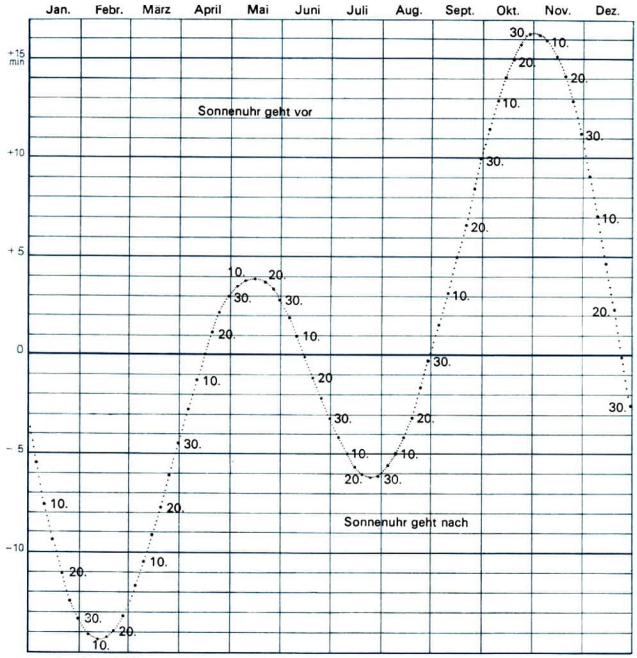
und sägen den Zeiger aus. An der Wand markieren wir einen Ausgangspunkt A_1 und – mittels eines Lotes – die durch A_1 gehende Senkrechte. Dies soll die 12-Uhr-Linie werden. Den Zeiger befestigen wir derart an der Wand, daß A_1 mit A und die Hypotenuse $\overline{AB}$ mit der 12-Uhr-Linie zusammenfallen. Nur wenn die Wand exakt nach Süden zeigt (in ost-westlicher Richtung verläuft), steht der Zeiger genau senkrecht auf der Wandfläche, andernfalls muß man ihn so um die Seite $\overline{AB}$ drehen, daß sein Schatten um 12 Uhr *Sonnenzeit* genau mit der 12-Uhr-Linie übereinstimmt.

Es geht noch genauer

Bei den ersten Versuchen, unsere Sonnenuhr zur Zeitbestimmung zu benutzen, werden wir aber allerlei Unstimmigkeiten feststellen müssen. Nur selten stimmt die abgelesene Zeit mit der überein, die unsere Armband- oder Taschenuhren zeigen. Haben wir etwas falsch gemacht?

Die wahre Sonnenzeit, die wir durch die Sonnenuhr erhalten, ist aus mehreren Gründen für den praktischen Gebrauch ungeeignet. Einmal bewegt sich die wahre Sonne im Laufe des Jahres auf einer scheinbaren Bahn, die nicht parallel ihrer scheinbaren täglichen Bahn liegt. Zum anderen ist die wahre Bahn der Erde um die Sonne nicht ein Kreis, sondern eine Ellipse, und nach dem 2. Keplerschen Gesetz läuft die Erde in Sonnenferne langsamer als in Sonnennähe. Beide Effekte überlagern sich und bewirken, daß auch die beste Sonnenuhr gegenüber einer *mittleren Sonnenzeit*, die man sich genau gleichförmig ablaufend denkt, zeitweilig »vor-« und zeitweilig »nachgeht«. Die Extremwerte liegen am 15. Mai bzw. am 3. November (Sonnenuhr »geht« 3,7 bzw. 16,4 Minuten vor) und am 12. Februar bzw. am 27. Juli (Sonnenuhr »geht« 14,3 bzw. 6,4 Minuten nach). Nur an 4 Tagen im Jahr, nämlich am 16. April, am 14. Juni, am 2. September und am 26. Dezember, »geht« die Sonnenuhr genau. Die folgende Skizze gibt eine graphische Darstellung dieser Abweichung der wahren von der mittleren Sonnenzeit. Man bezeichnet die Differenz als »Zeitgleichung«. Sie ist, streng genommen, von Jahr zu Jahr leicht veränderlich; unsere Kurve enthält mittlere Werte, die jedoch nur unwesentlich von den wahren abweichen.

Man muß also zur Bestimmung der mittle-



Kurve der Zeitgleichung

ren Sonnenzeit aus den Angaben der Sonnenuhr die Zeitgleichungskurve heranziehen.

Beispiel: Am 17. November wird eine wahre Sonnenzeit von 14h 54min abgelesen. Wie spät ist es zu diesem Zeitpunkt in mittlerer Sonnenzeit?

Die Zeitgleichungskurve ergibt, daß am 17. 11. die Sonnenuhr 15 Minuten »vorgeht«. Die mittlere Sonnenzeit beträgt also zum betreffenden Zeitpunkt 14h 39min.

Damit haben wir aber noch immer keine Übereinstimmung mit unserer Mitteleuropäischen Zeit (MEZ) erreicht. Die mittlere Sonnenzeit ist nämlich eine Ortszeit, d. h., Orte auf unterschiedlichen geographischen Längen haben unterschiedliche mittlere Sonnenzeit. (Bis zum Jahre 1893 wurde übrigens dieses Zeitsystem offiziell benutzt. Jede Stadt hatte damals ihre »eigene« Zeit, und die Eisenbahnfahrpläne gaben die Ortszeiten der einzelnen Stationen an.) Auf

Grund der bekannten Erfordernisse der modernen Technik, insbesondere der Nachrichtenübermittlung und des Personenverkehrs, führte man am 1. 4. 1893 die Zonenzeiten, für unser Gebiet die MEZ, ein. Das ist die mittlere Ortszeit des 15. östlichen Längengrades, der u. a. durch Görlitz verläuft. Wenn es also 12^h MEZ ist, dann zeigt in Görlitz eine – mit der Zeitgleichung korrigierte – Sonnenuhr 12^h an. An einem weiter westlich gelegenen Orte jedoch steht die Sonne noch nicht im Meridian; es ist dort noch nicht 12^h mittlerer Sonnenzeit. Anders ausgedrückt: Westlich von Görlitz stehende Sonnenuhren gehen, auch wenn sie mit der Zeitgleichung korrigiert sind, um einen konstanten Betrag gegen die MEZ-Uhr nach. Dieser Betrag hängt von der geographischen Länge des Standortes ab. Er macht in Bautzen 2,3 Minuten, in Dresden 5 Minuten, in Leipzig 10,5 Minuten, in Erfurt 15,9 Minuten und in Eisenach immerhin 18,7 Minuten aus. Eine in Aachen aufgestellte Sonnenuhr zeigt gegenüber der MEZ-Uhr sogar eine konstante Differenz von 35,7 Minuten an (Tabelle 3 auf S. 52).

Wir können für einen bestimmten Standort diese Differenz berechnen, wenn wir unsere geographische Länge λ kennen. Sie läßt sich, wie auch die geographische Breite, mit genügender Genauigkeit einem Atlas entnehmen. Die gesuchte Differenz Δt ist dann nach der Gleichung $\Delta t = 4 \cdot (15 - \lambda)$ zu berechnen; wenn wir λ in Grad einsetzen, erhalten wir Δt in Minuten.

Rechenbeispiel für Berlin: $\lambda = 13°{,}4$

$\Delta t = 4 \cdot (15 - 13{,}4) = 4 \cdot 1{,}6 = 6{,}4$ *Min.*

Im vorigen Beispiel hatten wir als mittlere Sonnenzeit $14^h\,30^{min}$ erhalten. Wenn wir annehmen, daß die dort genannte Sonnenuhr in Berlin stand, mußte zum gleichen Zeitpunkt eine MEZ-Uhr 6,4 Minuten später anzeigen, d. h., zur Zeit der Ablesung war es $14^h\,45^{min}$. (Die Zehntelminuten, die wir an der Sonnenuhr ohnehin nicht ablesen können, werden vernachlässigt.) Für alle Orte westlich des 15. Längengrades muß die Ortszeitdifferenz Δt zur mittleren Sonnenzeit addiert werden, wenn man MEZ erhalten will.

Wir kennen nun den Unterschied zwischen wahrer Sonnenzeit, mittlerer Sonnenzeit und MEZ.

Umgekehrt können wir aber auch aus der MEZ, die wir einer kontrollierten Uhr entnehmen, die mittlere und die wahre Sonnenzeit ermitteln. Wir brauchen nur unsere Ortszeitdifferenz Δt von der MEZ zu subtrahieren und die Zeitgleichung des betreffenden Kalendertages

a) zu addieren, wenn die Sonnenuhr »vorgeht«,

b) zu subtrahieren, wenn die Sonnenuhr »nachgeht«.

Rechenbeispiel: Am 25. 1., 13^h MEZ, soll die Anzeige einer in Leipzig aufgestellten Sonnenuhr kontrolliert werden. Die Ortszeitdifferenz für Leipzig beträgt 10,5 Minuten, es ist also dort um 13^h MEZ erst $12^h\,49^{min},5$ mittlere Sonnenzeit. Am 25. 1. geht die Sonnenuhr laut Zeitgleichungskurve 9,5 Minuten nach: $12^h\,49^{min},5 - 9^{min},5 = 12^h\,40^{min}$. *Die Sonnenuhr darf also, wenn sie richtig konstruiert und aufgestellt ist, erst $12^h\,40^{min}$ anzeigen.*

In dieser Weise können wir uns auch die Zeitanzeige für eine Vertikalsonnenuhr berechnen und damit nach dem Schatten des Zeigers die Stundenmarkierungen aufzeichnen.



Nächtliche Zeitbestimmung

Eine Sonnenuhr ist nur solange als Zeitweiser zu gebrauchen, wie sie von der Sonne beschienen wird. (Eine Vertikalsonnenuhr an einer Südwand zeigt nicht einmal alle Sonnenscheinstunden an, denn sie wird im Sommerhalbjahr – wenn die Sonne sehr früh auf- und sehr spät untergeht – erst ab 6^h und nur bis 18^h von der Sonne beschienen!) Nachts muß man zu anderen Hilfsmitteln greifen. Es liegt nahe, die Stellungen der Sterne zur Zeitbestimmung zu benutzen. Von den Sternen wissen wir, daß sie ihre scheinbare tägliche Bahn um die Erde schneller durchlaufen als die Sonne. Ein »Sterntag« ist demzufolge kürzer als ein »Sonnentag«. Teilen wir beide in je 24 Stunden ein, so muß auch eine Sternzeitstunde kürzer sein als eine Sonnenzeitstunde. Wenn z. B. seit Mitternacht 18 Stunden Sonnenzeit verflossen sind, so zeigt eine Sternzeituhr (die ja schneller gehen muß als eine Sonnenzeituhr) bereits $18^h\,03^{min}$ an.

Wir können uns nun auf eine verblüffend einfache Weise zunächst die Sternzeit beschaffen. Sie ist nämlich immer gleich der Rektaszension der Sterne, die gerade kulminieren. Beobachten wir also einen Stern mit bekannter Rektaszension im Meridian, so ist es in diesem Moment soviel Uhr Sternzeit, wie die Rektaszension dieses Sterns angibt.[1]

[1] Aus diesem Grunde wird die Rektaszension nicht in Gradmaß, sondern in Zeitmaß gezählt.

Beobachtung 17

Wir verwenden die Anordnung aus Beobachtung 16 und suchen in Tabelle 4 den Stern, der als nächster kulminieren wird. Eventuell verwenden wir dazu auch die drehbare Sternkarte. Im Moment der Kulmination müßte eine nach Sternzeit gehende Uhr soviele Stunden und Minuten anzeigen, wie die Rektaszension des Sterns beträgt.

Tabelle 4

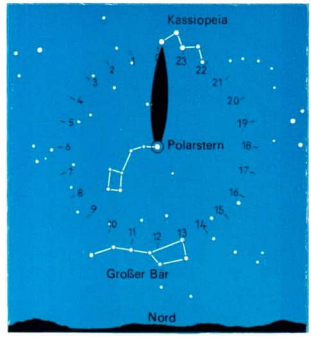
Koordinaten einiger heller Sterne zur Bestimmung der Sternzeit

Diese Koordinaten gelten exakt für das Jahr 1975 und damit im Rahmen unserer Meßgenauigkeit für das ganze Jahrzehnt von 1970 bis 1980. Alle anderen Koordinatenangaben in diesem Buch sind, wie die meisten Sternkataloge und -atlanten, für 1950 berechnet. Die relativen Stellungen der Sterne zueinander sind die gleichen, lediglich das Gradnetz ist geringfügig verschoben.

Stern		Rektaszension	Deklination
α	And	$0^h\,07^{min},1$	$+28°\,57'$
β	And	$1^h\,08^{min},3$	$+35°\,29'$
α	Ari	$2^h\,05^{min},7$	$+23°\,21'$
β	Per	$3^h\,06^{min},5$	$+40°\,52'$
α	Per	$3^h\,22^{min},5$	$+49°\,46'$
ε	Per	$3^h\,56^{min},2$	$+39°\,56'$
α	Tau	$4^h\,34^{min},1$	$+16°\,28'$
β	Ori	$5^h\,13^{min},3$	$-\ 8°\,13'$
α	Aur	$5^h\,14^{min},8$	$+45°\,59'$
α	Ori	$5^h\,53^{min},9$	$+\ 7°\,24'$
β	CMa	$6^h\,21^{min},6$	$-17°\,57'$
α	CMa	$6^h\,44^{min},0$	$-16°\,41'$
ζ	Gem	$7^h\,02^{min},6$	$+20°\,37'$
α	Gem	$7^h\,33^{min},0$	$+31°\,57'$
α	CMi	$7^h\,38^{min},0$	$+\ 5°\,18'$
β	Gem	$7^h\,43^{min},8$	$+28°\,05'$
β	Cnc	$8^h\,15^{min},2$	$+\ 9°\,15'$
α	Cnc	$8^h\,57^{min},2$	$+11°\,57'$
α	Hya	$9^h\,26^{min},3$	$-\ 8°\,33'$
α	Leo	$10^h\,07^{min},0$	$+12°\,06'$
δ	Leo	$11^h\,13^{min},1$	$+20°\,40'$
β	Leo	$11^h\,47^{min},8$	$+14°\,43'$
γ	Vir	$12^h\,40^{min},3$	$-\ 1°\,19'$
α	Vir	$13^h\,23^{min},9$	$-11°\,02'$
α	Boo	$14^h\,14^{min},6$	$+19°\,20'$
ε	Boo	$14^h\,43^{min},9$	$+27°\,11'$
α	CrB	$15^h\,33^{min},7$	$+26°\,48'$
α	Sco	$16^h\,27^{min},8$	$-26°\,22'$
α	Her	$17^h\,13^{min},5$	$+14°\,25'$
α	Lyr	$18^h\,36^{min},1$	$+38°\,45'$
α	Aql	$19^h\,49^{min},5$	$+\ 8°\,48'$
α	Cyg	$20^h\,40^{min},5$	$+45°\,11'$
ε	Peg	$21^h\,42^{min},9$	$+\ 9°\,46'$
α	Aqr	$22^h\,04^{min},5$	$-\ 0°\,27'$
α	Peg	$23^h\,03^{min},5$	$+15°\,04'$

Beobachtung 18

Das eben beschriebene Verfahren ist zwar vergleichsweise genau, erfordert aber viel Geduld. Man kommt schneller zum Ziel, wenn man sich am Sternhimmel die Verbindungslinie vom Pol zum Stern β in der Kassiopeia als Uhrzeiger vorstellt. (Diese Linie haben wir als »Kolurlinie« bereits in Beobachtung 10 kennengelernt.) In der nebenstehenden Abbildung sind die Sternbilder des Nordhimmels mit dem gedachten Uhrzeiger wiedergegeben. Außerdem enthält diese Skizze ein gedachtes Zifferblatt, von dem man sich merken muß, daß es in 24 Stunden entgegen dem üblichen Uhrzeigersinn geteilt ist. Es macht keine Schwierigkeiten, sich nachts diese Uhr am Himmel vorzustellen und mit Hilfe des gedachten Zeigers die Sternzeit abzulesen.



Die Sternzeituhr am Nachthimmel

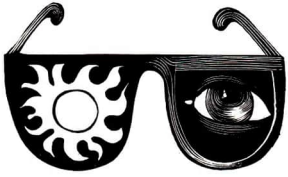
Unsere nächtlichen Beobachtungen lieferten uns allerdings bisher nur die Sternzeit. Wir können daraus aber die mittlere Sonnenzeit erhalten und – wenn wir die geographische Länge unseres Beobachtungsortes berücksichtigen – sogar die MEZ berechnen. Zur Umformung benutzen wir die Rechenscheibe, für die eine Bauanleitung im Anhang enthalten ist. Wir stellen die Sternzeit, die sich aus unserer Beobachtung ergab, im Ablesefenster ein und ermitteln auf der Skala »Mitteleuropäische Zeit« diejenige Zeitangabe, die mit dem Beobachtungsdatum auf dem äußeren Kalenderring zusammenfällt.

Beispiel: In Dresden wird am 30. November die Kulmination des Sterns Rigel (β Orionis) beobachtet. Wie spät ist es in diesem Moment? Rigel hat eine Rektaszension von $5^h\ 13^{min}.3$. Zum Kulminationszeitpunkt ist es also $5^h\ 13^{min}.3$ Sternzeit. Mit der Rechenscheibe erhalten wir – im Rahmen der Einstellgenauigkeit – für die geographische Länge von Dresden $0^h\ 40^{min}$ MEZ.

Sonne und Mond spielen, wie wir gesehen haben, eine bedeutsame Rolle in der Zeit- und Kalenderrechnung. Dabei haben uns aber immer nur die *Bewegungen* dieser beiden Himmelskörper interessiert, ihr *Aussehen* war uns gleichgültig. (Eine Ausnahme bilden die Phasen des Mondes. Aber auch sie hängen von der gegenseitigen Stellung der Sonne und des Mondes relativ zur Erde und damit lediglich von den Bewegungen ab.) Im Grunde haben wir ja nur die Positionen der Mittelpunkte von Sonne und Mond betrachtet, und dazu war nicht einmal ein Fernrohr nötig. In den folgenden Abschnitten wenden wir uns der physischen Beobachtung der Sonne und des Mondes zu, d. h. der Beobachtung ihrer Oberfläche, ihrer Strahlung, ihres Anblickes im Fernrohr.

Sonnenbeobachtung

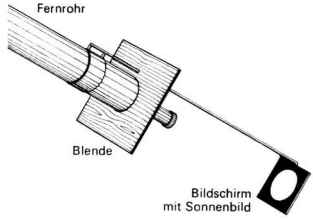
* *



Äußerste Vorsicht!

Am Beginn des Kapitels über die Sonnenbeobachtung steht eine sehr ernste Warnung. Wer ohne besondere Schutzmaßnahmen durch ein Fernrohr – und sei es nur ein ganz kleines – nach der Sonne blickt, schädigt seine Gesundheit! Der Verlust eines oder sogar beider Augen kann die Folge sein! Deshalb:
Niemals mit einem Fernrohr direkt in die Sonne blicken! Verwandte und Freunde warnen!
Auch der Blick in ein Fernrohr ohne Okular ist gefährlich. Das Objektiv wirkt bekanntlich als Sammellinse, und gerade in der leeren Okularöffnung befindet sich der Brennpunkt. Schon mit einem kleinen Fernrohr von 50 mm Öffnung läßt sich bei heller Sommersonne dort Papier entflammen.
Aber wir können die Sonnenoberfläche mit dem Fernrohr beobachten, wenn wir unsere Augen vor dem Übermaß an Strahlung schützen. Dafür gibt es zwei Möglichkeiten:
1. Die Projektionsmethode. Dabei wird das Sonnenlicht durch Objektiv und Okular auf einen Bildschirm geleitet, auf dem wir durch Verstellen des Okularauszugs ein scharfes Bild der Sonnenoberfläche erhalten. Wie ein solcher Bildschirm am Fernrohr aussehen kann, zeigt die Skizze. (Die auf den Okularauszug aufgesteckte Blende soll das direkte Sonnenlicht vom Bildschirm abhalten. Das Bild der Sonnenoberfläche auf dem Schirm erscheint dann kontrastreicher.)
2. Die Verwendung von Filtern. Die optische Industrie fertigt spezielle Sonnengläser (Dämpfgläser, Filter), die man auf das Okular oder auch auf das Objektiv aufsteckt. Vor der Selbstherstellung solcher Gläser muß gewarnt werden, da sie unter Umständen den am Okular auftretenden hohen Temperaturen nicht standhalten. Wenn sie nicht genau planparallel geschliffen sind, können sie auch die Schärfe des Sonnenbildes beeinträchtigen. Wer Okularfilter verwendet, sollte außerdem die Objektivöffnung seines Fernrohrs auf 20 oder 30 mm Durchmesser abblenden. Damit wird die Wärmeentwicklung am Okular und im Tubus in erträglichen Grenzen gehalten, ohne daß die Abbildung der Sonne darunter leidet.
Eine Sonnenbeobachtung, ganz gleich, nach welcher Methode, sollte von Zeit zu Zeit unterbrochen werden, damit sich die Okulare abkühlen können. Zu heiß gewordene Linsen und Dämpfgläser können springen. Wenn nicht beobachtet wird, sollte auch das Fernrohr beiseitegedreht werden.

Sonnenprojektionsschirm am Fernrohr



Sonnenflecken

Beobachtung 19

Wir stellen das Fernrohr auf die Sonne ein, aber nicht, indem wir hindurchblicken und die Sonne suchen, sondern indem wir den Schatten des Rohres beobachten. Wenn er genau kreisrund ist, steht die Sonne im Gesichtsfeld des Fernrohrs. Das Scharfeinstellen geschieht am Okularauszug; bei Anwendung der Projektionsmethode muß er weiter herausgezogen werden als bei direkter Beobachtung durch das Fernrohr.

Nur selten ist die Sonne völlig fleckenlos. In der Regel fallen auf dem hellen Untergrund der Sonnen»oberfläche« sofort die in unregelmäßigen Gruppen angeordneten Sonnenflecken auf. Bei genauer Betrachtung zeigen sie eine deutliche Unterteilung in den tiefdunklen Kern (die Umbra) und den grau erscheinenden Hof (die Penumbra), der den Kern umgibt.

Beobachtung 20

Wir zählen über einen längeren Zeitraum täglich – soweit es das Wetter zuläßt – die auf der Sonne sichtbaren Gruppen der Sonnenflecken und die darin erkennbaren einzelnen Flecken. Daraus errechnen wir jeweils die Sonnenflecken-Relativzahl für den betreffenden Tag nach der Formel

$R = 10 \cdot g + f$

(g = Anzahl der Gruppen, f = Gesamtzahl der Flecken. Ein einzeln stehender Fleck rechnet als eine Gruppe mit einem Fleck.) Die Relativzahl ist ein Maß für die Fleckenhäufigkeit. Die Größe der Flecken spielt dabei keine Rolle.

Beispiel: Beobachtet werden 32 Flecken, die sich auf vier Gruppen verteilen, sowie zwei einzelne, keiner Gruppe zuzuordnende Flecken.

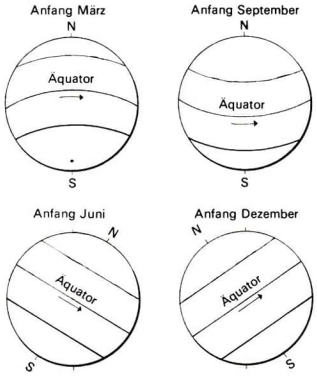
Daraus folgt: $g = 6$; $f = 34$; $R = 10 \cdot 6 + 34 = 94$

Die Häufigkeit der Sonnenflecken schwankt von Tag zu Tag und – stärker ausgeprägt – in einem rund elfjährigen Rhythmus. Zeiten großer Sonnenaktivität, in denen der Bereich beiderseits des Sonnenäquators reichlich mit Flecken besetzt ist, wechseln mit Zeiten ausgesprochen dürftiger Fleckenerscheinungen. Bei einem solchen »Sonnenfleckenminimum« kann es auch vorkommen, daß die Sonne ganz und gar fleckenlos erscheint. Sonnenfleckenmaxima wurden z. B. in den Jahren 1957 und 1968/69 beobachtet, Minima in den Jahren 1954 und 1964.

Die Sonne rotiert, wie die Erde, um ihre Achse. Dadurch hat es für uns den Anschein, als ob die Flecken über die Sonnen»scheibe« hinwegziehen, und zwar vom östlichen zum westlichen Sonnenrand. Die gesamte Strecke, also eine halbe Rotation der Sonne, legt ein Fleck in rund 13 Tagen zurück. Wir erhalten demnach als Rotationsdauer der Sonne 26 Tage. Das ist allerdings nur bedingt richtig; genaue Messungen zeigen, daß die Sonne nicht wie eine starre Kugel rotiert. An den Polen dauert eine Umdrehung 30 bis 31 Tage, die äquatornahen Gebiete benötigen nur 25 Tage.

Beobachtung 21

Die Sonne wird – nach der Projektionsmethode – beobachtet. Auf dem Projektionsschirm befestigen wir einen Bogen Zeichenpapier, auf dem ein Kreis mit 55 mm Radius markiert ist. Durch geeignete Wahl des Abstandes zwischen Okular und Projektionsschirm erreichen wir, daß das Sonnenbild nach der Scharfeinstellung diesen Kreis genau ausfüllt. Die Lage der Sonnenflecken wird auf dem Zeichenbogen mit spitzem Bleistift angegeben (Umrisse der Flecken bzw. Gruppen eintragen!). Nach jeweils 2 bis 4 Tagen wiederholen wir diese Beobachtung; nach zwei Wochen wird die Beobachtungsreihe abgebrochen.



Anblick der Sonne zu verschiedenen Jahreszeiten

Der Vergleich unserer verschiedenen Eintragungen lehrt, daß die von der Sonnenrotation bewirkte Bewegung der Sonnenflecken auf parallelen Bahnen erfolgt. Offenbar sind diese Bahnen auch dem Sonnenäquator parallel, den wir auf diese Weise nachträglich einzeichnen können. Wir sehen ihn, da die Achse der Sonne gegen die Erdbahnebene geneigt ist, zu verschiedenen Jahreszeiten in verschiedenen Stellungen. Es ist übrigens recht einfach, an dem Sonnenbild auf dem Projektionsschirm die richtigen Himmelsrichtungen zu erkennen. Aus dem Gesichtsfeld eines stehenden, der scheinbaren täglichen Bewegung nicht nachgeführten Fernrohrs läuft die Sonne in Ost-West-Richtung heraus. Der zuletzt noch sichtbare Sonnenrand ist der östliche. Neigen wir das Fernrohr so, daß sein Objektiv in Richtung zum Südpunkt des Horizonts bewegt wird, so verschwindet als letztes der südliche Sonnenrand aus dem Gesichtsfeld.

Unsere Zeichnungen zeigen auch, daß sich im Beobachtungszeitraum die Gestalt der Flecken geändert hat. Einige sind kleiner geworden oder ganz verschwunden, andere haben sich vergrößert, zum Teil sind auch neue Flecken entstanden. Sonnenflecken sind Gebilde, deren Temperatur über 1000 Grad niedriger liegt als die ihrer Umgebung; sie treten immer zusammen mit starken Magnetfeldern auf, die dort die Sonnen»oberfläche« durchstoßen. Die Ausmaße der Sonnenflecken lassen sich an unserem Projektionsbild feststellen. Bei 55 mm Sonnenbildradius beträgt der Durchmesser der Erde im gleichen Maßstab genau einen Millimeter! Ein Stecknadelkopf stellt also ein Erdmodell dar. Viele Sonnenflecken sind, wie wir selbst sehen können, weit größer als die Erde! In Ausnahmefällen – aber das kommt meist nur in Zeiten sehr starker Sonnenfleckentätigkeit vor – kann man extrem große Flecken sogar mit dem bloßen Auge sehen.

Beobachtung 22
Die auf- oder untergehende Sonne wird durch ein starkes Dämpfglas, aber ohne Fernrohr, anvisiert. Wenn sehr große Flecken bzw. Fleckengruppen auftreten, lassen sie sich bereits auf diese Weise beobachten.

Als Dämpfgläser für solche Beobachtungen eignen sich sehr gut die belichteten und entwickelten schwarzen Enden von Kleinbildfilmen. Wir schneiden sie so zu, daß wir sie zwischen zwei Dia-Gläsern oder in einem Dia-Rähmchen unterbringen können. Solche Sonnenfilter kosten nur Pfennige. Steht die Sonne dem Horizont sehr nahe und ist sie nicht durch Wolken verdeckt, dann kann der lichtschwächende Einfluß der Erdatmosphäre ihre Strahlung so stark dämpfen, daß wir sie als tiefrote Scheibe auch ohne Dämpfglas zu beobachten ver-

mögen. Auf diese Weise lassen sich in seltenen Fällen Sonnenflecken ganz ohne Hilfsmittel erkennen.
Eine weitere Möglichkeit, Sonnenflecken ohne Fernrohr zu beobachten, besteht in der Verwendung einer Lochkamera.

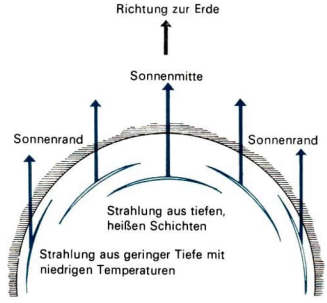
Beobachtung 23
Eine Papptafel oder Sperrholzplatte wird mit einem exakt kreisrunden Loch von 2 bis 3 Millimetern Durchmesser versehen. Wir lassen das Sonnenlicht durch die Öffnung auf einen weißen Bildschirm fallen und erhalten dort ein Sonnenbild, dessen Durchmesser und dessen Schärfe vom Abstand zwischen Loch und Bildschirm abhängt. Wenn wir diese Beobachtung in einem weitgehend verdunkelten Zimmer ausführen (Lochtafel ans Fenster hängen!), können wir mehrere Meter Abstand wählen.

Auf ihrem Bildschirm sind die größeren Fleckengruppen deutlich zu sehen. Übrigens wird durch das schnelle Weglaufen des Sonnenbildes auf dem Bildschirm auch die Wirkung der Erdrotation deutlich erkennbar.

Randverdunkelung und Fackeln

Besonders bei Anwendung der Projektionsmethode fällt auf, daß die Randzone des Sonnenbildes weniger hell ist als die Mitte. Ganz allmählich nimmt von innen nach außen die Helligkeit ab.
Die Ursache für diese Erscheinung ist, daß wir in der Mitte des Sonnenbildes in tiefere, heißere und deshalb intensiver strahlende Schichten der Sonne hineinsehen können als am Rande (siehe Abb.). Das wirft die Frage auf, ob die Sonne eine wirkliche Oberfläche besitzt. Bisher haben wir dieses Wort in Anführungszeichen gesetzt, denn bei einer Gaskugel ist die Existenz einer scharf begrenzten Oberfläche schwer vorstellbar. Aber bei allen Sonnenbeobachtungen stellen wir eine scharfe Abgrenzung gegen den Himmelshintergrund fest. (Jedoch befindet sich der Sonnenrand ständig in Bewegung. Er sieht wie die Oberfläche einer heftig kochenden Flüssigkeit aus. Diese Bewegung wird durch die Luftbewegungen in der Erdatmosphäre bewirkt.)
Daß der Sonnenrand auch bei noch so starker Vergrößerung scharf abgebildet wird, läßt auf das Vorhandensein einer exakt begrenzten Oberfläche schließen. In der Tat weist jedoch die Gaskugel Sonne einen nach außen stetig verlaufenden Übergang der Dichte vom Sonneninneren zur normalerweise auch im Fernrohr nicht sichtbaren Sonnenatmosphäre auf. Diese Übergangsschicht, aus der der größte Teil des Sonnenlichtes direkt zu uns gelangen kann, wird Photosphäre genannt. Sie ist die unterste (innerste) Schicht der Sonnenatmosphäre. Da die Massenanziehung der Sonne sehr groß ist, hat die Photosphäre nur eine Dicke von rund 500 km. Diese Ausdehnung liegt aber unter der Auflösungsgrenze der irdischen Teleskope. Im Vergleich zum Sonnendurchmesser ist die Dicke der Photo-

Die Entstehung der Randverdunkelung



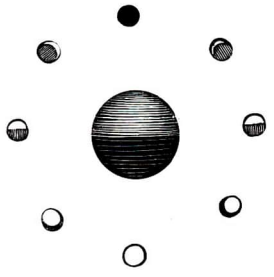
sphäre verschwindend gering, und deshalb sehen wir den Sonnenrand ohne Übergang scharf. Wir sollten also korrekterweise überall statt »Oberfläche der Sonne« den Begriff »Photosphäre der Sonne« verwenden.
In höheren Schichten der Sonnenatmosphäre treten auch Gebiete erhöhter Temperatur auf. Sie erscheinen im Kontrast zur schwächer leuchtenden Photosphäre als helle Adern auf der Sonnen»scheibe« und werden *Sonnenfackeln* genannt.

Beobachtung 24
Wir beobachten die Sonne – am besten wieder mit der Projektionsmethode – und konzentrieren uns auf die Randgebiete. Seitlich einfallendes Fremdlicht sollte so weit wie möglich vom Bildschirm ferngehalten werden. In der Nähe des Sonnenrandes, vor allem in der Umgebung von Sonnenflecken, finden wir die meisten Fackelgebiete; sie kommen jedoch auch allein vor.

Sonnenfackeln gehören wie Sonnenflecken zu den Erscheinungen der Sonnenaktivität. In Jahren mit geringer Fleckentätigkeit ist auch die Häufigkeit der Fackeln sehr gering.

Mondbeobachtung

* *



Was für einen Mond haben wir heute?

Noch vor 100 Jahren spielte der Mond im Leben der Menschen eine recht bedeutende Rolle. Man fragte zwar nicht mehr nach ihm, wenn man zum Zahnarzt mußte – aber der Glaube an seinen Einfluß z. B. auf das Wetter war noch weit verbreitet. Noch heute finden wir viele Menschen, die davon überzeugt sind, daß sich »bei Mondwechsel« das Wetter ändert. Hier hat sich Aberglaube bis in unsere Zeit erhalten! Langjährige genaue Wetterbeobachtungen haben längst den Beweis erbracht, daß zwischen den Lichtgestalten, den »Phasen« des Mondes und dem Wettergeschehen kein Zusammenhang besteht.

Trotzdem interessiert uns natürlich, »was für einen Mond« wir heute haben. Die Mondphasen hängen nämlich eng mit der Sichtbarkeit unseres natürlichen Satelliten zusammen. Wer genau aufpaßte, bemerkte schon bei der Beobachtung 13 außer der Ortsveränderung auch eine Änderung der Lichtgestalt des Mondes.

Daraus folgt, daß am Abendhimmel stets nur der *zunehmende*, am Morgenhimmel der *abnehmende* Mond zu sehen ist.

Kurz vor oder nach Neumond, wenn die Mondsichel relativ schmal ist, kann man häufig auch den unbeleuchteten Teil des Mondes sehen und mit lichtstarken Instrumenten dort sogar einige Maregebiete und Ringgebirge erkennen. Dieses sogenannte »aschgraue Mondlicht« rührt von der Erde her, die um die Neumondzeit dem Mond ihre voll beleuchtete Seite zuwendet und das Sonnenlicht wie ein Spiegel zum Mond reflektiert. Dadurch wird der im Schatten liegende Teil der Mondoberfläche schwach erhellt. Durch eine optische Täuschung scheint die beleuchtete Sichel fast immer größer zu sein als der im aschgrauen Licht sichtbare Teil des Mondes.

Die vier Hauptphasen des Mondes finden sich in nahezu jedem Taschenkalender.

Beobachtung 25

Wir verfolgen vom vierten Tage nach Neumond an das Aussehen des Mondes und notieren auch die Himmelsrichtung, in der er zu einer bestimmten Zeit zu finden ist. Dabei stellen wir fest:

7 Tage nach Neumond:
Erstes Viertel (»Halbmond«, zunehmend). Der Mond steht bei Sonnenuntergang im Süden.

14 Tage nach Neumond:
Vollmond. Der Mond geht bei Sonnenuntergang gerade im Osten auf und steht um Mitternacht im Süden.

22 Tage nach Neumond:
Letztes Viertel (»Halbmond,« abnehmend). Der Mond geht um Mitternacht auf und steht bei Sonnenaufgang im Süden.

29 Tage nach Neumond:
Der Mond ist unsichtbar (Neumond) – er geht mit der Sonne früh auf und abends unter.

Schatten muß sein

Wer Einzelheiten auf dem Mond mit dem Fernrohr beobachten will, darf sich natürlich nicht die Zeit des Neumondes dazu aussuchen. Aber er sollte auch vermeiden, sein Instrument auf den Vollmond zu richten. Nicht etwa, weil der Vollmond so hell wäre, daß – siehe Sonnenbeobachtungen – die Augen Schaden erleiden könnten. (Wem der Mond im Fernrohr zu hell erscheint, der kann durch ein schwaches Dämpfglas Abhilfe schaffen. Solche Neutralfilter für Mondbeobachtungen gibt es zu kaufen; notfalls genügt ein Sonnenbrillenglas.) Die Warnung vor dem Vollmond hat vielmehr ihren Grund darin, daß man auf ihm keine Einzelheiten erkennen kann! Unbefangene Beobachter halten den Vollmond für ein besonders dankbares Objekt, weil man die gesamte der Erde zugewandte Hälfte der Mondoberfläche gleichzeitig sehen kann. Sie vergessen aber, daß Einzelheiten um so plastischer hervortreten, je markanter ihr Schattenwurf ist. Das Foto auf Seite 37 zeigt einen Ausschnitt der Mondoberfläche bei zunehmendem Mond; das Foto auf Seite 38 einen Oberflächenausschnitt, aber bei Vollmond aufgenommen.

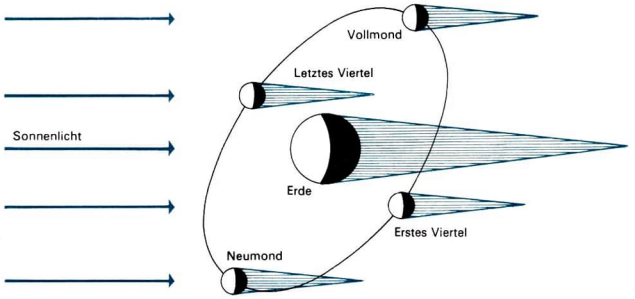
Wie kommt dieser auffällige Unterschied zustande? Erinnern wir uns, wie die Mondphasen entstehen! Die unterschiedliche Stellung des Mondes relativ zu Erde und Sonne ist ihre Ursache. Blicken wir von der Erde zum Vollmond, dann haben wir die Sonne im Rücken und können keinen Schatten auf der Mondoberfläche wahrnehmen. In jeder anderen Stellung dagegen – Neumond selbstverständlich ausgenommen – sehen wir auf der »Mondscheibe« eine Schattengrenze, auch *Terminator* genannt. Sie markiert diejenigen Gebiete auf der Mondoberfläche, für die gerade die Sonne auf- oder untergeht, und das ist gleichbedeutend damit, daß dort alle Unebenheiten der Mondoberfläche lange Schatten werfen. Ohne Schatten geht es nicht; je länger sie sind, desto plastischer ist das Bild.

Die Mondoberfläche

Um Einzelheiten auf der Mondoberfläche zu beobachten, genügt das bloße Auge. Allerdings können wir so nur die großen, grauen Flecken sehen, die phantasiebegabte Zeichner in ein »Mondgesicht«, den »Mann im Mond« oder gar das »Mondkalb« umdeuten. Immerhin ist das mehr, als uns jeder andere Himmelskörper ohne Fernrohr an Einzelheiten zeigt. Wir wissen, daß die geringe Entfernung des Mondes von der Erde die Ursache der guten Beobachtbarkeit ist; sie beträgt in Erdnähe 356000 km, in Erdferne 407000 km. Die kleinsten mit dem unbewaffneten Auge sichtbaren Formationen auf der Mondoberfläche haben Durchmesser um 300 km. Natürlich läßt ein Fernrohr, auch mit bescheidenster optischer Leistung, noch wesentlich kleinere Gebilde erkennen. Mit 5 cm Objektivöffnung können wir z. B. noch Mondkrater von 5 km Durchmesser sehen, wenn ihre Ringwälle schöne, lange Schatten werfen.

Auf der Mondoberfläche lassen sich bei Beobachtungen von der Erde aus verschiedene Gruppen von Objekten unterscheiden:

Maregebiete. Hierbei handelt es sich um große, fast ebene oder nur mit wenigen anderen Formationen durchsetzte Flächen, möglicherweise ehemalige Lava-Überflutungsgebiete. Die Maregebiete erscheinen dunkel gefärbt; sie bilden die schon erwähnten, mit dem bloßen Auge sichtbaren Flecken. In früherer Zeit glaubte man, sie seien Mondmeere (lateinisch *mare:* das Meer). Aus diesem Grunde gab man ihnen auch phantasievolle lateinische Namen. Obwohl wir längst wissen, daß es auf dem Mond kein Wasser und somit auch kein



Die Entstehung der Mondphasen

Meer gibt, benutzen wir diese Namen noch heute zur Orientierung.
Interessant ist, daß auf der erdabgewandten Seite des Mondes die Maregebiete weniger Raum einnehmen als auf der »Vorderseite«. Mondsonden und künstliche Mondsatelliten haben seit 1959 die erdabgewandte Seite des Mondes lückenlos photographiert.
Ringgebirge und Krater sind die häufigsten Gebilde auf dem Mond. Wer zum ersten Male die Mondoberfläche durch ein Fernrohr betrachtet, ist von ihrer Vielzahl und Vielgestaltigkeit überrascht. Viele Ringgebirge besitzen einen Zentralberg, der – wenn in Terminatornähe beobachtet wird – gleich den Gebirgswänden einen deutlichen Schatten wirft. Oftmals ist es möglich, mit stärkerer Vergrößerung die Gestalt des Schattens auszumachen und daraus Rückschlüsse auf die Form des Berges zu ziehen. Die Ringgebirge und Krater sind nach berühmten Persönlichkeiten in der Geschichte der Wissenschaften benannt worden. Unsere Mondkarte im Anhang enthält nur die größeren Objekte, die mit bescheidenen optischen Hilfsmitteln zu beobachten sind. Immerhin handelt es sich um geschlossene Gebirgswälle, in denen eine Großstadt gut unterzubringen ist (Skizze auf S. 86); die größeren Ringgebirge (auch Wallebenen genannt) erreichen Durchmesser von mehr als 200 km.

Tabelle 5

Maregebiete auf dem Mond

lateinisch	deutsch
Mare Crisium	Meer der Gefahren
Mare Foecunditatis	Meer der Fruchtbarkeit
Mare Frigoris	Meer der Kälte
Mare Humorum	Meer der Feuchtigkeit
Mare Imbrium	Regenmeer
Mare Nectaris	Nektarmeer
Mare Nubium	Wolkenmeer
Mare Serenitatis	Meer der Heiterkeit
Mare Tranquillitatis	Meer der Ruhe
Mare Vaporum	Meer der Dämpfe
Oceanus Procellarum	Ozean der Stürme
Sinus Iridum	Regenbogenbucht
Sinus Medii	Mittlere Bucht

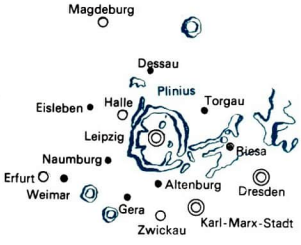
Kettengebirge zeigen eine Struktur, die derjenigen der irdischen Gebirgszüge ähnelt. Sie wurden daher mit den Namen irdischer Gebirge belegt. Die meisten von ihnen sind

Tabelle 6

Bedeutende Ringgebirge auf dem Mond

Name	Durchmesser in km	Wallhöhe in m	Bemerkungen
1. Nordwestquadrant			
Aristillus	60	4000	
Aristoteles	100	7500	zentrale Hügelgruppe
Cleomedes	125	4000	
Endymion	125	4500	sehr dunkler Boden
Eudoxus	65	3700	
Posidonius	100	1800	
Proclus	30	2700	Zentrum eines großen Strahlensystems
2. Nordostquadrant			
Archimedes	80	1400	
Aristarch	25	1700	Zentralberg ist hellster Punkt der Mondoberfläche
Eratosthenes	60	3000	hoher, zerklüfteter Zentralberg; Terrassenwände
Kepler	35	3300	Zentrum eines Strahlensystems
Kopernikus	90	3300	Zentrum eines Strahlensystems
Plato	100	1400	sehr dunkler Boden
3. Südwestquadrant			
Albategnius	130	5000	
Catharina	110		
Cyrillus	100		Nordwall durch Theophilus überlagert
Fracastor	100		Südwall sehr hoch, Nordwall nur noch andeutungsweise vorhanden
Hipparch	135	1400	Wälle stark beschädigt
Langrenus	135	3000	hoher Zentralberg

Wie groß sind die Mondkrater?



schon in kleineren Fernrohren recht eindrucksvoll, da sie in Terminatornähe lange Schatten werfen. Daraus kann auf ihre Höhe über dem Niveau der angrenzenden Maregebiete geschlossen werden; die Mondapenninen z. B. weisen Berghöhen bis zu 6000 m gegenüber den benachbarten Ebenen auf.

Kleinere Krater, Rillen und Verwerfungen erfordern zur Beobachtung im allgemeinen größere Fernrohre (8 bis 10 cm Objektivöffnung). Die *Strahlensysteme* jedoch sind auch in kleinen Instrumenten sichtbar. Sie bestehen aus langen, hellen Streifen, die,

Name	Durchmesser in km	Wallhöhe in m	Bemerkungen
Petavius	160	3700	Gruppe hoher Zentralberge
Piccolomini	90	5000	
Theophilus	100	6000	
Vendelinus	160		Wälle stark zerstört
4. Südostquadrant			
Alphonsus	115	2500	im Jahre 1958 Gasausbruch beobachtet
Arzachel	100	4300	Zentralberg 1700 m hoch
Clavius	240	5700	eine der größten Wallebenen. Wälle vielfach durch Krater unterbrochen
Fra Mauro	80		Wälle zusammengebrochen, hängen nicht mehr zusammen
Gassendi	90	3000	Wälle z. T. zusammengebrochen
Grimaldi	200		flache, z. T. durchbrochene Wälle. Der Boden dieser Wallebene ist der dunkelste Fleck auf dem Mond
Maginus	170	4800	
Pitatus	80		Wall an der Seite zum Mare Nubium zerstört; Boden von Lava überschwemmt
Ptolemäus	150		eingefallene Wälle
Purbach	120	2700	
Regiomontanus	120		flache zentrale Erhebung
Schickard	215	3000	
Tycho	85	5000	Ausgangspunkt des bedeutendsten Strahlensystems auf dem Mond

von einem Ringgebirge nach verschiedenen Richtungen ausgehend, bis zu einem Fünftel des Mondumfangs lang sein können. Dabei überziehen sie andere Oberflächengebilde, ohne daß ihre Breite oder ihre Richtung nennenswert beeinflußt würden. Man nimmt an, daß sie aus dem Material bestehen, das bei der Entstehung ihrer Ausgangskrater aus der Mondkruste herausgeschleudert wurde. Die Strahlensysteme sind, im Gegensatz zu allen anderen Gebilden auf der Mondoberfläche, am besten bei Vollmond zu sehen. Die größten und hellsten haben ihre Ausgangspunkte in den Ringgebirgen Kopernikus, Kepler und Tycho; das System des Tycho verleiht dem Vollmond vor allem bei der Beobachtung mit kleinen Fernrohren das Aussehen einer geschälten Apfelsine.

Die Tatsache, daß wir bei allen diesen Beobachtungen Gebirge und Schatten gestochen scharf, ohne jeden Schleier, wahrnehmen können, ist ein wichtiger Hinweis auf das völlige Fehlen einer Mondatmosphäre. Mit modernen Methoden ist bestätigt worden, daß der Mond keine Gashülle besitzt, die wir auch nur annähernd mit unserer Erdatmosphäre vergleichen könnten. Daher ist

die Mondoberfläche schutzlos der kosmischen Strahlung, der Sonnenstrahlung und den Meteoriten ausgesetzt. Sicher ist der staubartige Oberflächenbelag, der durch automatische Sonden und beim Aufenthalt von Astronauten auf dem Monde gefunden wurde, zu einem großen Teil als Folge dieser Einwirkungen entstanden.

Wann sehe ich ein bestimmtes Objekt?

Beobachtung 26
Wir beobachten den Mond mehrmals im Laufe eines Monats mit dem Fernrohr und vergleichen jeweils den Anblick mit unserer Mondkarte. Dabei stellen wir fest, daß im wesentlichen die gleichen Oberflächenformationen stets am gleichen Ort auf der »Mondscheibe« auftreten. (Von der unterschiedlichen Lage der Lichtgrenze ist natürlich abzusehen.)

Der Mond wendet uns immer die gleiche Seite zu. Das scheint auf den ersten Blick ein Beweis dafür zu sein, daß er nicht – wie die Erde – rotiert. Wir dürfen aber nicht vergessen, daß der Mond in einem Monat die Erde umläuft und daß er sich deshalb, soll ein Beobachter auf der Erde ihn stets von der gleichen Seite sehen, in dieser Zeit einmal um seine Achse drehen muß. Eine derartige Bewegungsart heißt »gebundene Rotation«.

Wenn uns ein bestimmtes Objekt auf der Mondoberfläche interessiert, so wollen wir natürlich auch wissen, wann es in der Nähe des Terminators, also in der für eine Beobachtung günstigsten Beleuchtung, steht. Aus diesem Grunde enthält die Mondkarte im Anhang ein Gradnetz, an dem uns besonders die selenographische Länge (griechisch *selene:* der Mond) interessiert. Sie wird vom Mittelpunkt der scheinbaren Mondscheibe nach Westen positiv und nach Osten negativ jeweils von 0° bis 90° gezählt; es ist einfach, aus der Karte die selenographische Länge des betreffenden Objekts zu entnehmen. Wenn wir vereinfachend annehmen, daß der Terminator etwa den Längenkreisen auf dem Monde folgt, so gibt uns Tabelle 7 den Zusammenhang zwischen Mondalter und Lichtgrenze an. Wir entnehmen daraus, am wievielten Tage nach Neumond unser Objekt gerade auf der Lichtgrenze liegt. An diesem oder spätestens am folgenden Tage befindet es sich in seiner günstigsten Position.

Beim Auswerten der Beobachtung 27 stellen wir fest, daß sich vom einen zum anderen Tag das Aussehen der betreffenden Region entscheidend verändert hat. Der Terminator verläuft weit entfernt, die Schattenverhältnisse sind gänzlich neu, und manche kleinere Formation ist gar nicht mehr sichtbar. Das läßt die Vermutung aufkommen, daß sich auch schon im Verlaufe eines Abends die Beleuchtung der einzelnen Objekte verändern muß. Und wirklich – wer sich einmal zwischen Erstem Viertel und Vollmond eine halbe Nacht lang mit diesem Problem am Fernrohr beschäftigt, wird feststellen, daß sich der Anblick der Mondoberfläche tatsächlich stündlich ändert. Man muß aber solche Beobachtungen stets an der Schattengrenze machen. Oftmals findet man dort in dem Bereich, in dem noch die Mondnacht herrscht, feine, nadelstichartige Lichtpunkte. Das sind die Gipfel von Bergen, die eben von den ersten Strahlen der aufgehenden Sonne getroffen werden. Erst nach und nach tauchen die Massive auf, und schließlich fällt das Sonnenlicht auf die Ebene.

Welche Vergrößerung soll man zur Mondbeobachtung wählen? Wer die Auswahl hat, wird zur stärksten Vergrößerung greifen wollen, die sein Instrument hergibt. Man sollte indes immer bedenken, daß die Luft-

Beobachtung 27

Wir beobachten bei zunehmendem Mond an zwei oder drei aufeinanderfolgenden Tagen ein kleines Gebiet der Mondoberfläche, das am ersten Tage gerade am Terminator und etwa in dessen Mitte liegt. Dabei versuchen wir jedesmal, die Strukturen zeichnerisch festzuhalten. Es ist ratsam, mit einem weichen Bleistift zu arbeiten und dabei folgende Reihenfolge einzuhalten:

1. Verlauf des Terminators mit allen Ausbuchtungen, mit dunklen und hellen Stellen;

2. Lage der größeren Ringgebirge;

3. Lage der kleineren Formationen;

4. Feinheiten des Schattenwurfs an jeder einzelnen Formation.

(Man kann das Untersuchungsgebiet gar nicht klein genug machen, wenn man alles zeichnen soll, was man sieht!)

unruhe bei unangemessen starker Vergrößerung zum Verschwimmen der Einzelheiten führt. Wir beginnen deshalb stets mit der schwächsten Vergrößerung und steigern schrittweise. Unscharf dürfen die Formationen nicht werden – sonst geht die Freude an der größeren Abbildung verloren. Übrigens ist die Luftunruhe durchaus nicht an allen Tagen gleich stark!

Jahrzehntelang galt der Mond bei den Astronomen und den Freunden der Sternkunde als weitgehend erforscht und daher uninteressant. Das hat sich seit den ersten Flügen unbemannter und bemannter Sonden zu unserem kosmischen Nachbarn gründlich geändert. Aber nicht nur der Naherkundung, sondern auch der Beobachtung von der Erde aus wird heute wieder in zunehmendem Maße Aufmerksamkeit geschenkt.

Tabelle 7

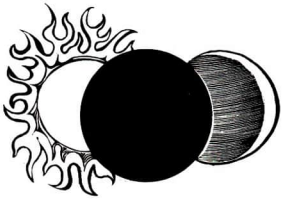
Mondalter und Lage des Terminators

Wir gehen hier davon aus, daß die Schattengrenze immer genau den Längenkreisen auf dem Monde folgt. Dies ist aber nur in erster Näherung richtig; deshalb und wegen der Librationsbewegung des Mondes sind Abweichungen von den hier gegebenen Werten möglich.

Tage nach Neumond	selenographische Länge des Terminators
0d	±90°
1d	+78°
2d	+66°
3d	+54°
4d	+42°
5d	+30°
6d	+19°
7d	+ 7°
8d	− 5°
9d	−16°
10d	−28°
11d	−40°
12d	−51°
13d	−63°
14d	−75°
15d	−86°
16d	+82°
17d	+69°
18d	+56°
19d	+44°
20d	+30°
21d	+17°
22d	+ 5°
23d	− 8°
24d	−21°
25d	−34°
26d	−46°
27d	−59°
28d	−72°
29d	−85°

Finsternisse

* *



Wenn der Mond auf seiner monatlichen Bahn genau in die Verbindungslinie Erde-Sonne gerät, so zieht die Spitze seines Schattenkegels über die Erdoberfläche hinweg und erzeugt eine Sonnenfinsternis. Läuft der Mond hingegen durch den Erdschatten hindurch, so beobachten wir eine Mondfinsternis. Diese Fakten sind allgemein bekannt. Man sollte nun annehmen, daß mit jedem Neumond eine Sonnen- und mit jedem Vollmond eine Mondfinsternis verbunden ist. Daß das nicht zutrifft, weiß jedes Kind. Warum sind Finsternisse so selten? Die Bahnebene des Mondes ist gegen die der Erde um reichlich 5° geneigt. Normalerweise steht daher der Neumond nicht *vor*, sondern *über* oder *unter* der Sonne. (Natürlich können wir ihn dort nicht stehen sehen, aber seine Position läßt sich genau berechnen!) Mit dem Vollmond ist es ebenso, er steht meist *über* oder *unter* dem Erdschattenkegel. Nur dann, wenn der Mond zur Neumondzeit gerade einen Punkt seiner Bahn passiert, in dem er die Erdbahnebene durchstößt, steht er – von uns aus gesehen – *vor* der Sonne. Und nur, wenn er bei Vollmond in unmittelbarer Nähe der Erdbahnebene steht, ergibt sich eine Mondfinsternis.

Diese besonderen Stellungen kommen nicht häufig vor, und wenn sie eintreten, so ist die Sichtbarkeit der damit entstehenden Finsternisse noch nicht gesichert. Bei Sonnenfinsternissen ist die Kernschattenzone auf der Erdoberfläche nur etwa 300 km breit, und auch die Halbschattenzone umfaßt keinesfalls die ganze der Sonne zugewandte Erdhälfte. Für einen bestimmten Ort auf der Erde tritt daher eine totale Sonnenfinsternis außerordentlich selten ein, und auch partielle Finsternisse (bei denen der Halbschatten des Mondes über den Beobachtungsort hinwegstreicht) sind nicht häufig (Tabelle 8).

Eine Mondfinsternis entsteht, wenn sich der Mond im Erdschatten befindet. Diese Erscheinung kann von allen Bewohnern der Nachthälfte der Erde beobachtet werden, sie ist also nicht nur, wie die Sonnenfinsternis, von einem kleinen Gebiet aus zu sehen. Daher hat ein bestimmter Ort auf der Erde häufiger Mond- als Sonnenfinsternisse (Tabelle 9).

Beobachtung 28

Eine partielle Sonnenfinsternis wird entweder mit dem durch ein Dämpfglas geschützten bloßen Auge oder mit der Projektionsmethode beobachtet. Vor Beginn der Finsternis orientieren wir uns über die Lage des Sonnenbildes relativ zu den Himmelsrichtungen (vgl. Abschnitt »Sonnenbeobachtung«) und markieren diese auf dem Projektionsschirm. Sobald sich der Mondrand als schwarze Einbuchtung am Sonnenrand zeigt, kennzeichnen wir die betreffende Stelle. Anschließend wird in möglichst regelmäßigen Abständen die Lage des Mondrandes skizziert (Beobachtungszeit an die Randlinie schreiben!).

Unserer Skizze können wir die Bahnbewegung des Mondes entnehmen. Ergänzen wir nämlich die Randlinien jeweils zu vollen Kreisen, so geben diese die wechselnden Positionen des Mondes relativ zur Sonne wieder.

Tabelle 8

Sonnenfinsternisse 1970 bis 1980

Die Tabelle enthält nur die in Mitteleuropa beobachtbaren Finsternisse.

Jahr	Monat	Tag	MEZ	[1]
1971	Februar	25	11h	part.
1972	Juli	10	21h	total
1973	Juni	30	13h	total
1973	Dezember	24	16h	ringf.
1974	Dezember	13	17h	part.
1975	Mai	11	8h	part.
1976	April	29	11h	ringf.
1979	Februar	26	18h	total

[1] Art der Finsternis. In Mitteleuropa sind diese Erscheinungen sämtlich als partielle Finsternisse zu beobachten; die nächste hier totale Finsternis findet am 11. 8. 1999 statt.

Tabelle 9

Mondfinsternisse 1970 bis 1990

Die Tabelle enthält nur die in Mitteleuropa beobachtbaren Finsternisse.

Jahr	Monat	Tag	MEZ	[1]
1970	August	17	4h	part.
1971	Februar	10	9h	total
1971	August	6	21h	total
1973	Dezember	10	3h	part.
1974	Juni	4	23h	part.
1974	November	29	16h	total
1975	November	18	23h	total
1976	Mai	13	21h	part.
1977	April	4	5h	part.
1978	März	24	17h	total
1978	September	16	20h	total
1979	März	13	22h	part.
1982	Januar	9	21h	total
1985	Mai	4	21h	total
1985	Oktober	28	19h	total
1986	Oktober	17	20h	total
1987	Oktober	7	5h	part.
1989	Februar	20	17h	total
1989	August	17	4h	total
1990	Februar	9	20h	total

[1] Art der Finsternis

Beobachtung 29

Bei einer Mondfinsternis interessieren uns vor allem die Uhrzeiten, zu denen der Erdschatten bestimmte Oberflächenobjekte auf dem Monde erreicht bzw. am Ende der Finsternis wieder verläßt. Sie sind wegen der diffusen Grenze des Schattens nicht sehr genau anzugeben (eine halbe bis eine Minute). Man hilft sich, indem man eine Skizze der Schattengrenze anfertigt und damit die (gedachte) Linie bezeichnet, an der man die Schattenantrittszeiten gemessen hat.

Wegen der lichtbrechenden Wirkung der Erdatmosphäre ist der Erdschatten dort, wo ihn der Mond bei einer Finsternis durchläuft, nicht völlig dunkel. Er erscheint vielmehr in schwach braunrötlicher Färbung; die Helligkeit richtet sich u. a. danach, ob der Mond den Erdschatten zentral oder nur am Rande durchläuft. Die Unschärfe des Kernschattenrandes und die Färbung hängen von den meteorologischen Bedingungen in denjenigen Gebieten der Erdatmosphäre ab, die das Sonnenlicht in den Kernschattenkegel hineinlenken.

Beobachtung 30

Mit dem bloßen Auge oder mit einem Feldstecher werden bei einer totalen Mondfinsternis viertelstündlich Helligkeit und Färbung des verfinsterten Mondes geschätzt. Wir benutzen dazu die folgende Skala:

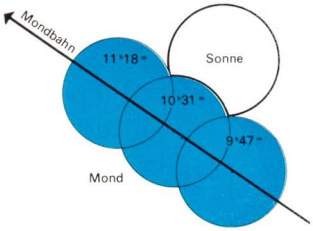
0 ≙ Mond fast oder gänzlich unsichtbar,

1 ≙ dunkelgraue Färbung; im Schattengebiet sind kaum Einzelheiten erkennbar,

2 ≙ dunkelbraune bis rötliche Färbung,

3 ≙ ziegelrote Färbung mit grauem oder gelbem Schattensaum,

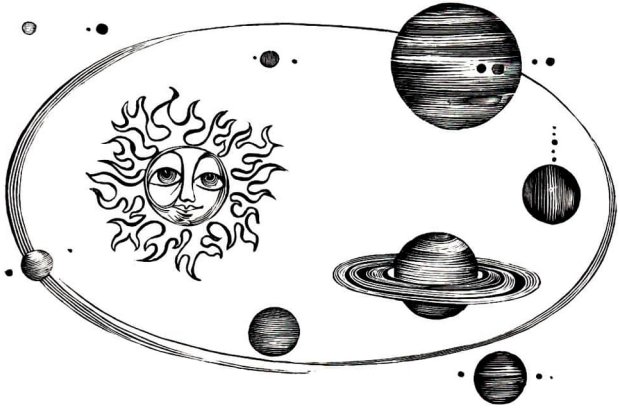
4 ≙ orangerote Färbung, sehr hell.



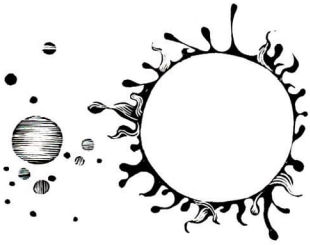
Drei Phasen einer partiellen Sonnenfinsternis

Mondfinsternisse haben für die Forschung auch heute noch einige Bedeutung. Da die Zusammensetzung und der Zustand der Erdatmosphäre eine wichtige Rolle beim Zustandekommen der Färbung des verfinsterten Mondes spielen, nutzt man solche Beobachtungen zur Erforschung der Hochatmosphäre unseres Planeten.

Die Planeten



Sterne und Planeten



Worin besteht der Unterschied?

Planeten und Sterne sind zweierlei! Sie unterscheiden sich sowohl durch ihren physikalischen Zustand als auch durch ihre Erscheinung am Himmel. Es darf wohl als bekannt vorausgesetzt werden, daß wir es bei Planeten mit relativ kleinen, kalten Himmelskörpern zu tun haben, die einen Stern in bestimmten Bahnen umlaufen. Sterne dagegen sind große, heiße, selbstleuchtende Gaskugeln; der uns am nächsten stehende Stern ist die Sonne.

Uns geht es aber noch um eine andere Unterscheidung, nämlich darum, wie wir einem Gestirn an der Himmelskugel ansehen können, ob es ein Stern oder ein Planet ist.

Beobachtung 31

Wir richten das Fernrohr auf das fragliche Objekt und wenden eine mittlere Vergrößerung an. Bei genauer Scharfeinstellung wird ein Planet in der Regel als kleine Scheibe, ein Stern dagegen als Lichtpunkt erscheinen.

Das Ergebnis überrascht, denn im allgemeinen sind Sterne viel größer als Planeten. Wir müssen aber bedenken, daß sie ganz erheblich weiter von uns entfernt sind. Selbst die leistungsfähigsten Fernrohre vermögen einen Stern nur als punktförmige Lichtquelle darzustellen. Abweichungen ergeben sich allerdings bei Planetoiden und bei den beiden sonnenfernsten Planeten. Planetoiden sind sehr kleine Planeten, die in großer Zahl die Sonne umlaufen. Ihre Bahnen liegen zumeist zwischen den Bahnen von Mars und Jupiter. Im Fernrohr sind sie nur als lichtschwache Punkte zu beobachten. Pluto können wir in kleinen Amateurfernrohren gar nicht sehen. Neptun wahrscheinlich auch nur als Punkt.

Beobachtung 32

Die am Himmel sichtbaren Objekte (außer Sonne und Mond) weisen ein mehr oder weniger starkes Flimmern auf. Es ist in Horizontnähe ausgeprägter als in der Umgebung des Zenits. Planeten unterscheiden sich deutlich von den Sternen durch ihr ruhigeres Licht.

Ursache für das Flimmern der Sterne (die »Szintillation«) ist die Luftunruhe in unserer Atmosphäre. Da die Planeten eine merkliche – wenn auch mit dem bloßen Auge nicht sichtbare – Winkelausdehnung besitzen, wird die Luftunruhe für sie nicht so stark wirksam, wie für die praktisch punktförmig erscheinenden Sterne. Das Flimmern setzt sich aus schnellen Änderungen der Richtung und der Helligkeit des in unser Auge eintretenden Lichtes zusammen. In Horizontnähe tritt noch eine Art Prismenwirkung der Luftschlieren dazu, so daß die Sterne in schnell wechselnden Farben erscheinen.

Eine eindeutige Entscheidung zwischen Sternen und Planeten bzw. Planetoiden erfordert allerdings etwas mehr beobachterischen Aufwand. Wir erhalten sie, indem wir feststellen, ob das fragliche Objekt seine Position unter den Sternen verändert.

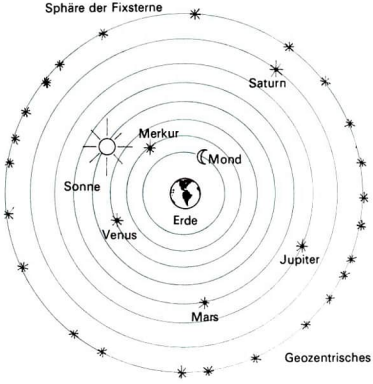
Beobachtung 33
Wir skizzieren alle im Gesichtsfeld unseres Fernrohrs sichtbaren Sterne, die sich in der Umgebung des zu untersuchenden Himmelskörpers befinden. Die Skizze soll so maßgenau sein wie möglich. Nach einigen Tagen oder Wochen wiederholen wir die Beobachtung. Finden wir das zu untersuchende Objekt nicht mehr am gleichen Ort, dann ist es mit größter Wahrscheinlichkeit ein Planet oder ein Planetoid.

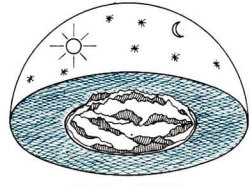
Auch hier gibt es eine Ausnahme – es könnte sich um einen Kometen handeln. Kometen sehen, wenn sie noch – oder wieder – relativ weit von der Sonne entfernt stehen, oft im Fernrohr wie Sterne aus. Eine Entscheidung, ob Planet oder Komet, müßte dann anhand der Helligkeitsentwicklung oder der Bildung einer nebligen Hülle getroffen werden.

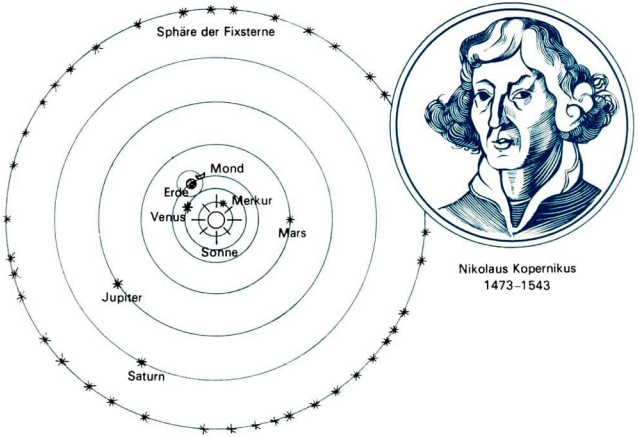
Es begann mit Kopernikus

Die Planeten unserer Sonne, von denen hier die Rede sein soll, waren teilweise schon im Altertum bekannt. Wir wissen, daß damals auch die Sonne und der Mond zu ihnen gezählt wurden. Der alexandrinische Gelehrte Claudius Ptolemäus gab vor rund 1800 Jahren in seinem berühmten Werk »Almagest« eine Beschreibung der damaligen Ansichten über den Bau des Planetensystems. Danach bewegen sich Mond, Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter und Saturn – von innen nach außen gezählt – um die im Zentrum der Welt ruhend gedachte Erde. Das ganze System sollte von der Sphäre der Fixsterne (Sphäre: Kugel; Fixsterne: festgeheftete, »fixierte« Sterne) umgeben sein und einen abgeschlossenen Raum einnehmen.
Den heutigen Leser kommt vielleicht an dieser Stelle die Versuchung an, über solche Ansichten zu lächeln. Wir wollen ihr nicht

Primitives und geozentrisches Weltbild




Primitives Weltbild



Heliozentrisches Weltbild des Nikolaus Kopernikus

nachgeben! Die Weltdarstellung des Ptolemäus war für ihre Zeit durchaus annehmbar, denn sie beruhte auf vergleichsweise exakten Beobachtungen, gestattete Vorausberechnungen der verschiedensten Art mit genügender Genauigkeit und war anschaulich. Daß Ptolemäus die scheinbaren Bewegungen der Himmelskörper für die wahren hielt, können wir ihm kaum zum Vorwurf machen. Sein Weltsystem war ja selbst schon eine Weiterentwicklung, wenn wir es mit älteren Vorstellungen vom Bau der Welt vergleichen! Es war sozusagen ein historisch notwendiger Schritt auf dem Weg vom völligen Nichtwissen zur richtigen Erkenntnis über den Bau des Sonnensystems.

Für die Menschen in den ältesten Kulturen stand fest, daß die Welt genau so war, wie sie ihnen erschien. Die von einem Berge aus zu übersehende flache Erde, die bis zum Horizont reichte, der sich halbkugelförmig darüber wölbende Himmel waren für sie Tatsachen. Wir wissen heute, daß es sich dabei um ein Erscheinungsbild einer ganz anders gearteten Wirklichkeit handelt. Die Fotos aus dem Weltraum haben uns inzwischen unsere Erde in ganz anderer Erscheinungsform gezeigt (Foto auf Seite 38). Ptolemäus kam der Wirklichkeit schon einen großen Schritt näher, aber der eigentliche Durchbruch gelang doch erst dem Domherrn, Arzt und Astronomen Nikolaus Kopernikus (1473—1543). Er erkannte, als er das heliozentrische Weltbild entwarf (siehe Abb.), die Dialektik von Realität und Widerspiegelung bei den Planetenbahnen. Kopernikus konnte seinen Zeitgenossen zeigen, daß sich die beobachteten Erscheinungen im Planetensystem als Widerspiegelungen relativ einfacher Tatbestände ergeben mußten und daß eine

Reihe von Schwierigkeiten ganz wegfiel, wenn man die Erde nicht mehr als Mittelpunkt der Welt, sondern als einen von sechs die Sonne umlaufenden Planeten ansah.

Mit der Veröffentlichung seiner Theorie hat Kopernikus lange gezögert. So kam es, daß er das erste gedruckte Exemplar seines Hauptwerkes »Über die Umläufe der Himmelskörper« erst kurz vor seinem Tode erhielt und den Streit um das heliozentrische Weltbild nicht mehr erlebte. Es zeigte sich nämlich, daß weder die Kirche als die damalige geistige und geistliche Autorität noch viele Astronomen seiner Zeit die 1400 Jahre lang gültig gewesenen ptolemäischen Ansichten aufzugeben gewillt waren. Für die Kirche, die übrigens erst nach geraumer Zeit gegen die Verbreitung des kopernikanischen Weltsystems einschritt und das Hauptwerk des Domherrn auf die Liste der verbotenen Bücher setzte, waren theologische Gründe bestimmend. Die Astronomen dagegen mußten – aus ihrer Sicht mit Recht – bemängeln, daß

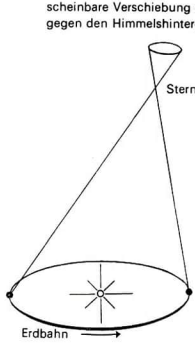
1. die nach dem kopernikanischen System berechneten Planetenpositionen nicht genauer waren als die nach dem ptolemäischen System ermittelten;
2. die bei einer Kreisbewegung der Erde zu erwartende parallaktische Verschiebung der Sterne gegen den Himmelshintergrund nicht zu beobachten war.

Man muß dabei bedenken, daß eine der gesellschaftlichen Triebkräfte des neuen Weltsystems eben die Forderung nach genaueren Planetenpositionsberechnungen gewesen war!

Die Ursache für den erstgenannten Mangel war, daß Kopernikus noch nichts von der wahren Gestalt der Planetenbahnen wußte. Hier war wohl für ihn die antike Ansicht bestimmend geblieben, nach der sich die Himmelskörper nur auf der vollkommensten aller Kurven, der Kreisbahn, bewegen können. Erst Johannes Kepler (1571–1630) erkannte viele Jahrzehnte später, daß das kopernikanische Weltsystem im Prinzip vollkommen richtig war. Nur – man mußte statt mit Kreisbahnen mit Ellipsen rechnen! (Allerdings mit Ellipsen, die sehr wenig von einer Kreisbahn abweichen. Wenn wir auf einer Heftseite mit dem Zirkel eine 0,5 mm starke Kreislinie zeichnen, so ist das ein im Rahmen der Zeichengenauigkeit richtiges Bild der Erdbahn. Die Abweichungen liegen innerhalb der Strichstärke!)

Kepler erkannte weiterhin, daß sich die Planeten nicht gleichmäßig schnell um die Sonne bewegen. Da diese nicht im Mittelpunkt, sondern im Brennpunkt der Ellipse steht, gibt es sonnennahe und sonnenferne Teile der Planetenbahn. Im sonnenfernen Teil seiner Bahn bewegt sich ein Planet stets langsamer als in Sonnennähe. Auch zwei unterschiedlich weit von der Sonne entfernte Planeten laufen unterschiedlich schnell, und zwar ist stets die Umlaufszeit des sonnennäheren kürzer als die des sonnenferneren. Diese Aussagen faßte Kepler in die nach ihm benannten drei Gesetze.

Die jährliche Parallaxe der Sterne



Johannes Kepler hat damit den Beweis für die Richtigkeit des kopernikanischen Weltsystems geliefert. Der vorher an zweiter Stelle genannte Einwand war aber damit noch nicht entkräftet. Er begründet sich jedoch (was man damals nur ahnen konnte) nicht auf einem Fehler im Weltsystem, sondern auf der Unvollkommenheit der damaligen Meßinstrumente. Erst 1838 gelang es F. W. Bessel, eine solche parallaktische Verschiebung nachzuweisen. Unabhängig von Bessel bestimmte auch G. W. Struve zur gleichen Zeit eine Sternparallaxe. Die Winkel, um die es hierbei geht, sind kleiner als eine Bogensekunde!

Hatte Kopernikus gelehrt, *daß* sich die Planeten um die Sonne bewegen, und hatte Kepler nachgewiesen, *wie* ihre Bewegungen exakt verlaufen, so konnte Isaac Newton (1643—1727) erklären, *warum* das so ist. Er fand mit dem Gravitationsgesetz den physikalischen Zusammenhang, der endgültige Klarheit über das Wesen der Planetenbewegungen brachte. Seither gründet sich alle astronomische Forschung – sofern sie irgend etwas mit den Bahnen der Himmelskörper zu tun hat – nicht mehr auf Spekulation und Vermutungen, sondern auf die von den Menschen erkannten Naturgesetze. Jedes Raumschiff, jede automatische Sonde, die den Weltraum durcheilt, gehorcht ihnen: Anwendungen dessen, was Kopernikus begründete und Kepler und Newton weitgehend vollendeten; Anwendung des Wissens vom Bau des Sonnensystems.



Wann und wo finden wir die Planeten?

Es wäre zu schön, wenn wir zur Beantwortung dieser Frage nur den Sternatlas aufzuschlagen brauchten und dann die Position des gesuchten Planeten eindeutig ablesen könnten. Das kann aber nicht sein, denn wir wissen ja, daß die Planeten sich ständig um die Sonne bewegen und daß sie deshalb auch ihren Ort am Sternhimmel laufend ändern. Die genaue Berechnung der Planetenörter ist leider ziemlich kompliziert, aber uns kommt es ja lediglich darauf an, festzustellen, ob wir an einem bestimmten Tage den betreffenden Planeten sehen können und ob wir am Morgenhimmel oder abends nach ihm zu suchen haben. Für die äußeren Planeten Mars, Jupiter und Saturn (wir beschränken uns hier auf die mit dem bloßen Auge sichtbaren Planeten) ist das nicht allzu schwierig. Wir müssen nur wissen, wann der Planet genau in Richtung zur Sonne steht (Konjunktion) und wann er sich der Sonne gerade gegenüber befindet (Opposition). Allgemein gilt für die Sichtbarkeit eines äußeren Planeten:

Konjunktion
Planet ist unsichtbar

folgende Wochen und Monate
Planet erscheint am Morgenhimmel, zuerst kurz vor Sonnenaufgang, dann immer zeitiger. Schließlich fällt die Aufgangszeit auf Mitternacht, dann in die Abendstunden.

Opposition
Planet geht abends auf und morgens unter, ist also die ganze Nacht hindurch zu sehen. In dieser Stellung ist er auch der Erde am nächsten und erscheint im Fernrohr besonders groß.

folgende Wochen und Monate
Planet geht nachmittags auf und erscheint bei Sonnenuntergang bereits am Himmel. Die Untergangszeit rückt immer näher an Mitternacht heran, dann in die Abendstunden. Schließlich kommt der Planet wieder in Konjunktion, und der Zyklus beginnt von vorn.

In Tabelle 10 sind für die Jahre 1971 bis 1990 diejenigen Monate angegeben, in denen Mars, Jupiter und Saturn in Konjunktion bzw. in Opposition stehen. Die Sichtbarkeitsbedingungen sind dann leicht aus dem Vorstehenden zu ermitteln.

Beispiel: Wo finden wir den Jupiter am 1. 1. 1976?
Jupiter stand im Oktober 1975 in Opposition. Er ist seither immer zeitiger aufgegangen, so daß er am 1. 1. 1976 bei Sonnenuntergang schon hoch am Himmel steht. Jupiter ist demnach abends zu sehen. Seine Untergangszeit dürfte in die Mitternachtsstunden fallen.

Beispiel: Wo finden wir Mars am 1. 1. 1977? Im November 1976 stand Mars in Konjunktion, war also unsichtbar. Bis zur nächsten Opposition wird mehr als ein Jahr vergehen; da wir uns am 1. 1. 1977 der Konjunktion

Tabelle 10

Oppositionen und Konjunktionen der Planeten Mars, Jupiter und Saturn 1970 bis 1990

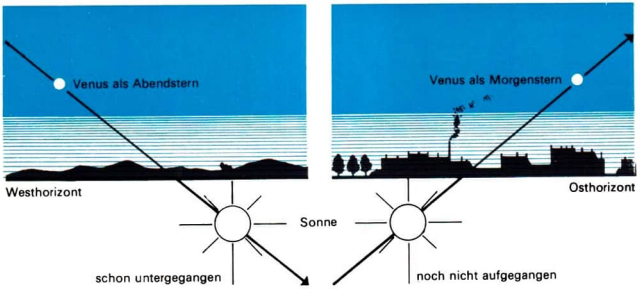
Jahr	Mars Oppos.	Mars Konjunkt.	Jupiter Oppos.	Jupiter Konjunkt.	Saturn Oppos.	Saturn Konjunkt.
1970	—	August	April	November	November	Mai
1971	August	—	Mai	Dezember	November	Mai
1972	—	September	Juni	—	Dezember	Mai
1973	Oktober	—	Juli	Januar	Dezember	Juni
1974	—	Oktober	September	Februar	—	Juni
1975	Dezember	—	Oktober	März	Januar	Juli
1976	—	November	November	April	Januar	Juli
1977	—	—	Dezember	Juni	Februar	August
1978	Januar	—	—	Juli	Februar	August
1979	—	Januar	Januar	August	März	September
1980	Februar	—	Februar	September	März	September
1981	—	April	März	Oktober	März	Oktober
1982	April	—	April	November	April	Oktober
1983	—	Juni	Mai	Dezember	April	Oktober
1984	Mai	—	Juli	—	Mai	November
1985	—	Juli	August	Januar	Mai	November
1986	Juli	—	September	Februar	Mai	Dezember
1987	—	August	Oktober	März	Juni	Dezember
1988	September	—	November	Mai	Juni	Dezember
1989	—	Oktober	Dezember	Juni	Juli	—
1990	November	—	—	Juli	Juli	Januar

noch relativ nahe befinden, können wir den Planeten erst ganz kurz vor Sonnenaufgang am Osthimmel erwarten. Mars wird demnach am 1. 1. 1977 nur schwer zu beobachten sein.

Die inneren Planeten Merkur und Venus bewegen sich schneller als die Erde, daher wechselt ihre Sichtbarkeit rascher. Für Merkur kommt hinzu, daß er sich nur wenige Male im Jahr so weit von der Sonne entfernt,[1] daß man ihn einigermaßen bequem beobachten kann. Wir verzichten daher auf genauere Angaben zur Sichtbarkeit dieses Planeten. Für Venus indessen ist es leicht möglich, die Beobachtungsbedingungen über längere Zeit hinweg in einer Tabelle (siehe S. 105) darzustellen. Selbstverständlich handelt es sich wieder um runde Werte. (A) bedeutet: Venus ist Abendstern und am Westhimmel nach Sonnenuntergang zu finden, (M) bezeichnet die Morgensichtbarkeit des Planeten am Osthimmel vor Sonnenaufgang.

Venus fällt unbedingt durch ihre große Helligkeit auf. Sie ist zu Zeiten ihres größten Glanzes nach Sonne und Mond das hellste Gestirn am Himmel. Nur wenig schwächer ist Mars zur Oppositionszeit, ansonsten ist dieser Planet mehr durch seine rote Färbung als durch seine Helligkeit bemerkenswert. Jupiter leuchtet meist heller als Mars, aber schwächer als Venus, während Saturn im allgemeinen ebenso hell ist wie Mars. Er weist ein gelbliches, etwas fahles Licht auf.

[1] d. h., daß der von der Erde aus gemessene Winkel Sonne–Erde–Merkur groß genug wird; vgl. auch die Abbildung auf Seite 106.



Venus als Abend- und Morgenstern

Beobachtung 34

Wir suchen einen der hellen, gerade sichtbaren Planeten auf und stellen uns von der betreffenden Himmelsgegend eine Sternkarte her (aus dem Sternatlas im Anhang abpausen oder abphotographieren!). Dann zeichnen wir die Position des Planeten so genau wie möglich ein; zur Messung der Abstände von benachbarten Sternen dient der Jakobstab (vgl. Abschnitt »Astronomische Orientierung«). Die Koordinaten der Bezugssterne entnehmen wir auf graphischem Wege dem Sternatlas.

Diese Beobachtung wird bei Mars und Venus nach einer Woche, bei Jupiter und Saturn nach drei Wochen wiederholt. Wir werden im Normalfalle – wenn sich der Planet nicht gerade in einem seiner Stillstandspunkte befindet – eine deutliche Ortsveränderung bemerken. Weitere Koordinatenmessungen, einige Monate lang in den angegebenen Abständen durchgeführt, vervollständigen schließlich die scheinbare Planetenbahn, die wir in die Sternkarte eintragen.

Tabelle 11

Abendsichtbarkeit (A) und Morgensichtbarkeit (M) der Venus in den Jahren 1970 bis 1993

Jahr			Venus ist sichtbar in den Monaten
1970	1978	1986	Mai—Juni (A), Dezember (M)
1971	1979	1987	Januar (M), Dezember (A)
1972	1980	1988	Januar—Mai (A), Juli —Dezember (M)
1973	1981	1989	Januar (M), November—Dezember (A)
1974	1982	1990	Januar (A), Juli—August (M)
1975	1983	1991	März—Mai (A), Oktober—Dezember (M)
1976	1984	1992	Januar (M), Oktober—Dezember (A)
1977	1985	1993	Januar—März (A), Juni—Oktober (M)



Venus bei gleicher Vergrößerung, aber in verschiedenen Stellungen relativ zu Sonne und Erde

Planetenbeobachtungen mit dem Fernrohr

Merkur

In unseren Tabellen zur Planetensichtbarkeit mußte Merkur ausgespart bleiben. Wir brauchen dennoch nicht völlig auf die Beobachtung dieses sonnennächsten Planeten zu verzichten, wenn wir die in Zeitungen und Zeitschriften monatlich erscheinenden Übersichten über die astronomischen Erscheinungen zu Rate ziehen. Dort erfahren wir, wann Merkur in beobachtungsgünstiger Position steht und wo man ihn am Himmel aufsuchen kann. Wir dürfen aber nicht erwarten, mit unserem kleinen Fernrohr wesentliche Einzelheiten zu entdecken. Bestenfalls ist die Phasengestalt des Planeten erkennbar.

Selten, aber hochinteressant, sind die Vorübergänge des Merkur vor der Sonne. Sie können zustande kommen, weil Merkur innerhalb der Erdbahn um die Sonne läuft. (Meist befindet er sich aber, wenn er die Erde überholt, einige Grade nördlich oder südlich der Sonne.) Die Daten der von der Erde aus sichtbaren Merkurvorübergänge von 1970 bis 2000 sind:

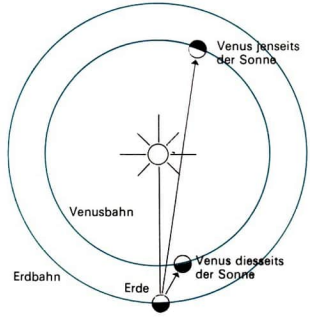
9. 5. 1970	6. 11. 1993
10. 11. 1973	15. 11. 1999
13. 11. 1986	

Bei einem solchen Ereignis schiebt sich Merkur als tiefschwarzer, kleiner Punkt (wesentlich kleiner und dunkler als ein durchschnittlicher Sonnenfleck!) langsam vor der Sonne vorüber. Es ist ein für die Wissenschaft durchaus nützliches Unternehmen, während eines Merkurdurchganges die Sonne mit dem Planeten davor zu photographieren (siehe Kapitel »Himmelsphotographie«); allerdings muß der Zeitpunkt der Aufnahme etwa auf eine Sekunde genau angegeben werden können.

Venus

Die Entfernung der Venus von der Erde kann zwischen 40 Millionen und 250 Millionen km schwanken, je nachdem, ob Venus

Zur Sichtbarkeit der Venus



diesseits oder jenseits der Sonne steht. Entsprechend verändert sich auch ihr scheinbarer Durchmesser (S. 106 oben) und – da wir bei der diesseitigen Stellung der Venus vorwiegend ihre unbeleuchtete Seite sehen – ihre Lichtgestalt (Phase). Venus erscheint in einem 30fach vergrößernden Fernrohr ebenso groß wie auf unserer Darstellung, wenn wir diese aus 3,3 m Entfernung betrachten.

Beobachtung 35

Wir verfolgen über eine Sichtbarkeitsperiode der Venus hinweg ihr Aussehen und skizzieren die Form, in der uns der Planet im Fernrohr erscheint. Gleichzeitig bestimmen wir die Position der Venus unter den Sternen (Jakobstab benutzen!) und tragen sie in eine Sternkarte ein, wie in Beobachtung 34 beschrieben. Aus der drehbaren Sternkarte entnehmen wir für jedes Beobachtungsdatum die genäherte Position der Sonne und ermitteln jeweils den Winkelabstand Sonne–Venus. Dies kann durch Ausmessen auf der Karte erfolgen.

Eine Gegenüberstellung der Phasenskizzen und der zugehörigen Winkelabstände der Venus von der Sonne läßt uns den ursächlichen Zusammenhang erkennen. Die verschiedenen Lichtgestalten der Venus – wie auch der anderen Planeten – kommen durch den wechselnden Winkel Planet–Erde–Sonne zustande. Die Abbildung auf S. 106 unten macht diese Beziehung deutlich.

Die Phase ist schon im Feldstecher zu sehen, aber weitere Einzelheiten zeigen sich nur in großen Fernrohren. Die Oberfläche der Venus ist von der Erde aus überhaupt nicht zu beobachten, da sie von einer undurchsichtigen Atmosphäre bedeckt wird. Gelegentlich treten diffuse Flecken auf; manchmal sieht man auch eine Verlängerung der »Hörnerspitzen« bei sichelförmiger Phase. Sie können sich als feiner Lichtsaum um nahezu den ganzen unbeleuchteten Teil des Planeten hinziehen.

Venusbeobachtungen können bereits in der Dämmerung durchgeführt werden. Der Helligkeitskontrast gegen den Himmelshintergrund ist dann nicht so stark, daß die Augen geblendet werden. Ansonsten vermindert ein dunkles Gelbfilter (in das Okular eingepaßt) die manchmal störende große Helligkeit des Fernrohrbildes. Bei zu geringer Höhe des Planeten über dem Horizont macht sich die Luftunruhe sehr unangenehm bemerkbar, solche Beobachtungen sind unergiebig.

Auch bei Venus kommt es zu Vorübergängen vor der Sonne. Sie erfolgen allerdings viel seltener als die des Merkur; die nächsten werden in den Jahren 2004 und 2012 zu beobachten sein.

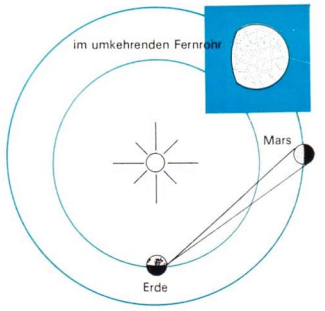
Mars

ist für Besitzer kleiner Fernrohre oftmals ein enttäuschendes Objekt. Meist kann man lediglich die helle Polkappe erkennen, weitere Einzelheiten zeigt ein kleines Instrument nur, wenn sich der rote Planet in Opposition, also der Erde besonders nahe befindet. Dann erscheint er im günstigsten Falle als Scheibchen von 24″.5 Durchmesser. In der Nähe der Konjunktion hingegen sehen wir Mars nur als hellen Fleck mit einem Durchmesser von 3″.5! (Der unterschiedliche Durchmesser bei verschiedenen Oppositionen hat seine Ursache in der Ellipsenform der Marsbahn um die Sonne.) Auf der folgenden Skizze, aus 8,5 m Entfernung betrachtet, sieht man die Marsscheibe genau so groß wie in einem 30fach vergrößernden Fernrohr (S. 108 unten).

Mars erscheint zu bestimmten Zeiten nicht völlig kreisrund. Sein Anblick erinnert dann an den des Mondes kurz vor oder nach Vollmond. Wir beobachten hier tatsächlich die gleiche Erscheinung: Mars weist Phasen auf und wendet uns zuweilen einen kleinen Teil seiner unbeleuchteten Seite zu (S. 108 oben).

Die Polkappen können mit Fernrohren von 4 cm Öffnung an gesehen werden.

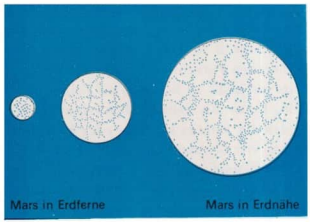
Beobachtung 36
Wir verfolgen über eine Sichtbarkeitsperiode des Mars hinweg mit möglichst starker Vergrößerung das Aussehen der uns zugewandten Polkappe. Bei guten Beobachtungsbedingungen können wir im Laufe mehrerer Wochen eine Verkleinerung oder Vergrößerung bemerken. Verkleinerung der Polkappe heißt, daß die betreffende Marshalbkugel Sommer hat, die Vergrößerung deutet auf den Beginn der kalten Jahreszeit hin.



Zur Entstehung der Marsphasen

Marskanäle oder -krater werden wir mit unserem kleinen Fernrohr nicht beobachten können. Die vielzitierten Kanäle auf dem Mars konnten auf Nahaufnahmen von Raumflugkörpern aus in zufällige Anordnungen kleinerer Oberflächenerscheinungen aufgelöst werden, die keinesfalls als Werk einer Zivilisation anzusehen sind. Um die Kraterstruktur zu sehen, müßten wir uns dem Planeten schon mit einer Raumsonde nähern. Dann würden wir auch feststellen können, daß die Oberfläche des Mars Höhenunterschiede bis zu 15 km aufweist.

Mars in Erdnähe und Erdferne



Jupiter
ist im Vergleich zum Mars ein außerordentlich dankbares Objekt für Fernrohrbeobachtungen. Zehnfache Vergrößerung genügt, um ihn als Scheibe zu erkennen, und schon bei 30facher Vergrößerung können wir die Abplattung dieses größten Planeten unseres Sonnensystems wahrnehmen. Wegen seiner schnellen Rotation – er benötigt für eine Umdrehung nur knapp zehn Stunden, rotiert also mehr als doppelt so schnell wie die Erde – ist der Planet über 20mal stärker abgeplattet als der Erdball.
In unmittelbarer Nähe des Jupiter befinden sich seine vier hellsten Monde. Schon ein Feldstecher zeigt sie als nadelstichfeine Lichtpunkte, die von Abend zu Abend ihre Stellung relativ zueinander und zu dem Planeten ändern. Von der Erde aus blicken wir »auf die Kanten« der Mondbahnen, so daß es aussieht, als pendelten die vier Pünktchen um den Jupiter hin und her. Dabei kommt es häufig vor, daß einer der Monde für einige Zeit unsichtbar ist. Er befindet sich dann möglicherweise im Schatten des Planeten; wir erleben eine Mondfinsternis auf Jupiter. Das Fehlen eines

Mondes im Fernrohrbild kann aber auch andere Gründe haben:

- der Mond befindet sich hinter Jupiter, ohne im Schatten verfinstert zu werden;
- der Mond befindet sich vor Jupiter und kann wegen des geringen Helligkeitskontrastes nicht gesehen werden.

Wenn allerdings der Schatten eines Mondes auf den Planeten fällt – also eine Sonnenfinsternis auf Jupiter stattfindet – beobachten wir einen kleinen, schwarzen Punkt, der langsam seine Stellung auf der Jupiterscheibe verändert.

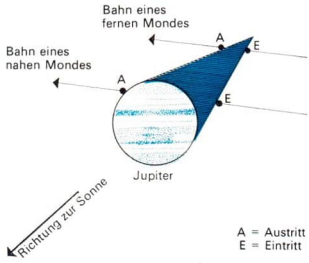
Wir betrachten hier nur die vier hellsten Jupitermonde, die schon Galilei beobachtet und beschrieben hat. Die übrigen sind so lichtschwach, daß man sie nur mit sehr großen Fernrohren erkennen kann.

Beobachtung 37

Wir zeichnen etwa einen Monat lang an jedem klaren Abend die Stellungen der 4 hellen Jupitermonde und ordnen diese Zeichnungen untereinander so an, wie aus unserer Abbildung ersichtlich ist. Für jeden Tag, an dem nicht beobachtet wurde, muß entsprechender Raum gelassen werden. Die Positionen der äußeren Monde können nachträglich durch Wellenlinien miteinander verbunden werden;[1] *wir erhalten dadurch ein zwar schematisches, aber sehr anschauliches Bild vom Umlauf der Monde um den Planeten.*

Nicht nur die Abplattung des Jupiter ist ein Zeichen für seine schnelle Rotation. Auch das streifige Aussehen der Atmosphäre müssen wir auf die durch die große Umdrehungsgeschwindigkeit bewirkten Zentrifugalkräfte zurückführen. Schon ein Fern-

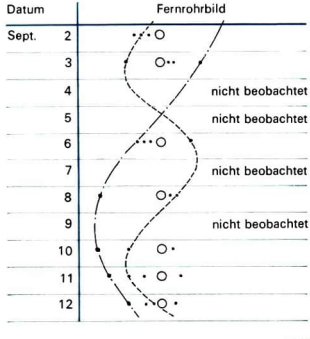
[1] Die inneren Monde bewegen sich so schnell, daß täglich beobachtet werden müßte, um ihre Bewegung zu erfassen. Das ist aber aus Witterungsgründen sicher nicht möglich – Die hier vorgeschlagene Darstellung der Mondbewegungen findet sich als Voraussage in manchen astronomischen Jahrbüchern.

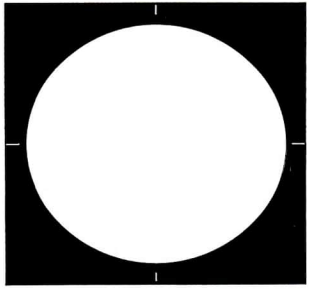


Weshalb verschwinden die Jupitermonde zuweilen?

rohr von 5 cm Öffnung macht sie uns sichtbar. Diese dunklen *Bänder*, die durch hellere *Zonen* voneinander getrennt sind, liegen parallel zum Jupiteräquator (in dessen Ebene auch die vier hellen Monde laufen), besitzen aber unterschiedliche Stärke und sind reich strukturiert. Offenbar gibt es auch innerhalb der Bänder und Zonen turbulente Bewegungen.

Die Bewegung der Jupitermonde





Jupiter (Zeichenschablone)

Beobachtung 38
Wir fertigen uns eine Zeichenschablone für Jupiter an, indem wir die obige Abbildung in gleicher Größe abzeichnen (Umrisse abpausen!). Am Fernrohr tragen wir Lage und Aussehen der Wolkenstreifen auf dem Planeten in die Schablone ein. Wenn wir nach zwei bis drei Stunden diese Arbeit wiederholen, hat sich Jupiter schon so weit um seine Achse gedreht, daß wir nunmehr einen gänzlich anderen Anblick feststellen. (Nach fünf Stunden haben wir die vorher abgewandte Seite vor uns!)

Innerhalb der Wolkenstreifen befinden sich helle und dunkle Flecken, die ihren Ort auf Jupiter im Laufe der Zeit nur wenig ändern. Sie bewegen sich mit der Jupiterrotation immer wieder vor unseren Augen vorüber, so daß wir sie als Anhaltspunkte für die Eintragungen in unseren Skizzen verwenden können. Ein charakteristisches Beispiel ist der »Große Rote Fleck«, auf der Südhalbkugel des Jupiter (also im umkehrenden Fernrohr oben) gelegen, der 1878 zum ersten Mal beobachtet wurde und seither mit zwischen rötlich und weiß wechselnder Färbung als großes Oval gesehen werden kann. Er ist in Wirklichkeit größer als unsere Erde.

Saturn

ist das schönste und gleichzeitig bemerkenswerteste Beobachtungsobjekt, das wir überhaupt am Himmel finden können. Er ist von einem freischwebenden Ringsystem – mehreren in einer Ebene liegenden Ringen aus einer großen Zahl kleiner Körperchen, wahrscheinlich aus Eis bestehend – umgeben, das wir schon bei 30facher Vergrößerung in einem Fernrohr von 5 cm Öffnung sehen können. Dazu muß aber der Ring weit geöffnet sein, und das ist nicht immer der Fall. Die Skizze auf der folgenden Seite läßt erkennen, weshalb wir den Ring auch gelegentlich von der Kante sehen.
Bei stärkerer Vergrößerung können wir auch den Schatten beobachten, den die Saturnkugel auf dem Ring erzeugt. Er liefert uns einen Hinweis darauf, ob der obere oder der untere Teil des Ringes *vor* dem Planeten verläuft. Der Teil des Ringes, auf dem der Schatten erscheint, befindet sich auf der erdabgewandten Seite. Man kann den Schatten jedoch nicht immer sehen; zur Oppositionszeit liegt er genau hinter dem Planeten und wird durch diesen verdeckt. Vor der Opposition liegt er westlich (im umkehrenden Fernrohr links), danach östlich (rechts) des Saturn.
Zu bestimmten Zeiten kann in kleinen und mittleren Fernrohren der Saturnring nicht gesehen werden, wenn wir von der Erde aus auf seine schmale Kante blicken (siehe Abb.; da der Ring nur wenige Kilometer dick ist, bleibt er dann unsichtbar);
von der Sonne nur seine Kante beleuchtet wird;
wir von der Erde aus auf seine unbeleuchtete Seite blicken.
Das Verschwinden des Ringes wiederholt sich nach jeweils knapp 15 Jahren. Wenn

wir auch mit kleinen Instrumenten den Saturn dann »ringlos« sehen, ist es doch interessant, die Veränderung der Ringneigung und -breite vor und nach dem Verschwinden zu verfolgen.

Neben dem beeindruckenden Ringsystem kommen die Monde des Saturn bei Beobachtungen häufig zu kurz. Sie erscheinen uns nicht – wie die des Jupiter – in einer Geraden rechts und links des Planeten, sondern umgeben ihn allseitig. Ein 5-cm-Fernrohr zeigt nur den hellsten Mond (Titan), der den Planeten in knapp 16 Tagen einmal umläuft; mit 8 cm Objektivöffnung können wir auch den Saturnmond Rhea beobachten. Sein Abstand vom Saturn ist erheblich geringer als der des Titan.

Beobachtung 39

Wir skizzieren Saturn mit seinem Ringsystem und vervielfältigen die Zeichnung etwa zehnmal. Der große Ringdurchmesser soll dabei etwa 2 cm betragen.

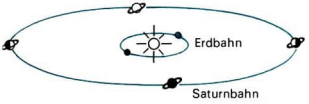
Innerhalb eines Monats beobachten wir die Position des Saturnmondes Titan so oft wie möglich und zeichnen sie in je eine Skizze ein.

Zur Auswertung übertragen wir die Ergebnisse der Einzelbeobachtungen in eine gemeinsame Zeichnung. Wenn wir die Bahnpunkte verbinden, ergibt sich die scheinbare Bahn des Mondes um den Saturn.

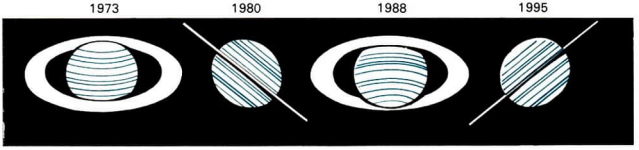
Die Saturnkugel ist sehr stark abgeplattet, mehr als alle anderen Planeten. Das fällt uns aber im allgemeinen nicht auf, weil der Ring unsere Aufmerksamkeit fesselt. Nur wenn wir den Ring aus einem der genannten Gründe nicht sehen können, bemerken wir die Abplattung sofort. (Der Poldurchmesser ist um 10% kürzer als der Äquatordurchmesser! Bei der Erde beträgt die Differenz nur 0,3%!)

Daß der Saturn – vor allem wegen der größeren Entfernung von der Erde – im Fernrohr erheblich kleiner erscheint als Jupiter, empfindet man wegen des ausgedehnten Ringsystems ebenfalls nicht. Erst wenn man versucht, ähnliche Beobachtungen auf der Saturnkugel anzustellen wie auf dem Jupiter, wird die Kleinheit des eigentlichen Planetenkörpers deutlich. Wir benötigen ein Fernrohr von mindestens 10 cm Objektivöffnung, um dunkle Streifen auf Saturn wahrzunehmen. Es handelt sich dabei, wie bei Jupiter, um Strukturen in der Planetenatmosphäre. Die Streifen verlaufen parallel zum Äquator des Saturn.

Der Anblick des Planeten Saturn



Anblick im umkehrenden Fernrohr (Norden ist unten)



Uranus
können wir mit kleineren Fernrohren nur dann als Planeten erkennen, wenn wir imstande sind, seinen Ort unter den Sternen genau anzugeben. Bei dunklem, klarem Himmel ist er dann sogar mit dem bloßen Auge zu sehen. Im Fernrohr erscheint er leicht grünlich gefärbt. Um Uranus als Scheibe zu sehen, benötigt man ein Instrument mit mindestens 10 cm Öffnung.

Neptun
setzt zur Beobachtung ein 5-cm-Fernrohr und genaueste Kenntnis des Ortes voraus.

Pluto
kann nur in sehr großen Fernrohren beobachtet werden.

Die Beobachtung der

Planetoiden,
jener winzigen Himmelskörper zwischen Mars- und Jupiterbahn, ist wenig lohnend. Alle erscheinen in kleinen Fernrohren – wenn überhaupt – als sternartige Punkte. Ihre Ortsveränderung wäre das einzige, was wir als Anzeichen ihres Planetencharakters registrieren könnten, aber so ein Objekt überhaupt zu finden, ist recht schwierig. Nur drei Planetoiden werden in der Opposition heller als 9. Größenklasse: *Ceres* ($7^m.4$), *Pallas* ($8^m.5$) und *Vesta* ($6^m.8$). Immerhin können wir, falls uns zufällig einmal ein langsam ortsveränderlicher »Fixstern« vorkommt, dieses Objekt unter die Planetoiden einordnen.
Planetoiden haben meist keine Kugelgestalt, sondern sind ganz unregelmäßig geformt. Bei ihrer Rotation wenden sie uns daher abwechselnd mehr oder weniger große Flächen zu. Das hat Helligkeitsschwankungen zur Folge, und fortgeschrittene Amateure können wissenschaftlich nützliche Beobachtungen anstellen, indem sie diesen Lichtwechsel verfolgen.

Kometen, Meteore, Satelliten



Seltene Gäste

* *



Ein Komet steht am Himmel

Wenn sich in früheren Jahrhunderten diese Nachricht verbreitete, strömte jung und alt ins Freie, um das Wunderding zu bestaunen. Was sie da sehen konnten, war manchmal wirklich bemerkenswert. Am nächtlichen Himmel, mitten zwischen den vielen Sternen, strahlte eine kleine, helle Wolke mit einem mehr oder weniger langen, lichten Schweif. Scheinbar unbeweglich stand der unerwartete Gast am Himmel, allerdings neigte er sich mit dem Sternbild, in dem er sich befand, nach geraumer Zeit dem Untergange zu. Und während die Menschen das Geschehnis besprachen, tauchte das Gerücht auf, der Komet werde Unglück über das ganze Land bringen. Ein alter Aberglaube erwachte jedesmal bei einer Kometenerscheinung aufs neue. Vielleicht hatte er seine Ursache darin, daß der Komet wie ein Schwert ausgesehen hatte, vielleicht war wirklich – bei den damaligen sanitären Verhältnissen kein Wunder – gerade nach dem Auftauchen eines hellen Kometen irgendwo eine Epidemie ausgebrochen, vielleicht verursachte auch nur das unvorhersehbare Auftauchen des Kometen ein ungutes Gefühl – der Aberglaube, Kometen seien Unglücksbringer, hat sich seit dem Altertum bis in unsere Tage erhalten. Noch heute, da das Sichtbarwerden eines Kometen von den Astronomen mit Interesse und Erwartung auf reiche wissenschaftliche Ausbeute begrüßt wird, gibt es Menschen, die bei seinem Anblick unsicher werden. Ob nicht doch an den alten »Weisheiten« etwas dran ist?

Aber je besser man über die wahre Natur solcher Himmelserscheinungen Bescheid weiß, desto besser kann man die Wertlosigkeit solcher Furcht einsehen und sich und andere davor bewahren. Was also ist ein Komet?

Eine Wolke von Gestein, durchsetzt von gefrorenen Gasen, umläuft die Sonne auf einer stark elliptischen Bahn. Wir nennen dieses Gebilde den *Kern* des Kometen; sein Durchmesser liegt zwischen einem und 100 Kilometern. Für astronomische Verhältnisse sind es also sehr kleine Objekte. Wenn dieser Kern auf seiner Bahn in die Nähe der Sonne gelangt, verdampfen die Gase und bilden eine *Koma* genannte Wolke, die bis zu mehreren Millionen Kilometer Durchmesser haben kann. Bei noch größerer Annäherung an die Sonne drückt deren Strahlung (vor allem die Teilchenstrahlung) Moleküle aus der Koma heraus, die als leuchtender Schweif zu beobachten sind (siehe Foto auf Seite 39). Auch kleine Staubteilchen werden bei diesem Verdampfungsvorgang in den umgebenden Raum gerissen. Kometenschweife können 10000 km Länge erreichen. Da Koma und Schweif aus außerordentlich stark verdünnten Gasen und Staubteilchen bestehen und da ihr Leuchten von der Strahlung der Sonne abhängt – zum Teil wird das Sonnenlicht reflektiert, zum Teil werden die Gase auch zu eigenem Leuchten angeregt –,

nutzt man Kometen heute als natürliche Sonnensonden. Ihr Aussehen liefert wichtige Angaben über die Sonnenaktivität. Kometen sind also Himmelskörper, die zum Sonnensystem gehören.

Es ist ein Irrtum, zu meinen, nur die Planeten umliefen die Sonne. Die Anzahl der Kometen in unserem Sonnensystem wird auf 10 Millionen bis 10 Milliarden geschätzt; sichtbar werden aber nur die wenigen, die der Sonne hinreichend nahekommen. Der Kern kann nämlich wegen seiner Kleinheit nicht gesehen werden – erst wenn sich die Koma ausbildet, erscheint im Fernrohr ein »sternartiges Objekt mit nebliger Hülle«, wie es dann in der Entdeckungsmeldung heißt. Die meisten Kometen bleiben so schwach, daß sie auch zur Zeit ihrer größten Sonnennähe nur im Fernrohr zu beobachten sind.

Auf Wiedersehen?

Da alle Kometen die Sonne auf bestimmten Bahnen umlaufen, ist zu vermuten, daß sie nach einiger Zeit wieder einmal sichtbar werden können. Demnach müßten also alle bekannten Kometen nach mehr oder weniger vielen Jahren erneut am Himmel auftauchen; ihr Erscheinen müßte ebenso gut vorausberechnet werden können wie die Positionen der Planeten. Dieser Schluß ist im Prinzip richtig, er läßt aber eine Schwierigkeit außer acht. Die Kometen besitzen ja so kleine Massen, daß sie bei Begegnungen mit Planeten leicht aus ihrer bisherigen Bahn geworfen werden können. Wenn dann die neue Bahn des derart »abgelenkten« Kometen in ihrem sonnennächsten Punkt zu weit von der Sonne entfernt bleibt, bildet er keine Koma und erst recht keinen Schweif mehr aus, und wir können ihn nicht entdecken. Andererseits kann ein bisher nicht beobachtbarer Komet durch eine Bahnveränderung der Sonne so nahe kommen, daß er als prächtiger Schweifstern vielleicht sogar mit dem bloßen Auge gesehen werden kann.

Kommt ein Komet der Sonne oftmals sehr nahe, d. h., hat er eine kleine Umlaufszeit, so wird durch die immer wiederholte Schweifbildung die vorhandene Gasmenge allmählich aufgebraucht. Der Schweif kann nämlich nicht »eingezogen« und zur Wiederverwendung bereitgehalten werden, wenn

Die Richtung des Kometenschweifes

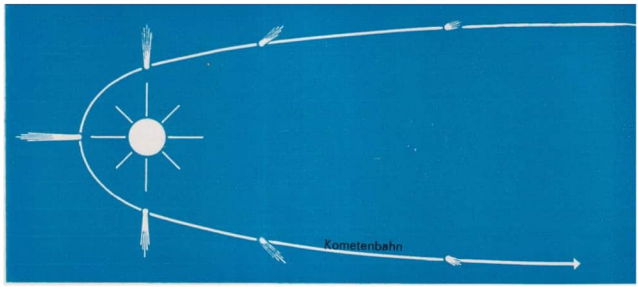


Tabelle 12

Einige kurzperiodische Kometen

Name	Umlaufszeit in Jahren	kleinste Entfernung von der Sonne in AE	in Sonnennähe
Encke	3,3	0,3	Januar 1971
Grigg-Skjellerup	4,9	0,9	April 1972
Honda-Mrkos-Pajdušáková	5,2	0,6	September 1969
Tempel 2	5,3	1,4	Februar 1967
Tempel-Swift	5,7	1,2	Dezember 1969
Pons-Winnecke	6,1	1,2	April 1970
Perrine-Mrkos	6,5	1,2	November 1968
Wirtanen	6,7	1,6	Oktober 1967
d'Arrest	6,7	1,4	Mai 1970
Crommelin	27,9	0,7	Oktober 1956
Halley	76,0	0,6	April 1910

der Komet sich von der Sonne entfernt. Da die Helligkeit der Kometenerscheinung wesentlich von der Anzahl der leuchtenden Gasmoleküle abhängt, muß sie schließlich nachlassen. Andere Ursachen können im gleichen Zusammenhange zur Auflösung des Kerns führen, so daß der Komet unter Umständen gänzlich verschwindet. Die Bestandteile des ehemaligen Kerns werden dann zu Meteoriten, die uns, wenn sie in die Atmosphäre der Erde eintauchen, als »Sternschnuppen« (Meteore) erscheinen.

Wir müssen also bei diesen Himmelskörpern stets auf Überraschungen gefaßt sein. Trotzdem läßt sich für eine ganze Anzahl von Kometen angeben, wann sie wahrscheinlich wiedererscheinen werden. Tabelle 12 enthält davon diejenigen, die der Sonne so nahe kommen, daß mit ihrer Sichtbarkeit in mittleren und kleinen Fernrohren zu rechnen ist. (Damit ist natürlich keine Garantie verbunden, daß zur angegebenen Zeit der betreffende Komet tatsächlich wieder erscheint, d. h., daß er sich zu einem beobachtbaren Objekt entwickelt. Wir wissen, was inzwischen alles passiert sein kann!) Astronomische Tabellenwerke enthalten weit mehr Objekte; man kennt einige hundert Kometen, deren Wiederkehr berechnet werden kann. Zumeist sind sie jedoch so lichtschwach, daß Amateurfernrohre für eine Beobachtung nicht mehr genügen.

Die Beobachtung von Kometen

Das geeignetste Instrument für Kometenbeobachtungen ist ein lichtstarker Feldstecher. Wenn wir mit einem kleinen Fernrohr beobachten, wenden wir die geringste Vergrößerung an, die wir haben. Kometen sind ja flächenhafte Objekte, deren Licht im Fernrohrbild auf eine noch größere Fläche verteilt wird. Je stärker wir vergrößern, desto lichtschwächer erscheinen uns daher Koma und Schweif.

Kometen sind am hellsten, wenn sie der Sonne sehr nahe stehen. Das bringt für uns die Schwierigkeit mit sich, daß man Kometen normalerweise in einer Himmelsgegend suchen muß, die erst kurz vor der Sonne auf- oder schon kurz nach der Sonne untergeht. Wer am Abendhimmel einen Kometen suchen will, dessen Wiederkehr kurz bevorsteht, geht folgendermaßen vor:

Beobachtung 40
Wir warten, bis der Himmel auch in westlicher Richtung nahezu dunkel geworden ist und richten das Fernrohr auf den Untergangspunkt der Sonne im Horizont. Das Fernrohr wird nun während der Beobachtung langsam nach links gedreht (etwa bis 90°), dann um rund den halben Gesichtsfelddurchmesser höher gerichtet und wieder zum Sonnenuntergangspunkt zurückgeführt. Dort stellen wir es erneut um einen halben Gesichtsfelddurchmesser in die Höhe und suchen in dieser Weise den nächsten Streifen ab. Wenn die Höhe von etwa 20° erreicht ist, brechen wir zunächst ab und suchen den horizontnahen Streifen rechts vom Sonnenuntergangspunkt ab. Danach wird links in geringerer Höhe (10° bis 15°) wieder begonnen und derart schließlich die gesamte westliche Himmelshälfte bis hinauf zum Zenit durchmustert. Anschließend suchen wir vom Zenit aus abwärts die Osthälfte des Himmels ab; hierbei kann auf eine Zweiteilung (Nord- und Südteil) verzichtet werden.

Analog ist bei der Beobachtung am Osthimmel vor Sonnenaufgang vorzugehen. Treffen wir auf ein nebliges Objekt, das ein Komet im Anfangsstadium sein könnte, so müssen wir uns auf alle Fälle zunächst in einer Sternkarte vergewissern, ob wir es nicht mit einem Gasnebel, einem Kugelsternhaufen oder einem extragalaktischen Objekt zu tun haben. Wenn wir nichts dergleichen in der Karte finden, wird weitergearbeitet:

Beobachtung 41
Wir zeichnen die Position des unbekannten Himmelskörpers relativ zu den Sternen im Gesichtsfeld auf und bestimmen nach Möglichkeit auch einige Abstände von anderen Sternen. Das kann wieder mit dem Jakobstab geschehen – auch dann, wenn wir das Objekt mit dem bloßen Auge nicht sehen. (In diesem Falle ist die Position des Gesichtsfeldes unseres Fernrohrs zu ermitteln.) Am folgenden Tage wiederholen wir diese Beobachtung. Hat sich das Objekt bewegt, dann haben wir sehr wahrscheinlich den Kometen gefunden.

In einem solchen Falle lohnt sich ein Telegramm oder eine telefonische Nachricht an die nächstgelegene Sternwarte. Der beobachtete Kometenort soll dabei so genau wie möglich angegeben werden (in Koordinaten), desgleichen die Bewegungsrichtung und natürlich die dazugehörigen Zeitangaben. Von der Sternwarte wird unsere Beobachtung überprüft und präzisiert und einer Zentralstelle zugeleitet. Sollte jemand das Glück haben, einen Kometen zu entdecken, der bislang unbekannt war, so wird dieser Komet in Zukunft den Namen seines Entdeckers tragen. Neue Kometen werden nämlich nach ihren Entdeckern und dem Jahr der Entdeckung benannt.

Beobachtung 42
Der Komet wird mit schwacher Fernrohrvergrößerung aufgesucht. Wir skizzieren die Form des Schweifes und bestimmen mit dem Jakobstab den Abstand des Kometenkerns von den Umgebungssternen. Die gleiche Messung führen wir für die letzten erkennbaren Ausläufer des Schweifes aus. (Der Kern ist die sternartige Erhellung in der Koma. Beim Schweif macht es sich am besten, wenn wir ihn nicht genau fixieren, sondern etwas an ihm vorbeisehen. Die schwachen Lichteindrücke lassen sich bei diesem sogenannten »indirekten Sehen« besser aufnehmen.) Wenn wir Kern und Schweifende in eine Sternkarte einzeichnen, können wir unschwer das Aussehen und die Größe des ganzen Objekts bestimmen. Die Helligkeit des Kerns vergleichen wir mit der anderer Sterne.

Kometensuche erfordert viel Geduld, gutes Wetter und einen Beobachtungsplatz, der von störenden Lichtquellen frei ist. Ein Komet lohnt aber auch eine Beobachtung, wenn man ihn nicht selbst entdeckt hat! Oftmals wird in der Presse auf solche Objekte hingewiesen.

Je öfter diese Beobachtung vorgenommen wird, um so besser. Am günstigsten ist es, täglich zu beobachten, sofern das Wetter es zuläßt und der Komet für uns sichtbar ist. Wir können dann seine scheinbare Bahn rekonstruieren, seine Helligkeitsänderungen verfolgen und unter Umständen sogar wissenschaftlich wertvolles Material gewinnen.

Feuer vom Himmel



Meteore und Meteoriten

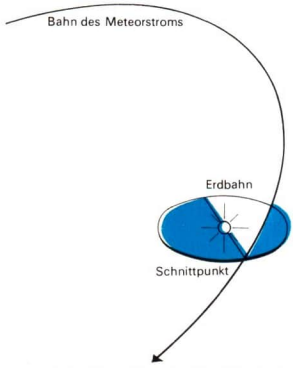
Wenn ein Komet zerfällt, weil sich das »Bindemittel« seines Kerns aufgebraucht hat, beginnen die kleinen und großen Gesteinstrümmer sich über die ganze Bahn des ehemaligen Kometen zu verstreuen. Mit der Zeit ändern sich auch durch die Gravitationswirkung anderer Himmelskörper ihre Bahnen. Gerät aber so ein Stück Gestein – es kann auch zu einem beträchtlichen Prozentsatz Eisen und Nickel enthalten – in den Anziehungsbereich der Erde, so erhitzt es sich beim Eindringen in die Erdatmosphäre bis zum hellen Aufglühen. In der Regel verdampft der Körper schon in knapp 100 km Höhe, und wer die Erscheinung beobachten konnte, freut sich über die schöne Sternschnuppe. Vielleicht huldigt er auch dem harmlosen Aberglauben, er dürfe sich nun etwas wünschen.

Mit dieser Darstellung haben wir zwar nicht den Ursprung aller Meteore erfaßt, aber das Wesentliche ist schon gesagt. *Meteor* – das ist die Lichterscheinung, die von einem Stein- oder Eisenstück erzeugt wird, wenn es in die Erdatmosphäre eindringt. Da die Geschwindigkeit dieser Körper, die wir als *Meteoriten* bezeichnen, mit 11 bis rund 70 km/s sehr hoch ist, erhitzen sie sich bei den Zusammenstößen mit den Luftmolekülen der Hochatmosphäre auf mehrere tausend Grad. Dabei müssen sie durchaus nicht besonders groß sein; normalerweise liegen die Durchmesser zwischen einigen Millimetern und einigen Zentimetern. Größere Stücke verdampfen nicht vollständig, die Reste findet man als Meteoriten auch auf der Erde. Natürlich erzeugen so große Körper auch eindrucksvolle, helle Meteorerscheinungen. Sie sind manchmal von donnerähnlichem Geräusch begleitet und werden *Feuerkugeln* genannt.

Meteoriten haben ihren Ursprung aber nicht nur in zerfallenen oder zerfallenden Kometen. Viele solche Körper laufen auf Bahnen um die Sonne, die sich keinem bekannten Kometen zuordnen lassen. Man kann sich vorstellen, daß die Sonne von einer riesigen Wolke von Meteoriten umgeben ist, die sich auf mehr oder weniger stark gestörten Ellipsenbahnen bewegen. Vielleicht sind auch einige wenige Meteoriten von irgendwoher aus dem Weltraum zugewandert und wurden von der Sonne »eingefangen« und auf eine Umlaufbahn gezwungen.

Meteorströme

In alten Chroniken kann man hin und wieder von »Steinregen« lesen. Dabei dürfte es sich wohl um stark gehäufte Meteoritenfälle gehandelt haben. Im Normalfalle kann ein Beobachter pro Stunde 6 bis 10 Meteore sehen; es gibt aber Zeiten, in denen fast in jeder Minute ein Meteor auftaucht. Dies ist der Fall, wenn die Erde einen Meteorstrom durchquert, d. h. eine Wolke von Meteoriten, die sich gemeinsam auf einer Ellipsenbahn um die Sonne bewegen. Solche Meteorströme entstehen bei der Auflösung von Kometen; in mehreren Fällen ist es mög-



Zur Beobachtung von Meteorströmen

lich gewesen, diesen Prozeß direkt zu beobachten. (So teilte sich 1846 der Kern des Kometen Biela, bei seiner Wiederkehr im Jahre 1852 hatten sich die beiden Teile weit voneinander entfernt. Das im Jahre 1859 fällige Wiedererscheinen des Kometen blieb aus, dafür konnten mehrere Jahrzehnte lang jeweils Ende November reiche Sternschnuppenfälle beobachtet werden.) Wenn dieser Auflösungsprozeß schon weit fortgeschritten ist, dann haben sich die Meteoriten annähernd gleichmäßig über die ganze ehemalige Kometenbahn verteilt, und jeder Durchgang der Erde durch diese Bahn erzeugt gehäufte Meteorfälle. Meteorströme, die noch einen zusammenhängenden Schwarm bilden, können dagegen in manchen Jahren aussetzen. Sie sind nur zu beobachten, wenn sich Meteorschwarm und Erde zur gleichen Zeit an der gleichen Stelle befinden. Man nennt sie *periodische* Ströme. Tabelle 13 gibt Auskunft, wann auffällige Meteorströme zu erwarten sind.

Im Tabellenkopf finden wir die Bezeichnung »Radiant«. Was hat sie zu bedeuten? Stellen wir uns vor, wir stünden bei stürmischem Winterwetter auf der Plattform eines Aussichtsturmes, und der Wind blase uns geradewegs ins Gesicht. Einzelne Schneeflocken huschen rechts und links und über uns hinweg. Wir haben dabei den deutlichen Eindruck (der sich verstärken läßt, wenn wir nur mit einem Auge beobachten und das andere zuhalten), die Schneeflocken kämen von einem Punkte her und besäßen nach allen Seiten auseinanderlaufende Flugrichtungen. Wir können uns aber ohne weiteres davon überzeugen, daß die uns auf parallelen Bahnen entgegenfliegenden Flokken lediglich durch die Wirkung der Per-

Tabelle 13

Meteorströme

Name	Radiant im Sternbild	Maximum am	Dauer in Tagen
Draconiden	Bootes	4. Januar	1 bis 2
Lyriden	Leier	21. April	4
Scorpius-Sagittariden	Schlangenträger	13. Juni	80
Delta-Aquariden	Wassermann	27. Juli	10
Perseiden	Perseus	12. August	20
Orioniden	Orion	21. Oktober	10
Tauriden	Stier	30. Oktober	40
Leoniden	Löwe	16. November	3
Geminiden	Zwillinge	13. Dezember	6

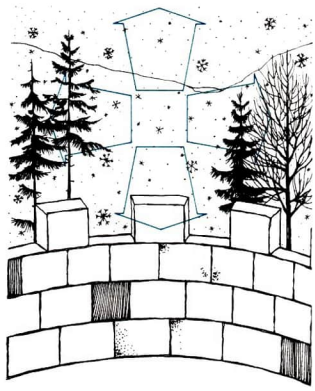
spektive auseinanderzustreben scheinen. Eine ganz ähnliche Beobachtung machen wir auch bei Meteorströmen.

Beobachtung 43

In einer Nacht, in der laut Tabelle 13 ein Meteorstrom zu beobachten ist, postieren wir uns auf unserem Beobachtungsplatz, lediglich mit einer Sternkarte zum Einzeichnen der Meteorbahnen[1] *mit Schreibzeug, Taschenlampe und Uhr versehen. (Da die Beobachtung etwas Geduld erfordert, ist ein bequemer Sitz, z. B. ein Liegestuhl, sehr nützlich. Man darf nur nicht darin einschlafen!) Eine geeignete Himmelsgegend wird ausgewählt; sie sollte nicht allzuweit von dem Sternbild entfernt liegen, das in der Tabelle als Ort des Radianten angegeben ist. Alle in diesem Bereich auftauchenden Meteore zeichnen wir nun so genau wie möglich in unsere Sternkarte ein. Dabei geben wir die Richtung durch eine Pfeilspitze und die Helligkeit der Erscheinung durch eine Zahl an (1 ≙ sehr hell; 5 ≙ kaum sichtbar).*

[1] Sie kann z. B. durch Abzeichnen (Abpausen) aus einem Sternatlas, im einfachsten Falle von der drehbaren Sternkarte, hergestellt werden.

Zur Auswertung werden die eingezeichneten Bahnspuren nach rückwärts verlängert. Dabei erkennen wir, daß viele davon in einem bestimmten Bereich – und zwar in dem in Tabelle 13 angegebenen Sternbild – zusammenlaufen. Sicher werden sie sich bei unserer Beobachtung nicht genau in einem Punkte schneiden. Es ist aber möglich, durch exakte Bahnbestimmungen diese scheinbaren Ausstrahlungspunkte oder *Radianten* der Meteorströme sehr genau festzulegen. Die auf der Karte regellos – ohne Beziehung zum Radianten – verlaufenden Pfeile verraten die Meteore, die dem Strom nicht angehören. Man nennt sie *sporadische* Meteore.



Die Entstehung des Radianten

Die Beobachtung von Meteoren

Aus dem vorhergehenden Abschnitt haben wir entnommen, daß die Meteorhäufigkeit im Laufe des Jahres einige Male für kurze Zeit stark anwächst. Allerdings schwankt sie auch ohne Berücksichtigung der Meteorströme in Abhängigkeit von der Jahreszeit; *die meisten Sternschnuppen fallen im Herbst.* Um diese Gesetzmäßigkeit zu verstehen, müssen wir nochmals ein Gedankenexperiment anstellen. Nehmen wir an, wir fahren bei Schneefall mit dem Auto. Auf welche Seite unseres Fahrzeuges – vorn, rechts, links oder hinten – werden bei schneller Fahrt die meisten Schneeflocken auftreffen? Natürlich auf die Vorderseite – und genau so geht es der Erde auf ihrer jährlichen Bahn um die Sonne. Nun ist aber die »Vorderseite« der Erde im Herbst gerade auf einen Punkt des Himmels gerichtet, der in der Gegend um das Sternbild Zwillinge liegt. Er vollführt eine sehr lange, scheinbare Bahn über

dem Horizont, geht im Nordosten auf, kulminiert nicht weit vom Zenit entfernt und geht im Nordwesten unter. Wenn dieser Punkt, von dem aus besonders viele Meteore zu erwarten sind, aber gut und lange sichtbar über dem Horizont steht, dann müssen auch viele dieser Meteore gesehen werden können.

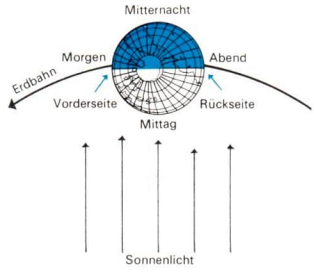
Aufmerksame Beobachter stellen außer der Jahresschwankung auch im Laufe der Nacht eine deutliche Zunahme der Meteorhäufigkeit gegen Morgen fest. Auch das läßt sich durch unseren Gedankenversuch »Autofahren bei Schneefall« erklären, denn wir kommen ja im Laufe der Nacht von der »Rückseite« auf die »Vorderseite« der Erde. Gleichzeitig sehen wir, daß die meisten Meteorfälle am Osthimmel, zwischen Nordost und Südost, zu erwarten sind. Das ist ja der Teil des Himmels, dem die »Vorderseite der Erde« zugewandt ist!

Beobachtung 44

Wir beobachten eine ganze Nacht lang die Meteore, die am Osthimmel auftauchen. (Ein Liegestuhl, eine warme Decke und ab und zu eine Tasse Kaffee sind empfehlenswert!) Dabei registrieren wir auf einer Strichliste lediglich, innerhalb welcher Stunde die Erscheinung beobachtet wurde: 20 bis 21 Uhr, 21 bis 22 Uhr usw.

Die Auswertung wird bestätigen, daß in den Morgenstunden – gegen 3 Uhr – die Zahl der Meteorfälle am größten ist. Sie müßte sogar bis gegen 6 Uhr noch zunehmen, aber mit dem Einsetzen der Morgendämmerung im Osten werden ja lichtschwache Erscheinungen rasch unsichtbar.

Eine vollständige Meteorbeobachtung, die den ganzen Himmel umfaßt, kann man nicht allein ausführen. Dazu ist eine Gruppe von mindestens vier, besser sechs Beobachtern und einem Protokollanten nötig:



Zur Meteorhäufigkeit

Beobachtung 45

Jeder Beobachter erhält einen Teil des Himmels zur Überwachung zugewiesen. Dabei sollte die Zenitgegend gesondert behandelt werden; der betreffende Beobachter legt sich am besten flach auf eine Decke oder Luftmatratze. Der Protokollant trägt nach mündlicher Angabe der Beobachter die Meteorbahnen in eine Sternkarte ein. Außerdem werden alle Meteore in einer Liste mit folgenden Angaben erfaßt:

1. Laufende Nummer (auch in der Sternkarte vermerken!),

2. Zeit des Aufleuchtens (Uhr befindet sich beim Protokollanten),

3. Zeitdauer (geschätzt, in Viertelsekunden),

4. Geschwindigkeit (geschätzt; 1 ≙ sehr rasch, 5 ≙ sehr langsam),

5. Helligkeit (geschätzt in Größenklassen),

6. Besonderheiten (Farbe, Nachleuchten in der Bahn, Schweifbildung).

Auf der Liste werden auch alle Einflüsse angegeben, die das Beobachtungsergebnis verfälschen können: Mondschein, Abend- oder Morgendämmerung, Bewölkung, Unterbrechung der Arbeit aus verschiedenen Gründen. Die Zeitdauer des ganzen Unternehmens sollte nicht unter einer bis zwei Stunden liegen.

Eine derartige Meteorbeobachtung ist recht aufwendig. Vor allem müssen alle Beobachter und auch der Protokollant den Sternhimmel genau kennen, um die Bahnen richtig angeben und eintragen zu können. Die im Kapitel »Mit oder ohne Fernrohr« angegebenen Hilfen zur Winkelschätzung am Himmel sind hierbei auch in den Fällen nützlich, in denen nur ein Teil der Bahn gesehen wurde. Kennt man die ganze Bahn, so visiert man Anfangs- und Endpunkt nach dem Erlöschen der Erscheinung noch einmal an. Dann lassen sich die Abstände dieser Punkte von bekannten Sternen recht genau angeben. Ein Beispiel: Beobachter X ruft beim Auftauchen eines Meteors: »Jetzt!« (damit der Protokollant erst einmal Nummer und Uhrzeit notiert) und fährt dann fort: »Anfang liegt in der Mitte zwischen Kastor und α im Großen Bären, Ende 10° nördlich vom Kopf des Löwen; Dauer eine halbe Sekunde, Geschwindigkeit 3, Helligkeit 2, ganz schwaches Nachleuchten.« Der Protokollant zeichnet die Meteorbahn als Pfeil, schreibt zum Anfangspunkt die Listennummer, der Endpunkt erhält die Pfeilspitze; alle anderen Angaben kommen in die Liste.

Je weniger Beobachter sich beteiligen, desto kleiner ist der überwachbare Ausschnitt der Himmelshalbkugel. Es hat keinen Sinn, allein einen so großen Bereich kontrollieren zu wollen, daß die Augen ständig hin- und hergehen müssen. Notfalls beschränken wir uns auf den Himmel über dem Osthorizont bis in eine Höhe von 60° bis 75°. Wer ganz allein beobachtet, muß nach jeder Meteorerscheinung etwa eine Minute (Arbeitszeit zum Eintragen) von der gesamten Beobachtungszeit abrechnen.

Bei Meteorbeobachtungen, aber auch bei anderen Beobachtungen am Sternhimmel kann man manchmal Feuerkugeln aufleuchten sehen. Wenn es sich um sehr helle oder gar von Geräuschen begleitete Erscheinungen handelt, ist ein genaues Protokoll sehr wertvoll. Sternwarten sind für die Übermittlung solcher Beobachtungen dankbar.

Beobachtung 46

Wenn wir eine Feuerkugel beobachten, merken wir uns sofort den Anfangs- und den Endpunkt der Bahn und die Uhrzeit der Erscheinung. Falls im Verlaufe der Bahn Besonderheiten auftreten (z. B. Helligkeitsausbrüche, Verdoppelungen), soll deren Ort am Himmel ebenfalls im Gedächtnis bleiben. Sollten wir den Anfangspunkt der Bahn nicht kennen (vielleicht, weil wir erst später auf die Feuerkugel aufmerksam wurden), oder sollte der Endpunkt nicht beobachtbar sein (er könnte hinter Bäumen oder Häusern liegen), so ist das kein Grund, die Mitteilung an eine Sternwarte zu unterlassen!

Anschließend notieren wir:

1. Tag und Uhrzeit der Erscheinung;

2. Standort des Beobachters;

3. Anfangs- und Endpunkt der beobachteten Bahn (wie im obengenannten Beispiel oder notfalls Höhe in Grad und Himmelsrichtung angeben!);

4. Zeitdauer (in Sekunden. Die Schätzung wird am genauesten, wenn man unmittelbar nach der Beobachtung, den Sekundenzeiger seiner Uhr im Blick, die Erscheinung in Gedanken nochmals vor sich ablaufen läßt.);

5. Helligkeit (Vergleich mit hellen Sternen, Größenklassen);

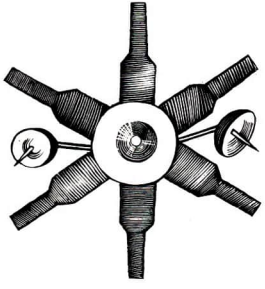
6. Besonderheiten (Form, Farbe, Form- und Farbänderungen während des Fluges, mitteilender Schweif, nachleuchtende Spur, deren Dauer, Veränderungen ihres Aussehens, Zerplatzen der Lichterscheinung, Schalleindrücke[1]*).*

[1] Hierzu auch angeben, wie viele Sekunden oder gar Minuten nach der Erscheinung sie vernommen wurden. In extremen Fällen tritt der Donner erst einige Minuten nach dem Zerplatzen der Feuerkugel auf.

Die Meldung senden wir an die nächstgelegene Sternwarte. Sollte jemand Zeuge eines Meteoritenfalls werden, dann ist allerdings ein Telegramm dringend zu empfehlen.

Sterne aus Menschenhand

* *



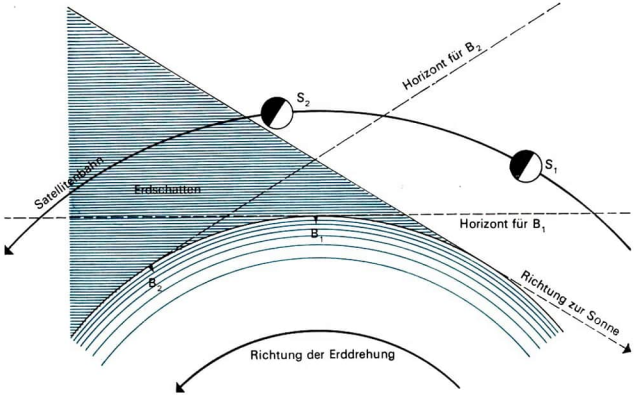
Zu den Kleinkörpern in unserem Sonnensystem müssen wir auch diejenigen zählen, von denen vor dem Jahre 1957 nur in utopischen Erzählungen oder wissenschaftlichen Prognosen die Rede war: künstliche Erdsatelliten und Raumsonden. Seit dem 4. Oktober 1957, an dem der erste von Menschen erbaute künstliche Himmelskörper, der sowjetische Meßsatellit »Sputnik 1,« auf seine Bahn gebracht wurde, haben vielgestaltige astronautische Untersuchungen das Interesse der Öffentlichkeit beansprucht. Zu den Erdsatelliten haben sich Mond- und Planetensonden gesellt, und längst ist der Start eines »gewöhnlichen« Meßsatelliten keine Angelegenheit zum Aufregen mehr.

Die Amateurbeobachter haben allerdings, was den Anblick der »künstlichen Sterne« angeht, an dieser Entwicklung kaum Anteil. Ohne spezielle Hilfsmittel sind nämlich die Mond- und Planetensonden nicht zu sehen. Dagegen bietet ein heller Erdsatellit stets ein beeindruckendes Bild. Wohl jeder von uns hat schon einmal – war es Zufall oder beabsichtigte Beobachtung – ein derartiges Objekt gesehen und bei seiner langsamen Bewegung durch die Sternbilder verfolgt. Oft genug aber mögen wir auch vergeblich gesucht haben. Wann kann man einen Erdsatelliten sehen?

Da künstliche Erdsatelliten kein eigenes Licht ausstrahlen, sehen wir sie nur im reflektierten Licht der Sonne. Sie müssen sich also außerhalb des Erdschattens befinden, und für den Beobachter muß die Sonne bereits unter- oder noch nicht aufgegangen sein. Sterne kann man am Tage nicht sehen, da dann die Sonne alles überstrahlt; das gilt natürlich auch für den kleinen künstlichen Stern. In der Skizze auf Seite 128 kann ein Beobachter im Beobachtungsort B_1 ein ziemlich großes Stück der Satellitenbahn sehen, ein Beobachter in B_2 dagegen nur den kleinen Abschnitt zwischen seinem Horizont und dem Erdschatten. Ein noch weiter links zu denkender Beobachter (für den die Sonne schon lange untergegangen wäre) könnte den Satelliten gar nicht sehen. Über seinem Horizont verläuft die Satellitenbahn völlig im Erdschatten. Natürlich spielt hierbei die Höhe der Bahn über der Erdoberfläche eine Rolle, auch die geographische Breite des Beobachtungsortes, die jahreszeitliche Änderung des Sonnenstandes und die Lage der Satellitenbahn zum Erdäquator sind nicht ohne Einfluß. Ganz grob können wir der Tabelle 14 entnehmen, wie lange in Mitteleuropa nach Sonnenuntergang oder vor Sonnenaufgang ein Satellit gesehen werden kann. Dabei ist allerdings vorauszusetzen, daß seine Bahn überhaupt über unser Gebiet hinwegführt.

Nun muß ein Satellit nicht unbedingt den Zenit unseres Beobachtungsortes durchlaufen, damit wir ihn sehen können. Es ist wie mit einem Flugzeug; je höher, aus desto größerer Entfernung können wir ihn beobachten. Tabelle 15 gibt die Höhe über dem Horizont (in Grad) an, die wir messen, wenn sich der Satellit im Zenit eines von uns um e km entfernten Ortes befindet.

Ein Satellit in etwa 500 km Höhe benötigt



Die Sichtbarkeit künstlicher Erdsatelliten

Tabelle 14

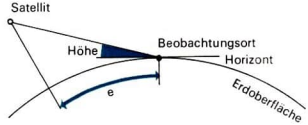
Flughöhe des Satelliten in km	250	500	800	1000	1300	1500	1700
Sichtbarkeit in Minuten	110	120	130	140	150	160	170

Tabelle 15
Sichtweite und Höhe über dem Horizont

Entfernung in km	Höhe über dem Horizont (in Grad) für eine Flughöhe von 250 km	500 km	800 km	1000 km	1300 km	1500 km	1700 km
0	90	90	90	90	90	90	90
50	78	81	85	87	88	88	88
100	68	73	82	84	85	86	86
200	50	58	75	76	79	80	81
300	40	48	67	71	74	76	77
500	25	32	54	58	64	67	69
1000	9	13	32	38	45	48	51
1600	—	—	18	23	30	33	36
2500	—	—	6	9	14	17	19

theoretisch – bei einem Durchgang durch den Zenit – elf Minuten für seinen Weg von Horizont zu Horizont. Aber selbst wenn wir annehmen, daß er die ganze Zeit von der Sonne beleuchtet wird und es an unserem Beobachtungsort schon dunkel genug ist, um ihn zu sehen, könnten wir ihn nicht über eine so lange Zeitspanne verfolgen. Als Hindernisse wirken der Horizontdunst (der die Helligkeit des künstlichen Sterns stark vermindert) und die große Entfernung. Ein 500 km hoch fliegender Erdsatellit ist, wenn wir ihn im Horizont sehen, mehr als fünf-

Wie hoch erscheint der Satellit über dem Horizont?



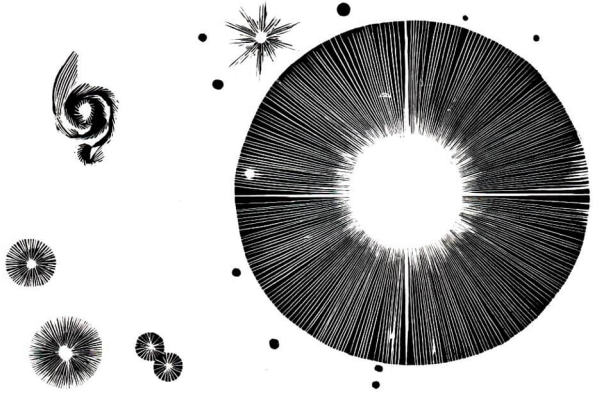
mal so weit von uns entfernt als dann, wenn er für uns im Zenit steht. Auch dadurch wird die Helligkeit des Objekts geringer; beide Effekte zusammen bewirken, daß der Satellit in Horizontnähe unsichtbar ist.

Die beobachtete Helligkeit eines künstlichen Erdsatelliten hängt aber nicht nur von der Entfernung und den atmosphärischen Einflüssen, sondern auch von der *Phase* des Objekts ab. Was das bedeutet, machen wir uns am besten am Beispiel eines kugelförmigen Satelliten klar. (Daß die meisten derartigen Flugkörper sehr kompliziert geformt sind, ändert am Prinzip der Darstellung nichts. Auch sie haben eine Sonnenseite und eine Schattenseite!) In der Skizze auf Seite 128 sind zwei Stellungen S_1 und S_2 eingetragen, von denen allerdings der Betrachter in B_2 nur eine sehen kann. Der Beobachter in B_1 blickt zunächst auf die unbeleuchtete Seite des sich nähernden Satelliten. Je höher dieser über den Horizont steigt, desto größer ist der Teil der beleuchteten Seite, den der Beobachter sieht, desto heller erscheint also das Objekt.

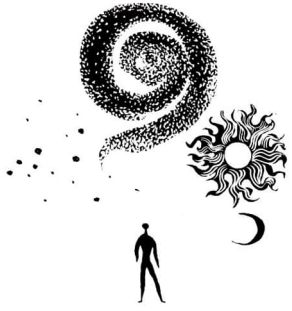
Auch die scheinbare Geschwindigkeit des Satelliten ändert sich im Laufe eines Überfluges. In Horizontnähe beobachten wir eine relativ langsame Bewegung; je näher das Objekt dem Zenit kommt, desto schneller durchläuft es seine Bahn. Die Winkelgeschwindigkeit in bezug auf den Beobachter erreicht im Zenit ihr Maximum und nimmt danach wieder ab.

Alle diese Überlegungen gelten streng nur für Zenitdurchgänge. Sie treffen jedoch für einen Satelliten, dessen Bahngipfelpunkt in einer mittleren Höhe liegt, in entsprechend abgewandelter Weise zu und können dazu beitragen, das gesuchte Objekt zu finden.

Sterne und Sternsysteme



Unendliche Vielfalt



Bei unseren bisherigen Beobachtungen beschränkten wir uns auf Objekte in unserem Sonnensystem. Sie zeigten sich in einer für manche Betrachter sicher überraschenden Vielfalt von Erscheinungsformen; man hat lange zu tun, bis man alles durchbeobachtet hat, was das Sonnensystem selbst für unsere bescheidenen optischen Hilfsmittel bietet. Ein noch reicheres Feld von Möglichkeiten finden wir, wenn wir unsere Beobachtungen auf das ganze Weltall – soweit es mit unseren Mitteln überschaubar ist – ausdehnen. Die Mannigfaltigkeit der Objekte, Erscheinungen und interessanten Zusammenhänge in der Welt der Sterne und Sternsysteme ist so groß, daß man auf Jahre hinaus mit Beobachtungsaufgaben versorgt ist – wenn man seine Ansprüche an die optische Wiedergabe im Amateurfernrohr nicht zu hoch schraubt.

Wir sind von den Beobachtungen im Sonnensystem relativ große Fernrohrbilder mit vielen Einzelheiten gewöhnt. Wer hätte nicht den Wunsch, solche Bilder auch von den Sternen, Sternhaufen und Nebeln zu sehen! Leider wird für viele Sternfreunde der erste Blick auf ein solches Objekt zu einer herben Enttäuschung! Klein, unscheinbar und lichtschwach schimmert – oft erst nach langem, angestrengtem Suchen – ein Fleckchen Grau im Gesichtsfeld. Kein Vergleich zu einer der Photographien, auf denen das gleiche Objekt in einem Lehrbuch oder in einer Zeitschrift abgebildet ist! Und gar zu oft verläßt der Amateurbeobachter bald das weite Arbeitsfeld der Stellarastronomie[1] und zieht sich ins Sonnensystem zurück.

Eine solche Entscheidung ist aber grundfalsch! Man lernt nichts dazu, wenn man bei Bekanntem stehenbleibt, und schließlich haben wir unser Fernrohr nicht gebaut, um seine Leistung dann nicht auszunutzen. Es ist nämlich ganz beachtlich, was unser Instrument von knapp 5 cm Öffnung ermöglicht! Statt 3000 Sterne bis zur 6. Größenklasse, die uns das bloße Auge zeigt, können wir mit diesem Fernrohr an der Himmelshalbkugel 200000 Sterne bis zur 10. Größenklasse sehen, dazu eine große Zahl anderer Objekte. Wir müssen nur daran denken, daß sich Sterne eben nicht vergrößern lassen und daß bei den großen Entfernungen, die bis in die Millionen Lichtjahre gehen, die beobachteten Helligkeiten zwangsläufig nur noch gering sein können. Die Fernrohrbilder der Objekte aus der Stellarastronomie sind weniger eindrucksvoll als die der Planeten und des Mondes, gewiß. Aber darum ist die Beobachtung der Sterne und Sternsysteme nicht weniger interessant. Die meisten Astronomen unserer Zeit arbeiten an Problemen der Stellarastronomie.

Bevor wir uns jedoch die einzelnen Beobachtungsobjekte vornehmen, müssen wir uns einen Überblick darüber verschaffen, was wir an ihnen sehen und untersuchen können. Wir unterscheiden vier große Gruppen: Einzel- und Doppelsterne, Sternhaufen, Nebel und Sternsysteme.

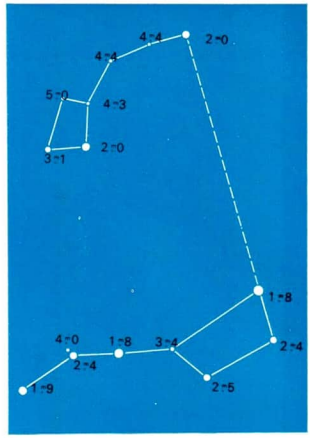
[1] vom lateinischen Worte *stella*, der Stern, abgeleitet

Einzel- und Doppelsterne

Alle Sterne sind, wie unsere Sonne, Gaskugeln, die eigenes Licht aussenden. Sie sind allerdings sehr unterschiedlich weit entfernt und strahlen überdies pro Sekunde nicht die gleiche Energiemenge ab, so daß sie uns sehr unterschiedlich hell erscheinen. Diese beobachtete oder scheinbare Helligkeit wird schon seit dem Altertum mit einer Skala bezeichnet, die in sogenannten Größenklassen geeicht ist. (Das hat nichts mit dem Durchmesser eines Sterns zu tun! Manchmal sagt man der Kürze wegen nur »Größe« statt »Größenklasse«; gemeint ist immer die scheinbare Helligkeit!) Wie in der Schule erhalten die Sterne Zensuren, und zwar die »hellen Köpfe« die »1«, die »trüben Lichter« die »5«. Sterne, die man gerade noch mit dem bloßen Auge sehen kann, bekommen sogar die »6«. Da sich im Laufe der Zeit diese alte Skale als zu ungenau erwiesen hat, wurde sie auf Null und negative Werte erweitert. Zwischenwerte wurden eingefügt, und mit zunehmender Größe der Fernrohre und der Möglichkeit, immer schwächere Sterne zu beobachten, ergaben sich auch höhere positive Werte. »Größenklasse« heißt lateinisch »magnitudo«; so erklärt sich die Schreibweise 1^m, 2^m usw.

Beobachtung 47
Wir lernen die Angaben für die scheinbare Helligkeit am besten kennen, wenn wir mit dem bloßen Auge die Sternbilder Großer und Kleiner Bär beobachten und uns dabei anhand der Skizze über die Helligkeiten der einzelnen Sterne informieren.

Wir haben gesehen, daß Entfernung und Strahlungsleistung der Sterne am Zustandekommen der unterschiedlichen scheinbaren Helligkeiten beteiligt sind. Die Leistung



Scheinbare Helligkeiten der Sterne des Großen und des Kleinen Wagens

kann man, wie bei Glühlampen, in Watt angeben. Da die Zahlen jedoch unbequem hoch würden, rechnen wir lieber in Einheiten der Sonnenleuchtkraft. (Der Ausdruck »Leuchtkraft« bedeutet in der Astronomie das gleiche wie »Strahlungsleistung«.) Es gibt Sterne mit erstaunlich hoher Leuchtkraft im Weltall – bis zum 10000fachen der Sonnenleuchtkraft! Demgegenüber finden wir aber auch Sterne, die nur ein Tausendstel der Strahlungsleistung der Sonne abgeben. Solch ein schwacher Stern kann jedoch, wenn er uns nahe genug steht, durchaus heller erscheinen als ein extrem leuchtkräftiger Stern in großer Entfernung!
Ob ein Stern eine hohe oder eine geringe Leistung abgibt, das hängt von seinem Durchmesser und von der Temperatur an seiner Oberfläche ab. (Eine eigentliche Oberfläche haben die Sterne allerdings gar nicht,

denn sie sind Gaskugeln, die nach außen diffus in den Weltraum übergehen. Wegen der großen Massen ist aber das Gas in den meisten Sternen infolge seiner eigenen Schwere so stark zusammengepreßt, daß die Dicke der Übergangsschicht vernachlässigt werden kann. Bei der Sonne beträgt sie nur 0,03% des Durchmessers. Wenn wir von »Oberfläche« sprechen, meinen wir diese Übergangsschicht, die Photosphäre.) Ein großer Gasball strahlt mehr Licht und andere Strahlungsarten ab als ein kleiner; und je heißer die äußeren Schichten sind, desto mehr Energie gibt jeder einzelne Quadratmeter der Oberfläche ab. Den Sterndurchmesser können wir mit amateurmäßigen Mitteln nicht bestimmen, aber über die Temperatur der Sternoberfläche läßt sich eine Aussage treffen.

Die Farben der Sterne hängen nämlich eng mit den Oberflächentemperaturen zusammen (Tabelle 16). Leider können wir mit dem bloßen Auge nur bei wenigen Sternen überhaupt eine Färbung erkennen. Das liegt in der geringen Helligkeit des Sternlichtes begründet; die farbempfindlichen Netzhautzäpfchen in unserem Auge benötigen eine bestimmte Mindestlichtstärke, um überhaupt anzusprechen. Diese Schwelle wird nur von den hellsten Sternen überschritten, und auch das Fernrohr hilft nicht sehr viel weiter. In der Wissenschaft bedient man sich eines speziellen photometrischen Verfahrens, das diesen Mangel ausschließt.

Tabelle 16

Sternfarben und Sterntemperaturen

Farbe des Sternlichts	Temperatur an der Sternoberfläche (in K)
bläulich	25000
bläulichweiß	15000
weiß	9000
gelblichweiß	7000
gelblich	6000
gelborange	4000
rötlich	2500

Eine relativ große Anzahl von Sternen besitzt keine konstante Leuchtkraft. Das äußert sich in einer regelmäßig oder unregelmäßig veränderlichen scheinbaren Helligkeit. Solche Sterne heißen Veränderliche Sterne oder kurz Veränderliche. Aus dem Helligkeitswechsel kann der Astronom wichtige Schlüsse auf seine Ursachen und darüber hinaus auf den Entwicklungszustand und die innere Struktur des Sterns ziehen, deshalb bildet die Veränderlichenforschung heute ein vielbeachtetes Spezialgebiet der Astrophysik. Für uns ist von Interesse, daß auch Amateurastronomen auf diesem Gebiet mitarbeiten und, wenn Fleiß und Ausdauer vorhanden sind, den Fachleuten wissenschaftlich sehr wertvolles Beobachtungsmaterial zur Verfügung stellen können. Große Instrumente sind dazu nicht vonnöten.

Beobachtung 48

Wir suchen einen Veränderlichen Stern auf, fassen einige benachbarte Sterne (von denen wenigstens einer heller und einer schwächer als der Veränderliche sein soll) ins Auge und vergleichen ihre Helligkeiten miteinander.

Die geschätzten Helligkeitsunterschiede werden dabei in »Stufen« ausgedrückt. Friedrich Wilhelm Argelander (1799—1875), der diese Methode der Stufenschätzung entwickelte, charakterisierte die Helligkeitsunterschiede folgendermaßen:

»Erscheinen mir beide Sterne immer gleich hell oder möchte ich bald den einen, bald den anderen ein wenig heller schätzen, so nenne ich sie beide gleich hell . . .« (*0 Stufen Unterschied*). »Kommen mir auf den ersten Blick zwar beide Sterne gleich hell vor, er-

kenne ich aber bei aufmerksamer Betrachtung und wiederholtem Übergange von a zu b und b zu a entweder immer oder doch nur mit sehr seltenen Ausnahmen a für eben bemerkbar heller, so nenne ich a um *eine Stufe heller* als b.« (Mit a und b bezeichnet Argelander die beiden Sterne.) »Erscheint der eine Stern stets und unzweifelhaft heller als der andere, so wird dieser Unterschied für *zwei Stufen* angenommen.« »Eine auf den ersten Blick ins Auge fallende Verschiedenheit gilt für *drei Stufen*.« Ist der Unterschied noch größer, so setzt man vier, fünf oder gar sechs Stufen ein, dabei muß man aber mit wachsender Ungenauigkeit der Ergebnisse rechnen. Ansonsten liefert die Argelandersche Methode der Stufenschätzung überraschend exakte Ergebnisse. Geübte Beobachter können mit ihrer Hilfe die scheinbare Helligkeit eines Sterns bis auf 0,1 Größenklassen genau angeben.

Wir beziehen in Beobachtung 48 den Veränderlichen in die Helligkeitsvergleiche ein. Die Vergleichssterne nennen wir wie Argelander a, b, c, d . . ., den Veränderlichen v. Finden wir, daß der Veränderliche bei einer Beobachtung zwei Stufen heller ist als c, aber drei Stufen schwächer als b, so notieren wir: b 3 v 2 c. Die Eintragung a 0 v 2 d bedeutet: a und v sind gleich hell, d aber ist zwei Stufen schwächer als v. (Links steht also immer der hellste, rechts der schwächste der drei Sterne; v soll stets in der Mitte stehen.) Diese Beobachtungen müssen in Abständen, die der Geschwindigkeit des Lichtwechsels angemessen sind, über eine möglichst lange Zeit hinweg fortgesetzt werden. Das wird leicht möglich sein, denn sie sind schnell erledigt – die meiste Zeit werden wir aufwenden, um den Veränderlichen aufzusuchen – und lassen sich sozusagen »nebenbei« an jedem Beobachtungsabend mit durchführen. Wir müssen uns nur vornehmen, diese Arbeit nicht zu vernachlässigen.

Liegt genügend Beobachtungsmaterial vor, so können wir an die Auswertung gehen. Zunächst stellen wir fest, um wieviele Stufen sich die Vergleichssterne voneinander unterscheiden. Haben wir z. B. notiert

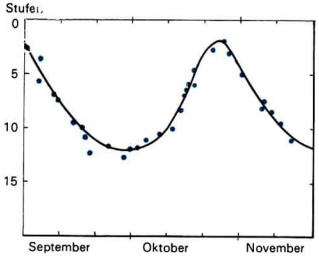
c 3 v 2 d
c 3 v 3 d
c 3 v 2 d,

so bedeutet das, daß uns c und d zweimal um 5 und einmal um 6 Stufen unterschiedlich erschienen. Da es sich in der Regel aber um Sterne mit konstanter Helligkeit handelt, muß die Abweichung ihre Ursache in der Ungenauigkeit unserer Schätzung haben. Wir bilden den Mittelwert, in unserem Beispiel $\frac{5+6+5}{3} = \frac{16}{3} \approx 5{,}3$. (Also schreiben wir neu: c 5,3 d.) Der hellste Vergleichsstern erhält nun die Helligkeitsangabe »0 Stufen«, alle anderen werden in eine Skala eingeordnet, die auf diese Helligkeit bezogen ist.

Beispiel: Wir finden c 5,3 d; a 4,0 b; b 1,5 c. Dann ist offenbar a der hellste der Vergleichssterne, und unsere Skala lautet:

Stern	mittlerer Unterschied	absolut
a		0
	4,0	
b		4,0
	1,5	
c		5,5
	5,3	
d		10,8

In der rechten Spalte ist der Helligkeitsunterschied der anderen Sterne gegen a enthalten. In diese Skala können wir nun alle Schätzungen einordnen, indem wir angeben, wieviele Stufen der Veränderliche jeweils schwächer war als der hellste Vergleichsstern. Wir beziehen uns dabei auf die schon errechneten



Lichtkurve eines Veränderlichen

mittleren Unterschiede der Vergleichssternhelligkeiten und bestimmen die beobachtete Differenz folgendermaßen:
Beobachtet wurde c x v y d (x und y sind Stufenangaben); der berechnete mittlere Unterschied zwischen c und d ist z. Dann ist die beobachtete Differenz c u v zu berechnen:

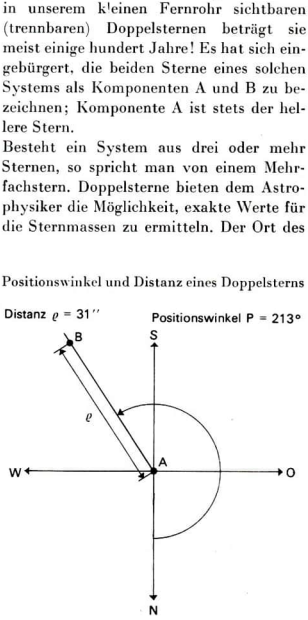
$$u = x \cdot \frac{z}{x + y}.$$

Beispiel: Notiert wurde c 3 v 2 d, also x = 3, y = 2. Aus der Skala entnehmen wir c 5,3 d, also z = 5,3. Die beobachtete Differenz ist dann $u = 3 \cdot \frac{5{,}3}{3+2} = 3{,}2$. *Wir schreiben als endgültiges Ergebnis auf: Am betreffenden Abend wurde der Veränderliche 3,2 Stufen schwächer als c beobachtet. Das bedeutet aber, da c um 5,5 Stufen schwächer ist als a, daß wir auch schreiben können: a 8,7 v.*
Haben wir alle Beobachtungen in dieser Weise auf a reduziert, dann können wir die Ergebnisse graphisch darstellen (vgl. Abb. oben), und wenn wir ein wenig Glück haben, auch daraus bereits ablesen, ob unser Veränderlicher einen periodischen Lichtwechsel hat oder nicht.

Doppelsterne

– man sollte besser sagen: Doppelsternsysteme – sind im Weltall recht häufig. In einem solchen System bewegen sich zwei Sterne unter dem Einfluß ihrer gegenseitigen Anziehungskraft um einen gemeinsamen Schwerpunkt. Ihre scheinbaren gegenseitigen Abstände sind so klein, daß man sie mit dem bloßen Auge und oft auch in einem schwach vergrößernden Fernrohr nur als einen einzigen Lichtpunkt sieht. Erst bei stärkerer Vergrößerung lassen sie sich trennen. Allerdings kann man die Umlaufsbewegung nicht direkt verfolgen. Bei den in unserem kleinen Fernrohr sichtbaren (trennbaren) Doppelsternen beträgt sie meist einige hundert Jahre! Es hat sich eingebürgert, die beiden Sterne eines solchen Systems als Komponenten A und B zu bezeichnen; Komponente A ist stets der hellere Stern.
Besteht ein System aus drei oder mehr Sternen, so spricht man von einem Mehrfachstern. Doppelsterne bieten dem Astrophysiker die Möglichkeit, exakte Werte für die Sternmassen zu ermitteln. Der Ort des

Positionswinkel und Distanz eines Doppelsterns



Begleitsterns (B) in bezug auf den Hauptstern (A) wird durch den Positionswinkel und die scheinbare Entfernung angegeben. Die Skizze zeigt, wie das zu verstehen ist.
Sterne, die zufällig geringen Winkelabstand voneinander besitzen, aber physikalisch nicht zusammengehören, heißen *optische* Doppelsterne. Sie befinden sich im Raum weit voneinander entfernt und sind in diesem Zusammenhang uninteressant. Von besonderem Reiz bei der Doppelsternbeobachtung sind Systeme, deren Komponenten stark unterschiedliche Oberflächentemperaturen haben, weil die Farbkontraste bei den geringen Winkelabständen sehr deutlich zu sehen sind.

Sternhaufen

Unter einem Sternhaufen versteht man eine Ansammlung von Sternen auf engem Raum, die physikalisch zusammengehören und vermutlich auch zur gleichen Zeit entstanden sind. Für uns sind vor allem die offenen Sternhaufen und die Kugelsternhaufen von Bedeutung. Offene Sternhaufen haben erheblich weniger Sterne und eine viel geringere Sterndichte als kugelförmige. Während in kleinen Fernrohren die meisten offenen Sternhaufen leicht in Einzelsterne aufgelöst werden, erscheinen kugelförmige Sternhaufen nur als neblig-graue Flecken. Selbst große Teleskope können die inneren Regionen der Kugelsternhaufen in der Regel nicht auflösen; daran ist neben der höheren Sterndichte aber auch die große Entfernung dieser Objekte schuld.

Nebel

Als Nebel bezeichnet der Astronom alle Gas- und Staubansammlungen zwischen den Sternen. Oftmals wird das Wort aber auch fälschlicherweise als Bezeichnung für ein ganzes Sternsystem gebraucht; das bekannteste Beispiel hierfür ist der »Andromedanebel«. Wir können die »echten« Nebel sehen, weil sie entweder selbst leuchten (Gasnebel) oder das Licht nahe stehender Sterne reflektieren (Staubnebel). Dichte, nichtleuchtende Staubmassen verraten ihre Existenz, weil sie das Licht der dahinter befindlichen Sterne verschlucken. Man beobachtet dann Gebiete, in denen scheinbar keine Sterne vorhanden sind; in solchen Fällen sprechen wir von Dunkelnebeln oder Dunkelwolken. Die Astrophysik kennt auch Methoden, um nichtleuchtende Gasmassen festzustellen (Radioastronomie!). In unserem Amateurfernrohr unterscheiden sich die Nebel, wenn überhaupt, nur durch ihre Gestalt von den Kugelsternhaufen: Galaktische[1] Nebel sind meist unregelmäßig geformt. Wegen der geringen Helligkeit ist eine schwache Vergrößerung, die ja die lichtstärksten Bilder liefert, vorzuziehen. Im übrigen empfiehlt sich, ähnlich wie bei der Beobachtung von Kometen, nicht genau den im Gesichtsfeld des Fernrohrs sichtbaren Nebel ins Auge zu fassen, sondern etwas an ihm vorbeizusehen. Man kann dann – das ist eine Eigenart des menschlichen Auges – die Gestalt eines so lichtschwachen Objekts besser erkennen.
Eine Ausnahme hinsichtlich der Gestalt machen die planetarischen Nebel, die meist als Kreisscheiben oder Ringe erscheinen. Mit Planeten haben sie jedoch nichts zu tun; vielmehr handelt es sich bei ihnen wahrscheinlich um Überreste von Sternexplosionen.

Sternsysteme

Unsere Sonne bildet zusammen mit rund 100 Milliarden anderen Sternen, mit Sternhaufen und mit großen Gas- und Staub-

[1] zur Galaxis, also zu unserem Sternsystem gehörend. Nur von solchen Nebeln ist hier die Rede.

ansammlungen ein Sternsystem. Die darin vereinigten Himmelskörper gehören physikalisch zusammen, sie umlaufen auf großen Ellipsenbahnen ein gemeinsames Zentrum; das Sternsystem rotiert. Allerdings vollzieht sich ein Umlauf in riesigen Zeiträumen, die Sonne benötigt dafür rund 250 Millionen Jahre! Von unserem innerhalb des Systems gelegenen Standpunkt aus bietet das Ganze den Eindruck eines Ringes oder Bandes aus Sternen, das uns umgibt. Wir kennen dieses Band – es ist die Milchstraße, die in größeren Fernrohren tatsächlich in Tausende schwacher Sterne aufgelöst werden kann. Das ganze System – Milchstraßensystem oder auch Galaxis genannt – hat die Form eines Diskus mit einer Verdickung in der Mitte, es ist jedoch nicht gleichmäßig mit Sternen gefüllt. Vielmehr konzentrieren sich die Sterne (vor allem die absolut hellen) in einzelnen Spiralarmen innerhalb des Diskus.

Das Foto auf Seite 39 zeigt ein anderes Sternsystem, das wir in unserem kleinen Fernrohr nur als verwaschenen Lichtfleck wahrnehmen können. Auf der mit einem größeren Instrument gewonnenen Aufnahme können wir die Spiralstruktur leicht erkennen; so ähnlich dürfte auch unsere Galaxis, von außen betrachtet, aussehen. So weit wir sehen können, ist das Weltall mit Sternsystemen erfüllt. Unser kleines Fernrohr zeigt uns nur die hellsten und nahesten, und auch diese nur als unscheinbare, graue Flecken. Wer aber bei der Beobachtung eines solchen Objekts daran denkt, daß er ein Sternsystem vor sich hat mit Hunderten von Milliarden Sternen, daß das Licht, das in sein Auge dringt, einige Millionen Jahre unterwegs war, der wird auch an diesem unansehnlichen Gebilde etwas zum Staunen finden: Staunen darüber, daß und wie es menschlichem Geist gelungen ist, die Erkenntnis der Welt bis in diese unvorstellbar großen Entfernungen auszudehnen und die überall wirkenden Gesetze zu finden.

Beobachtung 49

Wir suchen uns auf der Sternkarte ein Gebiet A innerhalb der Milchstraße und ein anderes (B) weit außerhalb der Milchstraße aus. Beide Gebiete sollen sich in mindestens 40° Höhe über dem Horizont befinden. Wir richten das Fernrohr auf einen auffälligen Stern im Gebiet A und zählen alle im Gesichtsfeld befindlichen Sterne. Unter Umständen müssen wir das Instrument dabei auch nachführen, dann dient der helle Stern als Leitobjekt. Anschließend beobachten wir in gleicher Weise das Gebiet B.

Der Vergleich der Sternanzahlen zeigt, daß im Bereich der Milchstraße die schwachen Sterne in der Überzahl sind. Je geringere Helligkeiten wir mit unserem Instrument noch erfassen können, desto deutlicher wird das sichtbar.

Die meisten Nebel und Sternsysteme sind in kleinen Fernrohren ausgesprochen schwierige Objekte. Wir wollen aber nicht verzagen, wenn wir einmal vergeblich gesucht haben. Unser Mißerfolg kann durchaus in der geringen Helligkeit des Objekts begründet sein. Die im Kapitel »Lohnende Beobachtungsobjekte« angegebenen Helligkeiten sind nämlich die, die der Nebel oder das Sternsystem hätte, wenn sein Licht auf einen Punkt konzentriert wäre.

Eine Entscheidung über die Beobachtbarkeit treffen wir am besten, indem wir das Objekt je nach Ausdehnung um zwei bis drei Größenklassen schwächer annehmen als angegeben und dann mit der Grenzhelligkeit vergleichen, die unser Instrument bei Sternen noch erfaßt.

Lohnende Beobachtungsobjekte

* *



Die folgende Zusammenstellung lohnender Beobachtungsobjekte enthält, nach Sternbildern geordnet, alle mit kleinen Instrumenten gut sichtbaren Doppelsterne, Veränderlichen, offenen und kugelförmigen Sternhaufen, Nebel und Galaxien (Sternsysteme). In jedem Falle ist angegeben, ob zur Beobachtung das bloße Auge genügt (A) oder ob ein Fernrohr mit 3 cm (F3), 5 cm (F5) oder 7 cm Öffnung (F7) benötigt wird. F3 und F5 können selbstverständlich auch Feldstecher sein.

Welche Sternbilder zu einer bestimmten Zeit sichtbar sind, entnehmen wir aus der drehbaren Sternkarte. In den einzelnen Hinweisen bedeuten:

m; m_1; m_2 scheinbare Helligkeiten

P	Positionswinkel[1]
ϱ	Distanz[1]
Max	Maximum[2]
Min	Minimum[2]
T	Periode

[1] bei Doppelsternen, genäherte Werte
[2] der scheinbaren Helligkeit bei Veränderlichen Sternen

d	Durchmesser
m	Größenklassen
°	Grad
′	Bogenminuten
″	Bogensekunden
d	Tage
h	Stunden
min	Minuten
irr.	unregelmäßig.

Sterne werden mit griechischen oder lateinischen Buchstaben oder mit Zahlen und in jedem Falle mit dem abgekürzten lateinischen Sternbildnamen bezeichnet:

α in der Andromeda = α Andromedae = α And

23 im Großen Bären = 23 Ursae Maioris = 23 UMa

RR in der Leier = RR Lyrae = RR Lyr.

Sternhaufen, Nebel und Galaxien (Sternsysteme) tragen Nummern, die den Katalogen von Messier (M) oder Dreyer (New General Catalogue, NGC) entnommen sind. Alle Objekte sind im Sternatlas eingetragen. Wir finden sie am besten, indem wir die in der zweiten und dritten Spalte angegebenen Koordinaten zu Hilfe nehmen; bei allen Objekten sind nach der Bezeichnung (1. Spalte) die Rektaszension (2. Spalte) und die Deklination (3. Spalte) verzeichnet. Diese Koordinaten entsprechen, wie auch der Sternatlas, dem Stand von 1950. (Das bedeutet nicht, daß sie veraltet wären. Die Koordinaten ändern sich wegen der sogenannten Präzession der Erdachse nur sehr langsam. Um Vergleichsmöglichkeiten zu haben, berechnet man sie vereinbarungsgemäß meist für 1950. Vgl. Anmerkung zu Tabelle 4 auf Seite 74.)

Sternbilder

deutscher Name	lateinischer Name	lateinischer Genitiv	internationale Abkürzung
Achterdeck	Puppis	Puppis	Pup
Adler	Aquila	Aquilae	Aql
Andromeda	Andromeda	Andromedae	And
Becher	Crater	Crateris	Crt
Bootes	Bootes	Bootis	Boo
Cepheus	Cepheus	Cephei	Cep
Delphin	Delphinus	Delphini	Del
Drache	Draco	Draconis	Dra
Dreieck	Triangulum	Trianguli	Tri
Eidechse	Lacerta	Lacertae	Lac
Einhorn	Monoceros	Monocerotis	Mon
Eridanus	Eridanus	Eridani	Eri
Fische	Pisces	Piscium	Psc
Füchslein	Vulpecula	Vulpeculae	Vul
Fuhrmann	Auriga	Aurigae	Aur
Giraffe	Camelopardalis	Camelopardalis	Cam
Großer Bär	Ursa Maior	Ursae Maioris	UMa
Großer Hund	Canis Maior	Canis Maioris	CMa
Haar der Berenike	Coma (Berenices)	Comae (Berenices)	Com
Hase	Lepus	Leporis	Lep
Herkules	Hercules	Herculis	Her
Jagdhunde	Canes Venatici	Canum Venaticorum	CVn
Jungfrau	Virgo	Virginis	Vir
Kassiopeia	Cassiopeia	Cassiopeiae	Cas
Kleiner Bär	Ursa Minor	Ursae Minoris	UMi
Kleiner Hund	Canis Minor	Canis Minoris	CMi
Kleiner Löwe	Leo Minor	Leonis Minoris	LMi

deutscher Name	lateinischer Name	lateinischer Genitiv	internationale Abkürzung
Krebs	Cancer	Cancri	Cnc
Leier	Lyra	Lyrae	Lyr
Löwe	Leo	Leonis	Leo
Luchs	Lynx	Lyncis	Lyn
Nördliche Krone	Corona Borealis	Coronae Borealis	CrB
Orion	Orion	Orionis	Ori
Pegasus	Pegasus	Pegasi	Peg
Perseus	Perseus	Persei	Per
Pfeil	Sagitta	Sagittae	Sge
Pferdchen	Equuleus	Equulei	Equ
Rabe	Corvus	Corvi	Crv
Schild	Scutum	Scuti	Set
Schlange	Serpens	Serpentis	Ser
Schlangenträger	Ophiuchus	Ophiuchi	Oph
Schütze	Sagittarius	Sagittarii	Sgr
Schwan	Cygnus	Cygni	Cyg
Sextant	Sextans	Sextantis	Sex
Skorpion	Scorpius	Scorpii	Sco
Steinbock	Capricornus	Capricorni	Cap
Stier	Taurus	Tauri	Tau
Waage	Libra	Librae	Lib
Walfisch	Cetus	Ceti	Cet
Wassermann	Aquarius	Aquarii	Aqr
Wasserschlange	Hydra	Hydrae	Hya
Widder	Aries	Arietis	Ari
Zwillinge	Gemini	Geminorum	Gem

Achterdeck (Puppis)

offene Sternhaufen			d	m		
M 47	$7^h\,34^{min}$	$-14°.4$	25′	$4^m.5$		(F3)
M 46	$7^h\,40^{min}$	$-14°.7$	24′	$6^m.6$		(F3)

Adler (Aquila)

Doppelstern			m_1	m_2	P	ϱ	
57 Aql	$19^h\,52^{min}$	$-8°.4$	$5^m.8$	$6^m.5$	170°	36″	(F5)
Veränderliche			Max	Min	T		
R Aql	$19^h\,04^{min}$	$+8°.3$	$6^m.3$	$11^m.4$	293^d		(F7)
η Aql	$19^h\,50^{min}$	$+0°.9$	$3^m.7$	$4^m.5$	$7^d.2$		(A)

Andromeda (Andromeda)

Doppelsterne			m_1	m_2	P	ϱ	
γ And	$2^h\,01^{min}$	$+42°.1$	$2^m.4$	$5^m.1$	64°	10″	(F3)
59 And	$2^h\,08^{min}$	$+38°.8$	$6^m.1$	$6^m.7$	35°	17″	(F7)
Veränderlicher			Max	Min	T		
R And	$0^h\,21^{min}$	$+38°.3$	$6^m.7$	$14^m.3$	$409^d.5$		(F7)
offener Sternhaufen			d	m			
NGC 752	$1^h\,55^{min}$	$+37°.4$	45′	$7^m.0$			(F5)
Galaxien			d	m			
NGC 205	$0^h\,38^{min}$	$+41°.4$	$16 \times 26'$	$8^m.2$			(F7)
M 32	$0^h\,40^{min}$	$+40°.6$	$12 \times 8'$	$8^m.2$			(F5)
M 31	$0^h\,40^{min}$	$+41°.0$	$197 \times 92'$	$3^m.8$			(A)

Bootes (Bootes)

Doppelsterne			m_1	m_2	P	ϱ	
ι Boo	$14^h\,14^{min}$	$+51°.6$	$4^m.8$	$8^m.3$	33°	38″	(F7)
π Boo	$14^h\,38^{min}$	$+16°.6$	$4^m.9$	$5^m.8$	108°	6″	(F5)
ε Boo	$14^h\,43^{min}$	$+27°.3$	$2^m.7$	$5^m.3$	336°	3″	(F7)
Veränderliche			Max	Min	T		
V Boo	$14^h\,28^{min}$	$+39°.1$	$7^m.8$	$10^m.1$	258^d		(F7)
R Boo	$14^h\,35^{min}$	$+26°.9$	$7^m.5$	$12^m.4$	223^d		(F7)

Cepheus (Cepheus)

Doppelsterne				m_1	m_2	P	ϱ	
147	Cep	21h 50min	+55°.6	5m.9	6m.8	195°	18″	(F5)
ξ	Cep	22h 02min	+64°.4	4m.6	6m.6	278°	8″	(F5)
δ	Cep	22h 27min	+58°.2	3m.6–4m.3	7m.5	192	41″	(F3)

Veränderliche				Max	Min	T	
T	Cep	21h 09min	+68°.3	5m.8	10m.3	375d	(F7)
μ	Cep	21h 42min	+58°.5	3m.7	4m.7	irr.	(A)
δ	Cep	22h 27min	+58°.2	3m.6	4m.3	5d.4	(A)
U	Cep	0h 58min	+81°.6	6m.7	9m.8	2d.5	(F5)

Delphin (Delphinus)

Doppelstern				m_1	m_2	P	ϱ	
γ	Del	20h 44min	+16°.0	4m.5	5m.4	269°	10″	(F3)

Drache (Draco)

Doppelsterne				m_1	m_2	P	ϱ	
ν	Dra	17h 31min	+55°.2	4m.9	4m.9	312°	62″	(F5)
ψ	Dra	17h 43min	+72°.2	4m.9	6m.1	15°	30″	(F3)
40/41	Dra	18h 04min	+80°.0	5m.8	6m.2	233°	19″	(F3)

Veränderlicher				Max	Min	T	
R	Dra	16h 33min	+66°.9	7m.6	12m.6	246d	(F7)

Dreieck (Triangulum)

Doppelstern				m_1	m_2	P	ϱ	
ι	Tri	2h 10min	+30°.1	5m.4	7m.0	71°	4″	(F5)

Veränderlicher				Max	Min	T	
R	Tri	2h 34min	+34°.1	6m.3	11m.6	266d	(F7)

Galaxie			d	m	
M 33	1h 31min	+30°.4	53 × 83′	5m.8	(F7)

Einhorn (Monoceros)

Doppelsterne			m_1	m_2	P	ϱ	
ε Mon	$6^h\,21^{min}$	$+\ 4°.6$	$4^m.5$	$6^m.7$	28°	13″	(F5)
β Mon AB	$6^h\,26^{min}$	$-\ 7°.0$	$4^m.7$	$5^m.2$	132°	7″	(F5)
β Mon BC	$6^h\,26^{min}$	$-\ 7°.0$	$5^m.2$	$5^m.6$	107°	3″	(F7)

Veränderlicher			Max	Min	T	
T Mon	$6^h\,23^{min}$	$+\ 7°.1$	$6^m.0$	$6^m.9$	27^d	(F3)

offene Sternhaufen			d	m		
NGC 2244	$6^h\,30^{min}$	$+\ 4°.9$	25′	$5^m.2$		(F3)
NGC 2301	$6^h\,49^{min}$	$+\ 0°.5$	15′	$5^m.8$		(F3)
M 50	$7^h\,01^{min}$	$-\ 8°.3$	15′	$6^m.8$		(F5)

Fische (Pisces)

Doppelsterne			m_1	m_2	P	ϱ	
65 Psc	$0^h\,47^{min}$	$+27°.4$	$6^m.3$	$6^m.3$	297°	4″	(F5)
ψ^1 Psc	$1^h\,03^{min}$	$+21°.2$	$5^m.6$	$5^m.8$	160°	30″	(F3)
ζ Psc	$1^h\,11^{min}$	$+\ 7°.3$	$5^m.6$	$6^m.6$	63°	24″	(F3)

Füchslein (Vulpecula)

Veränderliche			Max	Min	T	
SV Vul	$19^h\,50^{min}$	$+27°.3$	$6^m.9$	$7^m.9$	45^d	(F3)
T Vul	$20^h\,49^{min}$	$+28°.1$	$5^m.4$	$6^m.1$	$4^d.4$	(F3)

offener Sternhaufen			d	m		
NGC 6885	$20^h\,10^{min}$	$+26°.3$	20′	$9^m.1$		(F5)

Nebel			d	m		
M 27	$19^h\,57^{min}$	$+22°.6$	7′	$7^m.6$		(F7)

Fuhrmann (Auriga)

Veränderliche			Max	Min	T	
R Aur	$5^h\,13^{min}$	$+53°.5$	$7^m.7$	$13^m.2$	460^d	(F7)
RT Aur	$6^h\,25^{min}$	$+30°.5$	$5^m.1$	$5^m.8$	$3^d.7$	(F3)

offene Sternhaufen			d	m		
M 38	$5^h\,25^{min}$	$+35°.8$	25′	$7^m.0$		(7F)
M 36	$5^h\,32^{min}$	$+34°.1$	16′	$6^m.5$		(F5)
M 37	$5^h\,49^{min}$	$+32°.6$	20′	$6^m.2$		(F5)

Giraffe (Camelopardalis)

Doppelstern			m_1	m_2	P	ϱ	
32 Cam	$12^h\,49^{min}$	$+83°.7$	$5^m.3$	$5^m.8$	326°	22″	(F3)
Galaxie			d	m			
NGC 2403	$7^h\,32^{min}$	$+65°.7$	$28 \times 15'$	$8^m.5$			(F7)

Großer Bär (Ursa Maior)

Doppelstern[1]			m_1	m_2	P	ϱ	
ζ UMa	$13^h\,22^{min}$	$+55°.2$	$2^m.4$	$4^m.1$	151°	15″	(F3)
Veränderliche			Max	Min	T		
TX UMa	$10^h\,42^{min}$	$+45°.6$	$6^m.8$	$8^m.9$	$3^d.1$		(F5)
T UMa	$12^h\,34^{min}$	$+59°.8$	$7^m.8$	$13^m.0$	257^d		(F7)
S UMa	$12^h\,42^{min}$	$+61°.4$	$7^m.6$	$11^m.7$	226^d		(F7)
Galaxien			d	m			
M 81	$9^h\,52^{min}$	$+69°.3$	$35 \times 14'$	$7^m.0$			(F7)
M 82	$9^h\,52^{min}$	$+69°.9$	$8 \times 13'$	$8^m.4$			(F7)
M 101	$14^h\,01^{min}$	$+54°.6$	$28 \times 28'$	$7^m.9$			(F7)

[1] ζ UMa (Mizar) bildet mit g UMa (Alkor) einen optischen Doppelstern mit $\varrho = 11'$.

Großer Hund (Canis Maior)

Veränderlicher			Max	Min	T		
R CMa	$7^h\,17^{min}$	$-16°.3$	$5^m.4$	$6^m.1$	$1^d.1$		(F3)
offener Sternhaufen			d	m			
M 41	$6^h\,45^{min}$	$-20°.7$	$30'$	$5^m.0$			(F3)

Haar der Berenike (Coma Berenices)[1]

Doppelsterne			m_1	m_2	P	ϱ	
2 Com	$12^h\,02^{min}$	$+21°.7$	$6^m.0$	$7^m.4$	238°	4″	(F5)
24 Com	$12^h\,33^{min}$	$+18°.7$	$5^m.2$	$6^m.9$	269°	20″	(F3)
Galaxie			d	m			
M 64	$12^h\,54^{min}$	$+21°.8$	$8 \times 12'$	$8^m.5$			(F7)

[1] Das ganze Sternbild wirkt wie ein großer Sternhaufen, wenn man es bei schwacher Vergrößerung betrachtet.

Hase (Lepus)

Doppelstern			m_1	m_2	P	ϱ	
γ Lep	$5^h\,42^{min}$	$-22°.5$	$3^m.8$	$6^m.4$	351°	95″	(F5)

Herkules (Hercules)

Doppelsterne			m_1	m_2	P	ϱ	
$\varkappa$ Her	$16^h\,06^{min}$	$+17°.2$	$5^m.3$	$6^m.5$	12°	28″	(F5)
36/37 Her	$16^h\,38^{min}$	$+\ 4°.3$	$5^m.7$	$6^m.8$	230°	70″	(F5)
α Her	$17^h\,12^{min}$	$+14°.5$	$3^m.1-3^m.9$	$5^m.7$	109°	5″	(F5)
ϱ Her	$17^h\,22^{min}$	$+37°.2$	$4^m.5$	$5^m.5$	316°	4″	(F5)
95 Her	$17^h\,59^{min}$	$+21°.6$	$5^m.1$	$5^m.2$	258°	6″	(F5)
100 Her	$18^h\,06^{min}$	$+26°.1$	$5^m.9$	$5^m.9$	3°	14″	(F5)

Veränderliche			Max	Min	T		
U Her	$16^h\,24^{min}$	$+19°.0$	$7^m.4$	$12^m.2$	406^d		(F7)
S Her	$16^h\,50^{min}$	$+15°.0$	$7^m.4$	$13^m.4$	307^d		(F7)
68 Her	$17^h\,15^{min}$	$+33°.5$	$4^m.8$	$5^m.4$	$2^d.1$		(A)
T Her	$18^h\,07^{min}$	$+31°.0$	$7^m.8$	$12^m.9$	165^d		(F7)

Kugelsternhaufen			d	m			
M 13	$16^h\,40^{min}$	$+36°.6$	11′	$6^m.8$			(A)
M 92	$17^h\,16^{min}$	$+43°.2$	3′	$7^m.3$			(F3)

Jagdhunde (Canes Venatici)

Doppelstern			m_1	m_2	P	ϱ	
α CVn	$12^h\,54^{min}$	$+38°.6$	$2^m.9$	$5^m.5$	228°	20″	(F3)

Kugelsternhaufen			d	m			
M 3	$13^h\,40^{min}$	$+28°.6$	9′	$7^m.2$			(F7)

Galaxien			d	m			
M 106	$12^h\,16^{min}$	$+47°.6$	$10 \times 24'$	$8^m.4$			(F7)
M 94	$12^h\,49^{min}$	$+41°.4$	13′	$8^m.3$			(F7)
M 63	$13^h\,14^{min}$	$+42°.3$	$10 \times 16'$	$8^m.6$			(F7)
M 51	$13^h\,28^{min}$	$+47°.5$	$14 \times 10'$	$8^m.4$			(F7)

Jungfrau (Virgo)

Doppelstern			m_1	m_2	P	ϱ	
γ Vir	$12^h\,39^{min}$	$-1°.2$	$3^m.7$	$3^m.7$	310°	5″	(F5)
Galaxien			**d**	**m**			
M 49	$12^h\,27^{min}$	$+8°.3$	$11 \times 12'$	$8^m.5$			(F7)
M 87	$12^h\,28^{min}$	$+12°.7$	$11 \times 11'$	$8^m.7$			(F7)
M 104	$12^h\,37^{min}$	$-11°.4$	$11 \times 12'$	$8^m.3$			(F7)

Kassiopeia (Cassiopeia)

Doppelstern			m_1	m_2	P	ϱ	
ψ Cas	$1^h\,22^{min}$	$+67°.9$	$5^m.0$	$9^m.9$	117°	23″	(F5)
Veränderliche			**Max**	**Min**	**T**		
R Cas	$23^h\,55^{min}$	$+51°.1$	$5^m.3$	$12^m.0$	434^d		(F3/F7)
α Cas	$0^h\,38^{min}$	$+56°.3$	$2^m.2$	$3^m.1$	irr.		(A)
RZ Cas	$2^h\,44^{min}$	$+69°.4$	$6^m.4$	$7^m.8$	$1^d.2$		(F3)
offene Sternhaufen			**d**	**m**			
NGC 457	$1^h\,16^{min}$	$+58°.1$	10′	$7^m.5$			(F5)
M 103	$1^h\,30^{min}$	$+60°.5$	5′	$7^m.4$			(F5)
NGC 663	$1^h\,43^{min}$	$+61°.0$	11′	$7^m.1$			(F5)

Kleiner Bär (Ursa Minor)

Doppelstern			m_1	m_2	P	ϱ	
α UMi[1]	$1^h\,49^{min}$	$+89°.0$	$2^m.1$	$8^m.8$	220°	18″	(F5)

[1] Polarstern

Krebs (Cancer)

Doppelsterne			m_1	m_2	P	ϱ	
ζ Cnc	$8^h\,09^{min}$	$+17°.8$	$5^m.0$	$6^m.6$	92°	6″	(F5)
φ Cnc	$8^h\,24^{min}$	$+27°.1$	$6^m.3$	$6^m.3$	217°	5″	(F5)
ι Cnc	$8^h\,44^{min}$	$+29°.0$	$4^m.2$	$6^m.8$	307°	30″	(F5)
Veränderlicher			**Max**	**Min**	**T**		
R Cnc	$8^h\,14^{min}$	$+11°.9$	$6^m.1$	$11^m.9$	362^d		(F7)
offene Sternhaufen			**d**	**m**			
M 44[2]	$8^h\,38^{min}$	$+19°.9$	90′	$3^m.9$			(A)
M 67	$8^h\,48^{min}$	$+12°.0$	18′	$6^m.1$			(F5)

[2] Praesepe

Leier (Lyra)

Doppelsterne			m_1	m_2	P	ϱ	
ζ Lyr	$18^h\ 43^{min}$	$+37°.5$	$4^m.3$	$5^m.7$	150°	44″	(F5)
ε Lyr	$18^h\ 43^{min}$	$+39°.6$	$4^m.5$	$4^m.7$	172°	3′28″	(A)
Veränderliche			Max	Min	T		
β Lyr	$18^h\ 48^{min}$	$+33°.3$	$3^m.4$	$4^m.3$	13^d		(A)
RR Lyr	$19^h\ 24^{min}$	$+42°.7$	$6^m.9$	$8^m.0$	$0^d.6$		(F3)
Nebel			d	m			
M 57[a]	$18^h\ 52^{min}$	$+33°.0$	1′	$9^m.3$			(F7)

[a] Planetarischer Nebel (»Ringnebel«)

Löwe (Leo)

Doppelsterne			m_1	m_2	P	ϱ	
α Leo	$10^h\ 06^{min}$	$+12°.2$	$1^m.3$	$7^m.6$	307°	2′57″	(F5)
γ Leo	$10^h\ 17^{min}$	$+20°.1$	$2^m.6$	$3^m.8$	122°	4″	(F7)
83 Leo	$11^h\ 24^{min}$	$+\ 3°.3$	$6^m.5$	$7^m.6$	150°	29″	(F5)
Veränderlicher			Max	Min	T		
R Leo	$9^h\ 45^{min}$	$+11°.7$	$5^m.5$	$10^m.0$	313^d		(F7)

Nördliche Krone (Corona Borealis)

Doppelsterne			m_1	m_2	P	ϱ	
ζ CrB	$15^h\ 38^{min}$	$+36°.8$	$5^m.1$	$6^m.1$	304°	6″	(F5)
σ CrB	$16^h\ 13^{min}$	$+34°.0$	$5^m.8$	$6^m.8$	228°	6″	(F5)
Veränderlicher			Max	Min	T		
T CrB	$15^h\ 57^{min}$	$+26°.1$	$2^m.0$	$9^m.5$	irr.		(F5)

Orion (Orion)

Doppelsterne			m_1	m_2	P	ϱ	
23 Ori	$5^h\,20^{min}$	$+\ 3°.5$	$5^m.1$	$7^m.2$	29°	32″	(F5)
δ Ori	$5^h\,29^{min}$	$-\ 0°.3$	$2^m.5$	$7^m.0$	0°	53″	(F5)
λ Ori	$5^h\,32^{min}$	$+\ 9°.9$	$3^m.7$	$5^m.7$	44°	4″	(F5)
θ Ori AB	$5^h\,33^{min}$	$-\ 5°.4$	$7^m.0$	$8^m.0$	32°	9″	(F5)
θ Ori AC	$5^h\,33^{min}$	$-\ 5°.4$	$7^m.0$	$5^m.4$	240°	13″	(F5)
θ Ori AD	$5^h\,33^{min}$	$-\ 5°.4$	$7^m.0$	$6^m.9$	96°	21″	(F5)
σ Ori AD	$5^h\,36^{min}$	$-\ 2°.6$	$3^m.8$	$6^m.9$	84°	13″	(F7)
σ Ori AE	$5^h\,36^{min}$	$-\ 2°.6$	$3^m.8$	$6^m.7$	61°	42″	(F5)

Veränderlicher			Max	Min	T		
α Ori	$5^h\,53^{min}$	$+\ 7°.4$	$0^m.0$	$1^m.2$	irr.		(A)

Nebel			d	m			
M 43	$5^h\,33^{min}$	$-\ 5°.3$	15′	$2^m.9$			(F5)
M 42	$5^h\,33^{min}$	$-\ 5°.4$	60′	$2^m.9$			(A)

Pegasus (Pegasus)

Kugelsternhaufen			d	m			
M 15	$21^h\,28^{min}$	$+12°.0$	6′	$7^m.3$			(F5)

Perseus (Perseus)

Veränderliche			Max	Min	T		
ϱ Per	$3^h\,02^{min}$	$+38°.7$	$3^m.3$	$4^m.1$	irr.		(A)
β Per[1]	$3^h\,05^{min}$	$+40°.8$	$2^m.2$	$3^m.5$	$2^d.9$		(A)
AW Per	$4^h\,44^{min}$	$+36°.6$	$7^m.2$	$8^m.0$	$6^d.5$		(F3)

Offene Sternhaufen			d	m			
h Per	$2^h\,16^{min}$	$+56°.9$	45′	$4^m.4$			(A)
χ Per	$2^h\,19^{min}$	$+56°.9$	50′	$4^m.7$			(A)
M 34	$2^h\,39^{min}$	$+42°.6$	25′	$5^m.5$			(F3)

[1] Algol

Pferdchen (Equuleus)

Doppelstern			m_1	m_2	P	ϱ	
ε Equ	$20^h\,57^{min}$	$+\ 4°.1$	$5^m.5$	$7^m.3$	70°	11″	(F3)

Rabe (Corvus)

Doppelstern			m_1	m_2	P	ϱ	
58 Crv	$12^h\,39^{min}$	$-12°.7$	$6^m.0$	$6^m.0$	310°	5″	(F5)

Schild (Scutum)

Offener Sternhaufen			d	m			
M 11[2]	$18^h\,48^{min}$	$-\ 6°.3$	12′	$6^m.3$			(F3)

[2] südlich davon eine große Sternwolke in der Milchstraße (F3)

Schlange (Serpens)

Doppelsterne			m_1	m_2	P	ϱ	
δ Ser	$15^h\,32^{min}$	$+10°.7$	$4^m.2$	$5^m.3$	180°	4″	(F5)
ϑ Ser	$18^h\,54^{min}$	$+\ 4°.2$	$4^m.5$	$4^m.9$	104°	22″	(F3)

Kugelsternhaufen			d	m			
M 5	$15^h\,16^{min}$	$+\ 2°.3$	9′	$7^m.0$			(F3)

Nebel			d	m			
M 16	$18^h\,16^{min}$	$-13°.8$	30′	$6^m.6$			(F5)

Schlangenträger (Ophiuchus)

Doppelsterne			m_1	m_2	P	ϱ	
36 Oph	$17^h\,12^{min}$	$-26°.5$	$5^m.3$	$5^m.3$	165°	4″	(F5)
61 Oph	$17^h\,42^{min}$	$+\ 2°.6$	$6^m.3$	$6^m.7$	93°	21″	(F5)

Veränderliche			Max	Min	T		
U Oph	$17^h\,14^{min}$	$+\ 1°.3$	$5^m.7$	$6^m.4$	$1^d.7$		(F3)
V Oph	$17^h\,50^{min}$	$-\ 6°.1$	$6^m.7$	$7^m.3$	17^d		(F3)

Offener Sternhaufen			d	m			
NGC 6633	$18^h\,25^{min}$	$+\ 6°.5$	20′	$4^m.9$			(F3)

Schütze (Sagittarius)[1]

Offene Sternhaufen			d	m	
M 23	$17^h\,54^{min}$	$-19°.0$	25′	$5^m.9$	(F7)
M 21	$18^h\,02^{min}$	$-22°.5$	12′	$7^m.2$	(F7)
M 18	$18^h\,17^{min}$	$-17°.2$	8′	$8^m.0$	(F7)
M 25	$18^h\,29^{min}$	$-19°.3$	25′	$6^m.2$	(F7)
Kugelsternhaufen			**d**	**m**	
M 22	$18^h\,33^{min}$	$-24°.0$	15′	$6^m.5$	(F7)
Nebel			**d**	**m**	
M 20	$18^h\,00^{min}$	$-23°.0$	28′	$6^m.4$	(F7)
M 8	$18^h\,02^{min}$	$-24°.3$	40′	$5^m.5$	(F7)
M 16	$18^h\,16^{min}$	$-13°.8$	30′	$6^m.6$	(F7)
M 17	$18^h\,18^{min}$	$-16°.2$	40′	$6^m.9$	(F7)

[1] Im Sternbild Schütze befinden sich viele helle Milchstraßensternwolken (F3).

Schwan (Cygnus)[1]

Doppelsterne			m_1	m_2	P	ϱ	
β Cyg	$19^h\,30^{min}$	$+27°.9$	$3^m.2$	$5^m.3$	54°	34″	(F5)
16 Cyg	$19^h\,41^{min}$	$+50°.4$	$6^m.3$	$6^m.5$	134°	39″	(F5)
61 Cyg	$21^h\,05^{min}$	$+38°.5$	$5^m.6$	$6^m.4$	141°	27″	(F3)
Veränderliche			**Max**	**Min**	**T**		
RT Cyg	$19^h\,42^{min}$	$+48°.7$	$7^m.4$	$12^m.3$	190^d		(F7)
SU Cyg	$19^h\,43^{min}$	$+29°.2$	$6^m.5$	$7^m.2$	$3^d.9$		(F3)
χ Cyg	$19^h\,49^{min}$	$+32°.8$	$5^m.0$	$13^m.3$	407^d		(A/F7)
X Cyg	$20^h\,41^{min}$	$+35°.4$	$5^m.8$	$7^m.0$	16^d		(F3)
offener Sternhaufen			**d**	**m**			
M 39	$21^h\,30^{min}$	$+48°.2$	30′	$5^m.3$			(F7)

[1] Zwischen β Cyg und γ Cyg befindet sich eine große Sternwolke in der Milchstraße (F3).

Sextant (Sextans)

Doppelstern			m_1	m_2	P	ϱ	
35 Sex	$10^h\,41^{min}$	$+5°.0$	$6^m.3$	$7^m.4$	240°	7″	(F5)

Skorpion (Scorpius)

Doppelsterne			m_1	m_2	P	ϱ	
ξ Sco	$16^h\,02^{min}$	$-11°.2$	$4^m.1$	$7^m.3$	54°	8″	(F5)
ν Sco	$16^h\,09^{min}$	$-19°.3$	$4^m.4$	$6^m.6$	336°	41″	(F5)
Kugelsternhaufen			**d**	**m**			
M 80	$16^h\,14^{min}$	$-22°.9$	5′	$8^m.4$			(F7)
M 4	$16^h\,21^{min}$	$-26°.4$	12′	$7^m.4$			(F7)

Steinbock (Capricornus)

Kugelsternhaufen			d	m			
M 30	$21^h\,38^{min}$	$-23°.4$	7′	$8^m.6$			(F5)

Stier (Taurus)

Doppelstern			m_1	m_2	P	ϱ	
τ Tau	$4^h\,39^{min}$	$+22°.9$	$4^m.3$	$7^m.3$	213°	63″	(F5)
Veränderlicher			**Max**	**Min**	**T**		
λ Tau	$3^h\,58^{min}$	$+12°.3$	$3^m.3$	$4^m.2$	$3^d.9$		(A)
offene Sternhaufen			**d**	**m**			
M 45[1]	$3^h\,44^{min}$	$+24°.0$	1° 40′	$1^m.4$			(A)
Hyaden	$4^h\,17^{min}$	$+15°.5$	7°	$0^m.8$			(A)
Nebel			**d**	**m**			
M 1[2]	$5^h\,32^{min}$	$+22°.0$	5′	$8^m.4$			(F7)

[1] Plejaden
[2] Crab-Nebel

Waage (Libra)

Doppelstern			m_1	m_2	P	ϱ	
178 Lib	$15^h\,36^{min}$	$-8°.6$	$6^m.5$	$6^m.6$	189°	12″	(F5)
Veränderlicher			**Max**	**Min**	**T**		
δ Lib	$14^h\,58^{min}$	$-8°.2$	$4^m.8$	$6^m.2$	$2^d.3$		(F3)

Walfisch (Cetus)

Veränderlicher			Max	Min	T	
o Cet	$2^h\ 17^{min}$	− 3°.2	$3^m.0$	$9^m.3$	332^d	(A/F5)
Galaxien			d	m		
M 77	$2^h\ 40^{min}$	− 0°.2	$8 \times 10'$	$8^m.9$		(F7)

Wassermann (Aquarius)

Doppelsterne			m_1	m_2	P	ϱ	
53 Aqr	$22^h\ 24^{min}$	−17°.0	$6^m.4$	$6^m.5$	322°	4″	(F5)
ζ Aqr	$22^h\ 26^{min}$	− 0°.3	$4^m.4$	$4^m.6$	273°	2″	(F7)
94 Aqr	$23^h\ 17^{min}$	−13°.7	$5^m.4$	$7^m.6$	349°	13″	(F5)
Kugelsternhaufen			d	m			
M 2	$21^h\ 31^{min}$	− 1°.1	9′	$7^m.3$			(F5)

Wasserschlange (Hydra)

Offener Sternhaufen			d	m		
M 48	$8^h\ 11^{min}$	− 5°.6	30′	$5^m.5$		(F5)

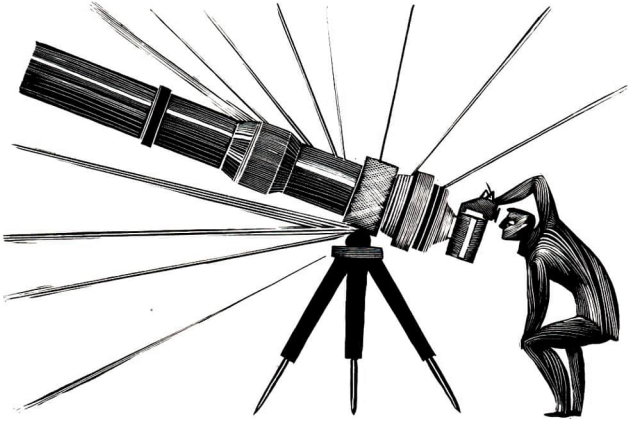
Widder (Aries)

Doppelsterne			m_1	m_2	P	ϱ	
γ Ari	$1^h\ 51^{min}$	+19°.1	$4^m.8$	$4^m.9$	0°	8″	(F3)
λ Ari	$1^h\ 55^{min}$	+23°.4	$4^m.9$	$7^m.4$	46°	37″	(F5)
30 Ari	$2^h\ 34^{min}$	+24°.4	$6^m.6$	$7^m.3$	274°	38″	(F5)

Zwillinge (Gemini)

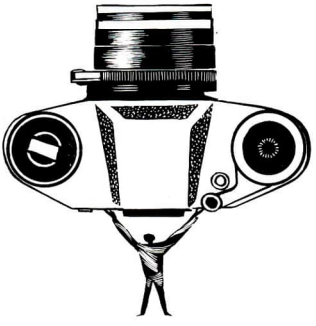
Doppelstern			m_1	m_2	P	ϱ	
α Gem	$7^h\ 31^{min}$	+32°.0	$2^m.0$	$9^m.1$	164°	73″	(F7)
Veränderliche			Max	Min	T		
η Gem	$6^h\ 12^{min}$	+22°.5	$3^m.2$	$4^m.2$	231^d		(A)
ζ Gem	$7^h\ 01^{min}$	+20°.7	$3^m.7$	$4^m.2$	10^d		(A)
Offener Sternhaufen			d	m			
M 35	$6^h\ 06^{min}$	+24°.3	30′	$5^m.3$			(F5)

Himmelsphotographie



Die Kleinbildkamera genügt

* *



Visuelle Beobachtungen – d. h. Beobachtungen mit dem Auge – machen uns viele Schönheiten des gestirnten Himmels zugänglich und liefern viele interessante Erkenntnisse. Sie sind jedoch nicht wiederholbar, ihre Ergebnisse können durch spätere Beobachtungen nicht nachgeprüft werden. Das ist einer der Gründe, weshalb die Fachastronomen mehr und mehr dazu übergegangen sind, ihre Forschungsarbeiten mit Hilfe der photographischen Beobachtungsmethode auszuführen. Weiterhin spielt eine Rolle, daß die lichtempfindliche photographische Schicht, wenn man sie nur lange genug belichtet, weit schwächere Objekte registriert, als man im gleichen Fernrohr sehen kann[1]. Schließlich kann man mit *einer* Aufnahme sehr viele Objekte auf einmal, ohne umständliche Messungen, genau in dem gegenwärtigen Zustand und in der gegenwärtigen Position fixieren. So kommt es, daß heute die meiste wissenschaftliche Arbeit der Astronomen an Auswertegeräten, Rechenmaschinen und Schreibtischen geleistet wird und daß die modernen, großen Fernrohre von vornherein für die Beobachtungen mit objektiven Meßmethoden konstruiert werden.

Auch der Amateurastronom kann photographisch arbeiten. Das ist nicht schwer, wenn er über eine handelsübliche Kleinbildkamera verfügt. Für die einfachsten photographischen Beobachtungen braucht er nicht einmal ein Fernrohr!

[1] da die photographische Schicht die Lichteindrücke summiert

Beobachtung 50

Wir befestigen unsere auf Unendlich eingestellte Kamera mit voll geöffneter Blende starr auf einem Stativ oder legen sie auf einen Tisch und richten sie durch Unterschieben von Büchern, Holzklötzen o. ä. auf den Himmelsnordpol. Dann wird belichtet, am besten mit einem Drahtauslöser mit Feststellvorrichtung. (Bei den meisten Kameras geht der Verschluß sofort wieder zu, wenn man den Auslöseknopf losläßt.) Die Belichtungszeit kann je nach Umgebungs- und Himmelshelligkeit zwischen 10 und 60 Minuten liegen. Etwa fünf Minuten nach Beginn der Aufnahme decken wir das Objektiv für vier Minuten ab, indem wir ganz vorsichtig eine Pappscheibe darauflegen.

Auf dem entwickelten Film sehen wir die Spuren, die die Sterne – die sich ja während der Aufnahmedauer scheinbar um den Himmelsnordpol bewegten – am Himmel beschrieben haben. Wir können auch feststellen, daß der Polarstern nicht genau im Himmelsnordpol steht. Da sich die Erde in vier Minuten um 1° dreht, muß die Unterbrechungsstelle genau 1° lang sein. Die Sternspuren sind Kreisbögen um den Himmelsnordpol.

Beobachtung 51

Wir fertigen, wie in Beobachtung 50 beschrieben, eine Sternspuraufnahme an, richten aber den Apparat jetzt nach Süden, etwa 40° nach oben geneigt. Dadurch wird die Äquatorgegend aufgenommen.

In diesem Falle sind die Sternspuren keine Kreise, sondern nahezu Geraden.

Unsere Sternspuraufnahmen vergrößern wir auf extrahartes Papier, um kontrastreiche Spuren zu erhalten. Legen wir unter die Vergrößerung einen Bogen Papier und durchstechen wir die Endpunkte der Spuren mit einer Nadel, so erhalten wir eine Himmelskarte der Aufnahmegegend. Je nachdem, ob es sich um eine starke oder schwache Sternspur handelt, kennzeichnen wir jeden Nadelstich mit einem mehr oder weniger großen Kreisscheibchen.

Bei diesen Aufnahmen können wir allerdings nicht damit rechnen, durch längere Belichtung mehr Sterne auf den Film zu bekommen. Die Sternbildchen bewegen sich ja über den Film hinweg; am Himmelsäquator stehende Sterne haben die größte, am Himmelspol stehende die kleinste Winkelgeschwindigkeit. Daher steht den polnahen Sternen erheblich mehr Zeit zur Verfügung, die betreffenden Stellen des Films zu belichten; die Folge ist, daß wir auf den Aufnahmen polnaher Gebiete noch erheblich schwächere Sterne finden als auf Aufnahmen der Äquatorgegend. Bei Sternspuraufnahmen können wir lediglich durch die Verwendung einer lichtstärkeren Kamera schwächere Sterne photographieren.

Himmelsaufnahmen, auf denen sich die Sterne so abbilden sollen, wie wir sie im Fernrohr sehen – also als Punkte –, sind schwieriger anzufertigen. Man benötigt dazu ein Fernrohr mit sog. parallaktischer Aufstellung und möglichst auch einen Nachführungsmotor. Aber mit Geduld und einigem Geschick können wir auch unser selbstgebautes kleines Fernrohr benutzen, wenn die Montierung sehr präzise gebaut ist und sich das Instrument leicht bewegen läßt.

Zunächst verbinden wir die Kamera mit dem Fernrohr, und zwar nahe dem Objektivende, damit wir nicht auf dem Bild später ein Stück Fernrohrtubus wiederfinden. Die Aufnahmerichtung muß parallel zur Blickrichtung des Fernrohrs liegen. Eine Rohrschelle aus Metall mit einem Gewindebolzen, auf den wir die Kamera aufschrauben, ist die eleganteste Lösung; es geht aber auch mit einigen kräftigen Gummiringen (Foto auf Seite 40). Selbstverständlich muß das Gleichgewicht der Montierung wiederhergestellt werden.

Dann versehen wir das Okular mit einem Fadenkreuz. Auf Millimeterpapier befestigen wir zwei Haare so, daß sie sich unter einem rechten Winkel schneiden. Ein Tropfen Leim an jedem der vier Enden genügt, die Mitte muß frei bleiben. Dann schneiden wir uns einen Kartonring zu. Sein Außendurchmesser soll gleich dem Innendurchmesser des Okulars sein oder ganz knapp darunterliegen. Dieser Ring wird im Kreuzungspunkt genau zentrisch unter die beiden Fäden geschoben und mit vier Leimtropfen daran befestigt. Nach dem Trocknen des Klebstoffs schneiden wir die Fäden vorsichtig am äußeren Ringumfang ab und setzen das Fadenkreuz so in das Okular ein, daß es gleichzeitig mit dem Beobachtungsobjekt scharf erscheint. Wo das ist, muß durch Probieren ermittelt werden.

Beobachtung 52

Wir stellen das aufzunehmende Sternfeld im Fernrohr ein und suchen uns einen hellen Stern. Durch vorsichtiges Verschieben des Okularauszuges bewirken wir, daß der Stern unscharf erscheint; auf diesen diffusen Lichtfleck richten wir das Fadenkreuz. Dann öffnen wir den Kameraverschluß. Während der (be-

liebig langen) Belichtungszeit müssen wir nun ganz sorgfältig und langsam unser Fernrohr samt Kamera der scheinbaren Bewegung des Himmels nachführen – eine ermüdende und unbequeme Tätigkeit. Aber wir werden reich belohnt: Auf einer einzigen Kleinbildaufnahme (24 × 36 mm) bildet ein Aufnahmeobjektiv von 50 mm Brennweite rund 1000 Quadratgrad des Himmelsgewölbes ab. Verwenden wir einen hochempfindlichen Film, so genügen zehn Minuten Belichtungszeit, um Sterne bis zur 8. Größenklasse abzubilden.[1]

Die Filme selbst zeigen aber ihren Sternreichtum nur unter dem Mikroskop. Deshalb müssen die Negative sehr stark vergrößert werden; 15- bis 20fache Vergrößerung ist ratsam. Auch Kometen, schwache Nebel oder dunkle Staubwolken, die unser kleines Fernrohr nur schwer wiedergibt, lassen sich mit dieser Methode erheblich deutlicher zeigen.

Wer allerdings versucht, nach der eben beschriebenen Methode einen Planeten oder den Mond zu photographieren, der erlebt eine Enttäuschung; der Planet wird sich als heller Stern, der Mond höchstens als winziges Scheibchen ohne jedes Detail abbilden. Mond, Planeten – und Sonne – müssen wir mit einer anderen Technik aufnehmen, nämlich durch das Fernrohr hindurch. Das setzt aber voraus, daß das Fernrohrobjektiv optisch einwandfrei und auch für diesen Zweck geeignet ist – mit einem Brillenglas als Objektiv kann man nur sehr unvollkommene Aufnahmen erzielen. Planetenphotographien kommen damit gar nicht in Frage.

Bei diesem Verfahren wird der Fotoapparat als sogenannte »Mondkamera« verwendet (was nicht heißen soll, daß wir damit nicht auch die Sonne aufnehmen können). Das Foto auf Seite 40 zeigt die Apparatur; zu beachten ist, daß wir dabei das Objektiv aus dem Fotoapparat herausschrauben müssen. Er dient einzig und allein als Filmträger; alles übrige besorgt die Fernrohroptik (Objektiv und Okular). Da die meisten Fernrohrobjektive einen leichten Farbenfehler aufweisen, d. h., die Objektive zeigen schwache oder stärkere Farbsäume, ist es notwendig, ein Gelbfilter in den Strahlengang einzuschalten.

Beobachtung 53

Wir entfernen das Objektiv aus unserer Kleinbildkamera, setzen an seine Stelle ein Gelbfilter und befestigen den Apparat mittels eines geeigneten Rohrstutzens (Pappröhre aufschieben!) etwa 20 cm hinter dem Okular. Bei aufgestecktem Objektivfilter (Sonnenfilter) richten wir das Instrument auf die Sonne und stellen dadurch scharf ein, daß wir Okular und Kamera gemeinsam gegen das Objektiv verschieben. (Bei einer Spiegelreflexkamera ist es leicht, Einstellung und Schärfe auf der Mattscheibe zu kontrollieren; benutzen wir einen anderen Apparat, dann muß die richtige Entfernung durch Probeaufnahmen gefunden werden.) Die richtige Belichtungszeit ist auf jeden Fall durch Probeaufnahmen festzustellen. Sie wird im Sommer anders sein als im Winter, mittags anders als morgens oder abends – je nach der Höhe der Sonne über dem Horizont. Die ganze Anlage soll jeweils nur wenige Minuten auf die Sonne gerichtet werden, damit nicht – trotz Objektivfilter – Schäden am Kameraverschluß entstehen können.

Die gleiche Anlage läßt sich für Mondaufnahmen verwenden. Natürlich blenden wir dabei das Objektiv nicht ab und verwenden längere Belichtungszeiten.

Wenn wir aber kein Objektivfilter besitzen und dennoch die Sonne photographieren wollen?

[1] Das ist nur eine sehr ungefähre Angabe. Das Öffnungsverhältnis der Kamera spielt dabei eine entscheidende Rolle!

Beobachtung 54
Wir projizieren die Sonne auf den Bildschirm am Fernrohr (vgl. Abb. auf S. 77) und photographieren diesen aus freier Hand mit unserer Kleinbildkamera. Dabei stehen wir mit dem Rücken zur Sonne.

Der Mond läßt sich auf diese Weise nicht aufnehmen, weil das Projektionsbild auf dem Bildschirm viel zu lichtschwach ist.

Beobachtung 55
Wir photographieren den Mond mit stillstehendem Fernrohr und angesetzter Kamera (ohne Kameraobjektiv). Wegen der scheinbaren Bewegung des Mondes am Himmel dürfen wir eine halbe Sekunde Belichtungszeit nicht überschreiten, sonst werden die Konturen unscharf.

Mit diesem Verfahren erhalten wir in der Regel weder vom Mond noch von der Sonne vollständige Abbildungen, sondern lediglich Ausschnitte. Wer dennoch ein »Ganzfoto« von unserem Erdtrabanten haben will, muß eine sogenannte Fokalaufnahme herstellen. Das Wort wird vom lateinischen Wort focus, Brennpunkt, abgeleitet und bedeutet, daß der Film im Brennpunkt des Fernrohrobjektivs plaziert wird. Weitere optische Teile sind nicht vonnöten, abgesehen von dem unentbehrlichen Gelbfilter. Wir projizieren also dabei das reelle Zwischenbild, das unser Fernrohrobjektiv von jedem Himmelskörper erzeugt, auf den Film.
Die Bilder, die wir bei Fokalaufnahmen bekommen, sind auf den ersten Blick erschreckend klein. Als Faustregel gilt: 1 m Objektivbrennweite ergibt bei Sonne und Mond einen Fokalbilddurchmesser von nahezu 1 cm. Man kann aber durch starkes

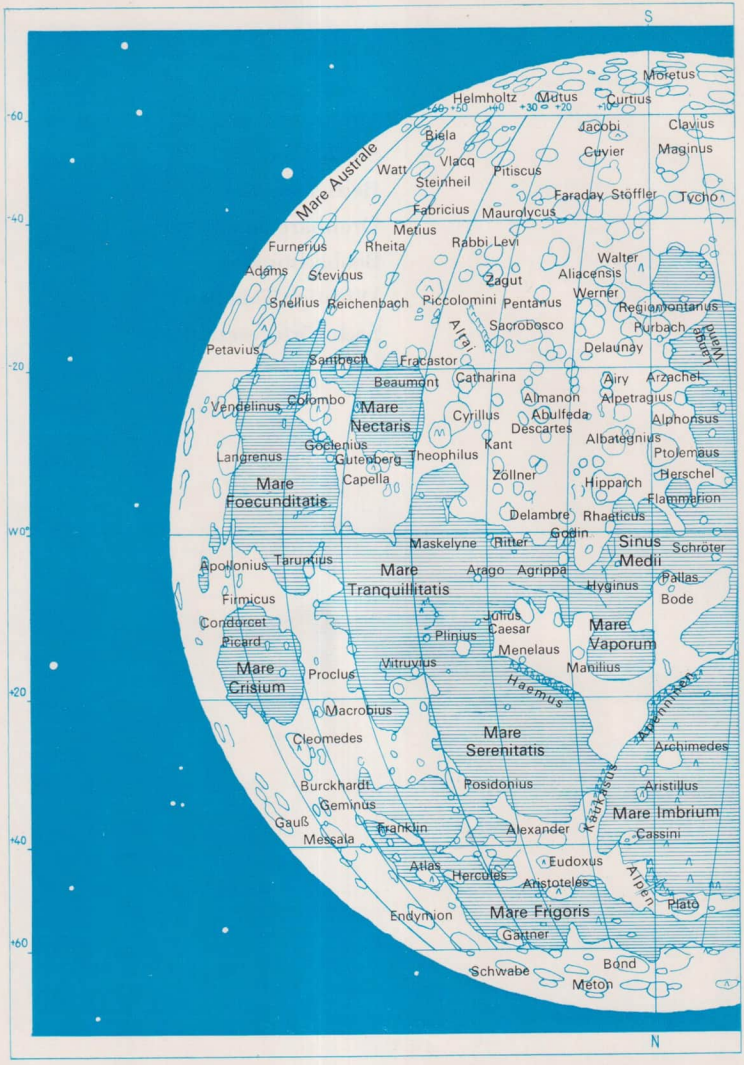
Beobachtung 56
Das Kameragehäuse (ohne Objektiv, aber mit Gelbfilter) wird mit dem okularlosen Fernrohr verbunden. Der Okularauszug ist dabei so weit einzuschieben, daß sich der Film etwa an der Stelle des Objektivbrennpunktes befindet. Die Scharfeinstellung nehmen wir bei Spiegelreflexkameras auf der Mattscheibe, bei anderen Kameras durch Probeaufnahmen vor. Auch die richtige Belichtungszeit muß durch Probieren gefunden werden. Mit dieser Anordnung nehmen wir den Mond und – unter Beachtung aller Sicherheitsmaßnahmen – die Sonne auf.

Nachvergrößern eine große Zahl von Einzelheiten aus den Negativen herausholen, wenn man bei der Aufnahme den Punkt der exaktesten Scharfeinstellung gefunden hat.
Unsere photographischen Arbeiten, ganz gleich nach welchem Verfahren, machen die meiste Freude beim Selbstentwickeln. Natürlich können wir sie jedem Fotogeschäft zur Entwicklung anvertrauen, aber es soll da schon vorgekommen sein, daß die Sternspuraufnahmen oder andere, durch mühevolles Nachführen gewonnene Himmelsphotographien nicht mit vergrößert wurden, »weil doch da nichts drauf sei«.
Photographische Beobachtungen sind – mehr noch als die visuellen – von ruhiger und durchsichtiger Luft abhängig. Und wenn man nicht gerade den Mond aufnehmen will, sollte man die Stunden wählen, zu denen er nicht zu sehen ist. Mondlicht kann sehr störend wirken, den Himmel stark aufhellen und unseren Film schnell mit einem dichten Grauschleier überziehen.

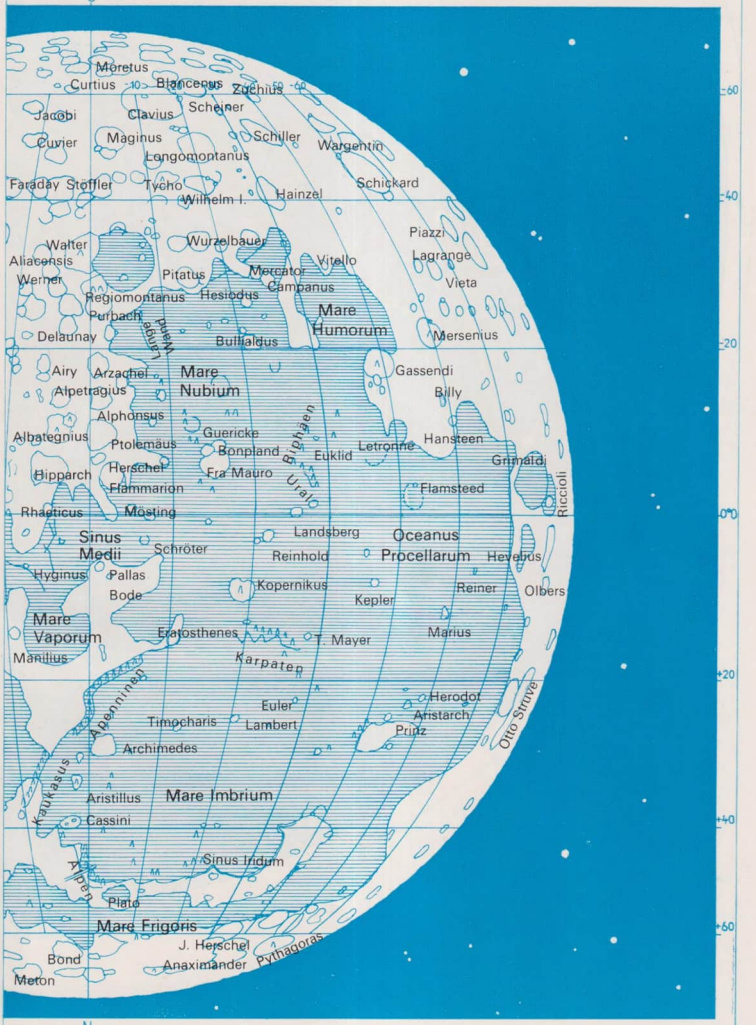
Anhang

*

Mondkarte
Sternatlas
Rechenscheibe
Drehbare Sternkarte
Beobachtungen
Wichtige Tabellen
Sachwörterverzeichnis


S
N
W
-60
-40
-20
0°
+20
+40
+60
Mare Australe
Watt
Helmholtz
Mutus
Curtius
Moretus
Biela
Vlacq
Pitiscus
Jacobi
Clavius
Cuvier
Maginus
Steinheil
Faraday
Stöffler
Tycho
Fabricius
Maurolycus
Metius
Furnerius
Rheita
Rabbi Levi
Walter
Adams
Stevinus
Zagut
Aliacensis
Werner
Snellius
Reichenbach
Piccolomini
Pentanus
Regiomontanus
Purbach
Sacrobosco
Petavius
Delaunay
Santbech
Fracastor
Catharina
Airy
Arzachel
Beaumont
Vendelinus
Colombo
Mare Nectaris
Almanon
Alpetragius
Cyrillus
Abulfeda
Descartes
Alphonsus
Albategnius
Goclenius
Theophilus
Kant
Ptolemaeus
Langrenus
Gutenberg
Capella
Zöllner
Hipparch
Herschel
Mare Foecunditatis
Flammarion
Delambre
Rhaeticus
Godin
Maskelyne
Ritter
Sinus Medii
Schröter
Apollonius
Taruntius
Mare Tranquillitatis
Arago
Agrippa
Hyginus
Pallas
Firmicus
Bode
Condorcet
Julius Caesar
Mare Vaporum
Picard
Plinius
Menelaus
Vitruvius
Manilius
Mare Crisium
Proclus
Haemus
Macrobius
Mare Serenitatis
Cleomedes
Archimedes
Posidonius
Burckhardt
Aristillus
Geminus
Mare Imbrium
Gauß
Franklin
Alexander
Cassini
Messala
Eudoxus
Atlas
Hercules
Aristoteles
Plato
Endymion
Mare Frigoris
Gärtner
Schwabe
Bond
Méton

Mondkarte


S
N
Moretus
Curtius
Blancanus
Zuchius
Scheiner
Jacobi
Clavius
Cuvier
Maginus
Schiller
Wargentin
Longomontanus
Faraday
Stoffler
Tycho
Wilhelm I.
Hainzel
Schickard
Piazzi
Walter
Wurzelbauer
Lagrange
Aliacensis
Vitello
Mercator
Werner
Pitatus
Campanus
Vieta
Regiomontanus
Hesiodus
Purbach
Mare Humorum
Lohrmann Wand
Delaunay
Bullialdus
Mersenius
Airy
Arzachel
Mare Nubium
Gassendi
Alpetragius
Billy
Alphonsus
Albategnius
Guericke
Hansteen
Ptolemäus
Bonpland
Letronne
Euklid
Grimaldi
Hipparch
Herschel
Era Mauro
Jura
Flammarion
Flamsteed
Riccioli
Rhaeticus
Mösting
Landsberg
Oceanus Procellarum
Sinus Medii
Schröter
Reinhold
Hevelius
Hyginus
Pallas
Kopernikus
Reiner
Olbers
Bode
Kepler
Mare Vaporum
Eratosthenes
T. Mayer
Marius
Manilius
Karpaten
Herodot
Euler
Aristarch
Timocharis
Lambert
Prinz
Otto Struve
Apenninen
Archimedes
Kaukasus
Aristillus
Mare Imbrium
Cassini
Sinus Iridum
Plato
Mare Frigoris
J. Herschel
Bond
Anaximander
Pythagoras
Meton
60
40
20
0°
+20
+40
+60



Sternatlas für das Äquinoktium 1950

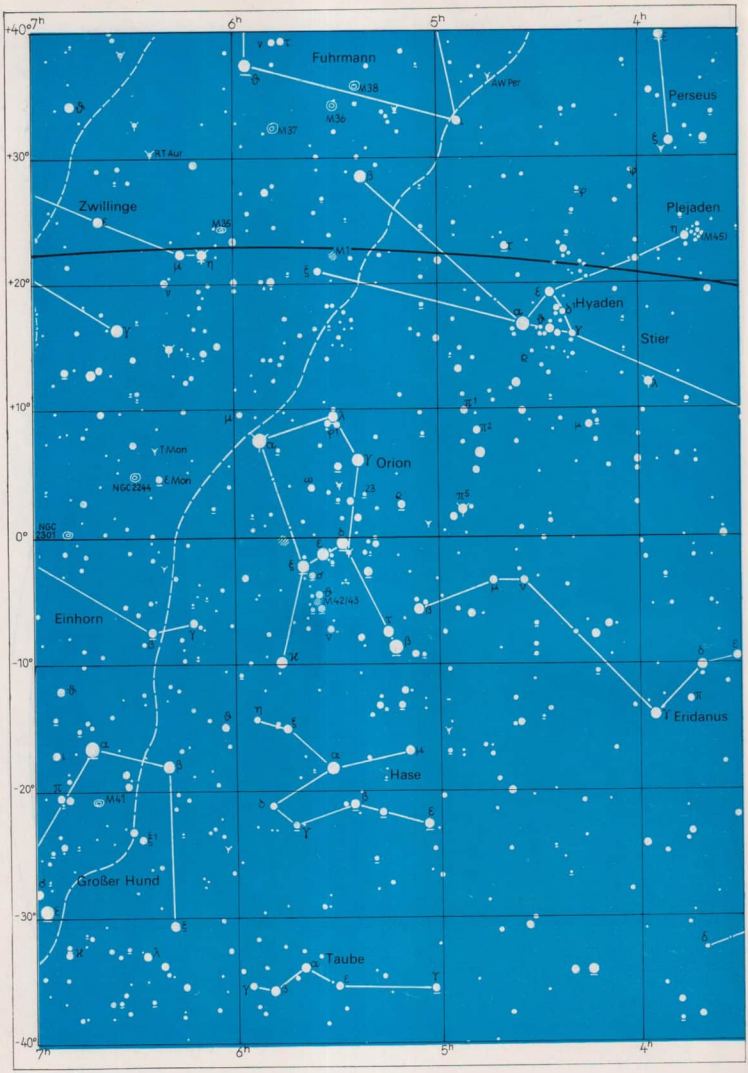


18h
19h
20h
21h
22h
23h
0h
1h
2h
3h
4h
5h
6h
Cepheus
Kassiopeia
Andromeda
Giraffe
Perseus
Dreieck
Fuhrmann
U Cep
RZ
40/41
M 103
NGC 457
NGC 663
NGC 205
M31
M32
M33
NGC 752
M34
51
59
AW Per
M38
M36
M37



Sternatlas für das Äquinoktium 1950


18h
19h
20h
21h
22h
23h
24h
1h
2h
3h
4h
5h
6h
+40
+50
+60
+70
+80
Leier
Schwan
Cepheus
Eidechse
Kassiopeia
Andromeda
M39
M31
M32
M103
NGC 663
NGC 457
NGC 7243
61 Cyg
147
RZ
UCep



Sternatlas für das Äquinoktium 1950


3h
2h
1h
0h
+40°
+30°
+20°
+10°
0°
-10°
-20°
-30°
-40°
Andromeda
Dreieck
M33
55 Psc
Widder
30
Fische
γ Peg
Ekliptik
Äquator
M77
Walfisch
NGC 253
Chemischer Ofen
Bildhauer

11°



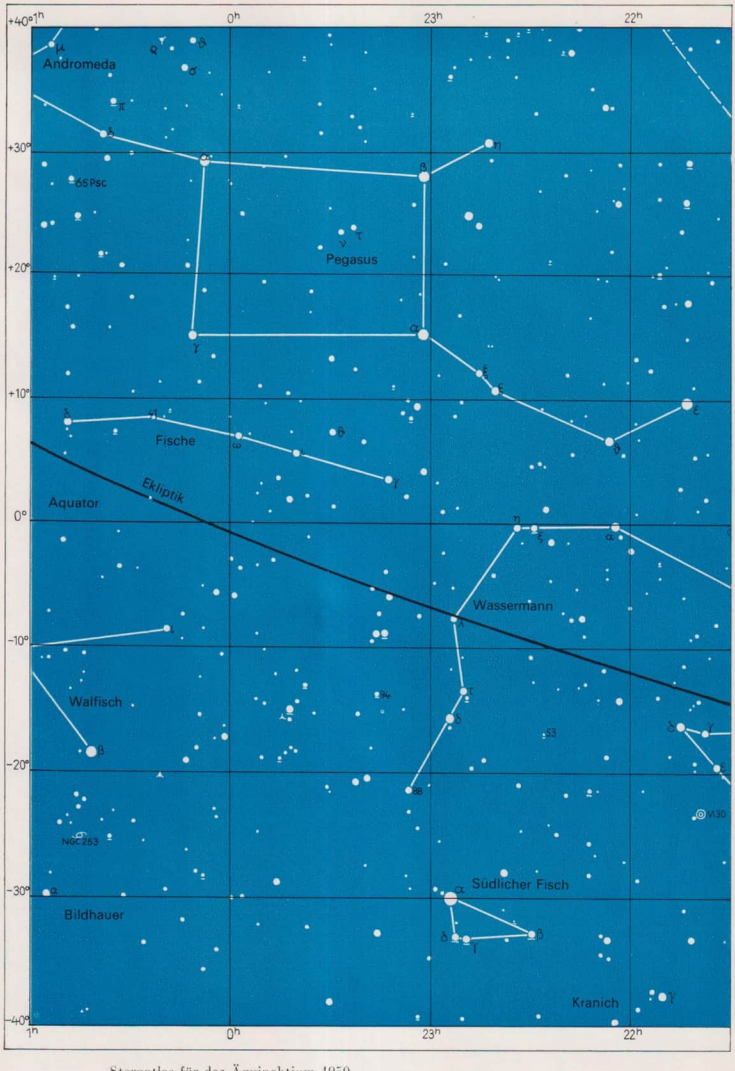
Sternatlas für das Äquinoktium 1950


9h
8h
7h
6h
+40°
+30°
+20°
+10°
0°
-10°
-20°
-30°
-40°
Luchs
Zwillinge
Krebs
Kleiner Hund
Einhorn
Kompaß
Achterdeck
Großer Hund
M35
M44
M67
M48
M46
M47
M41
NGC 2244
NGC 2301
TMon
EMon
Y (Praesepe)

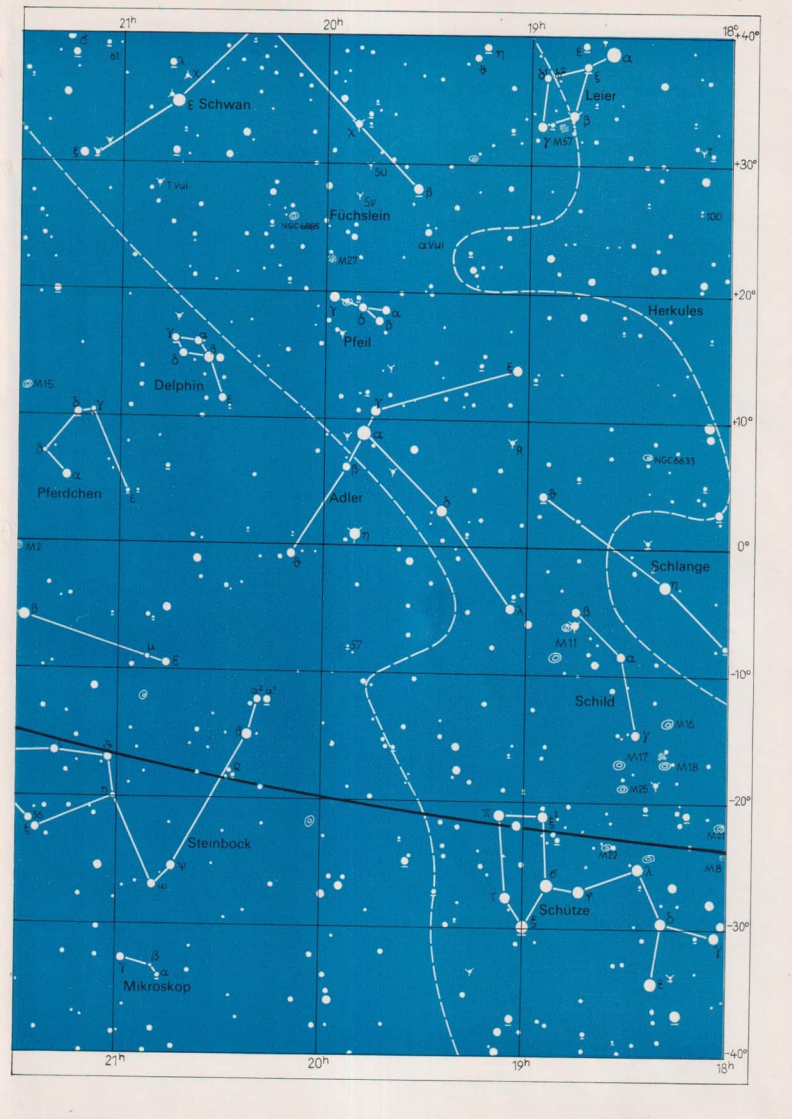


Sternatlas für das Äquinoktium 1950


15h
14h
13h
12h
+40°
+30°
+20°
+10°
0°
-10°
-20°
-30°
-40°
Bootes
Haar der
Berenike
Aquator
Jungfrau
Ekliptik
Waage
Rabe
Wasserschlange
M13
M64
M87
M49
M5
M104
M68
ω Cen



Sternatlas für das Äquinoktium 1950


21h
20h
19h
18h
+40°
+30°
+20°
+10°
0°
-10°
-20°
-30°
-40°
Schwan
Leier
Füchslein
Herkules
Pfeil
Delphin
Pferdchen
Adler
Schlange
Schild
Steinbock
Schütze
Mikroskop
M57
M27
M15
M2
M11
M16
M17
M18
M25
M22
M8
NGC 6853
NGC 6885

Zur Beilage

* *

Rechenscheibe

Zwei Kreisscheiben aus Pappe (Durchmesser 23 cm und 21 cm mit jeweils einer Bohrung im Zentrum und eine kurze Schraube mit zwei Muttern sind das gesamte Material, das wir für dieses praktische Hilfsmittel benötigen. Die Rechenscheibe dient zur Umformung von Sternzeit in Sonnenzeit und umgekehrt.

Auf die größere der beiden Scheiben kleben wir die Skala, die wir vorher sorgfältig aus den Skizzen (siehe Beilage) ausgeschnitten haben. Die Skizzen enthalten eine Deckplatte, die wir ebenso auf die kleinere Scheibe kleben. Auch hier ist es ratsam, jeweils die Rückseiten der Pappen mit Zeichenpapier zu bekleben, damit sich das Material nicht verzieht. Aus der Deckplatte muß nun noch die Öffnung herausgeschnitten werden (in der Skizze schraffiert), dann können wir die beiden Scheiben drehbar miteinander verschrauben.

Die Anwendung ist sehr einfach. Wir zeigen sie an zwei Beispielen:

1. Wieviel Uhr Sternzeit ist es am 1. Januar, $19^h\ 30^{min}$ MEZ, an einem Beobachtungsorte mit der geographischen Länge 12°?

Wir stellen die $19^h\ 30^{min}$-Marke der Deckscheibe auf das Datum des 1. Januar ein und lesen die Sternzeit im Anzeigefenster unter Beachtung der geographischen Länge ab: $2^h\ 00^{min}$.

2. Am 1. September, 10^h Sternzeit, kulminiert Regulus. Um wieviel Uhr MEZ wird das an einem Beobachtungsort auf 9° geographischer Länge sein?

Wir stellen im Anzeigefenster auf 10^h Sternzeit ein (geographische Länge beachten!) und lesen die der Kalendermarke des 1. September gegenüberstehende Zeitangabe ab: etwa $11^h\ 50^{min}$.

Drehbare Sternkarte

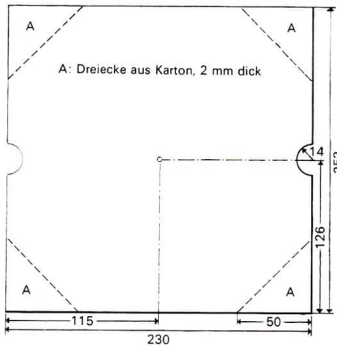
★

Zur Herstellung der drehbaren Sternkarte benötigen wir drei kräftige Pappen. Zwei davon sollen rechteckig und 23,0 cm × 25,2 cm groß sein; die dritte ist eine Kreisscheibe von 23,1 cm Durchmesser. Statt Pappe können wir auch dünnes Sperrholz verwenden. Außerdem brauchen wir eine kurze Schraube mit zwei Muttern und zwei Bogen Zeichenpapier im Format A 3.

Die Grundplatte schneiden wir uns nach der Modellskizze zurecht. Die Bohrung in der Mitte muß die Schraube aufnehmen können; in die Ecken kleben wir vier Dreiecke (in der Skizze gestrichelt). Auch die Kreisscheibe erhält in der Mitte eine Bohrung. Nachdem wir die Schraube hindurchgesteckt (und provisorisch auf der Rückseite mit einer Mutter gesichert) haben, schneiden wir die auf der Beilage enthaltene Sternkarte aus und kleben sie auf die Scheibe. Die Schraube wird dabei mit überklebt. Damit sich die Pappe nicht verzieht, kleben wir auf die Rückseite der Scheibe ein gleichgroßes, passend zugeschnittenes Blatt Zeichenpapier.

Schließlich bekleben wir die dritte Platte mit dem aus den Skizzen ausgeschnittenen Deckblatt (siehe Beilage) und schneiden alle schraffierten Teile sorgfältig mit einem scharfen Messer aus. (Auch hier ist es empfehlenswert, gleichzeitig ein entsprechendes Blatt Zeichenpapier auf die Rückseite zu kleben.) Nun können wir unsere drehbare Sternkarte zusammensetzen. Die Mutter wird von der Schraube entfernt und die Karte auf der Grundplatte drehbar befestigt. Die zweite Mutter dient zum Kontern der ersten. Dann bestreichen wir die Dreiecke auf der Grundplatte mit Klebstoff und leimen die Deckplatte auf. Wer Wert auf besondere Stabilität legt, kann die drehbare Sternkarte auf allen vier Seiten – mit Ausnahme der halbrunden Aussparungen – mit Papierstreifen oder Lenkerband einfassen. Die Aussparungen dienen als Grifföffnungen zum Drehen der Karte. Wie man damit umgeht, ist im Kapitel »Astronomische Orientierung« beschrieben worden.

Drehbare Sternkarte – Grundplatte



Verzeichnis der Beobachtungen

*

1 Scheinbare Himmelshalbkugel 13
2 Winkelmessungen mit einem Lineal 15
3 Winkelschätzungen 15
4 Winkelmessungen mit dem Jakobstab 27
5 Winkelmessungen mit dem Jakobstab 27
6 Höhenmessungen mit dem Pendelquadranten 29
7 Bestimmung der Südrichtung mit einer Taschenuhr 45
8 Bestimmung der Nordrichtung mit Hilfe des Polarsterns 45
9 Messungen im Horizontsystem 54
10 Kolurlinie und Frühlingspunkt 56
11 Scheinbare Sonnenbahn (Gnomon) 61
12 Heliakischer Untergang eines Sternbildes 61
13 Scheinbare Mondbewegung 62
14 Sternbedeckung durch den Mond 64
15 Kulmination der Sonne (Gnomon) 64
16 Kulmination eines Sterns (Gnomon) 65
17 Bestimmung der Sternzeit (Gnomon) 74
18 Schätzung der Sternzeit (Kolurlinie) 75
19 Sonnenbeobachtung 78
20 Sonnenflecken-Relativzahl 78
21 Sonnenfleckenzeichnung 78
22 Aufsuchen von Sonnenflecken ohne Fernrohr 79
23 Aufsuchen von Sonnenflecken mit einer Lochkamera 80
24 Sonnenfackeln 81
25 Phasen und Sichtbarkeit des Mondes 83
26 Gebundene Rotation des Mondes 88
27 Einzelheiten auf der Mondoberfläche 89
28 Sonnenfinsternis 91
29 Schattenantrittszeiten bei einer Mondfinsternis 92
30 Helligkeit und Färbung des verfinsterten Mondes 92
31 Planeten und Sterne im Fernrohr 97
32 Szintillation 97
33 Scheinbare Ortsveränderung eines Planeten 98
34 Scheinbare Planetenbahn 105
35 Phasen und Sichtbarkeit der Venus 107
36 Polkappe des Mars 108
37 Stellungen der 4 hellen Jupitermonde 109
38 Einzelheiten auf Jupiter 110
39 Positionen des Saturnmondes Titan 111
40 Aufsuchen eines Kometen 118
41 Scheinbare Ortsveränderung eines Kometen 118
42 Einzelheiten an einem Kometen 118
43 Meteorstromradiant 123
44 Meteorhäufigkeit 124
45 Meteorstrom 124
46 Feuerkugel 125
47 Scheinbare Helligkeiten der Sterne 134
48 Veränderlicher Stern 135
49 Sternzählungen 139
50 Sternspuraufnahme (Himmelsnordpol) 159
51 Sternspuraufnahme (Himmelsäquator) 160
52 Sternphotographie 160
53 Sonnenphotographie 161
54 Sonnenphotographie vom Bildschirm 162
55 Mondphotographie 162
56 Fokalaufnahmen 162

Wichtige Tabellen

*

Geographische Koordinaten und Zeitdifferenzen zur Mitteleuropäischen Zeit 52
Koordinaten einiger heller Sterne zur Bestimmung der Sternzeit 74
Maregebiete auf dem Mond 85
Bedeutende Ringgebirge auf dem Mond 86f.
Mondalter und Lage des Terminators 89
Sonnenfinsternisse 1970 bis 1980 92
Mondfinsternisse 1970 bis 1990 92
Oppositionen und Konjunktionen der Planeten Mars, Jupiter und Saturn 1970 bis 1990 104
Abendsichtbarkeit und Morgensichtbarkeit der Venus in den Jahren 1970 bis 1993 105
Einige kurzperiodische Kometen 117
Meteorströme 122
Sichtbarkeitsdauer künstlicher Erdsatelliten 129
Sichtweite künstlicher Erdsatelliten 129
Sternfarben und Sterntemperaturen 135
Sternbilder 142f.
Beobachtungsobjekte in den einzelnen Sternbildern 144ff.

Sachwörterverzeichnis

★

Abendstern 104f.
Aberglaube 115
Abplattung 108, 111
Achsenkopf 21f.
Almagest 98
Äquator 160
Äquatorialsonnenuhr 69
Äquatorsystem 54
Astronomie 9
Atmosphäre (Erde) 92f., 117, 121
Atmosphäre (Jupiter) 109
Aufgang 50
Aufgangszeit 103
Aufstellungsort 17
Azimut 52

Beleuchtung 42
Beobachtungsbuch 42
Beobachtungsobjekte 141
Beobachtungsplatz 31
Beobachtungsprotokoll 51
Beobachtungsreihe 43
Bewegungen, scheinbare 99
Bildschirm 77, 162
Bogensekunde 14
Breite, geographische 51, 69
Breitenkreise 51

Ceres 112

Dämpfglas 77, 79, 84, 91
Deklination 55
Distanz 137
Doppelsterne 18, 137f., 141
Dunkelnebel 138

Ellipsen 100
Erdatmosphäre 92f., 117, 121
Erdbahnebene 91
Erde, Bahnbewegung der 61
Erde, Rotation der 59, 61
Erdsatelliten, künstliche 127
Erdschatten 92, 127
extragalaktisches Objekt 118

Fadenkreuz 160
Feldstecher 18, 32, 107, 117
Fernrohr 15, 32
Fernrohrobjektiv 161
Feuerkugeln 11, 42, 121, 125
Filter 77
Finsternisse 91
Fixsterne 98
Flimmern 97
Freihandastronomie 15
Frühlingspunkt 55f.

Galaxis 139, 141
Gangänderung 29
Gasnebel 118, 138
Gelbfilter 161
Gemeinjahre 67
Gnomon 61, 64ff.
Gravitationsgesetz 101
Größenklassen 133f.
Großer Bär 45, 50
Großer roter Fleck 110

Halbschattenzone 91
Heliakischer Aufgang 61
Heliakischer Untergang 60
Helligkeit, scheinbare 134
Himmelsäquator 55
Himmelsatlas 51
Himmelsgloben 48
Himmelskugel 13, 47f., 51, 63
Himmelsnordpol 49, 159
Himmelsphotographie 44
Himmelsrichtung 45, 47, 79
Horizont 28, 52
Horizontalsonnenuhr 69
Horizontalsilhouette 43
Horizontsystem 52

Jahr 67
Jakobstab 27, 105, 107, 118
Jupiter 97f., 103f., 108f.
Jupitermonde 18, 108

Kalender 64
Kepler 59, 100
Keplersches Gesetz, zweites 71
Kernschattenzone 91
Kettengebirge 85
Kleidung 41
Kleinbildkamera 159
Kolurlinie 56, 75
Koma 115, 117
Kometen 11, 18, 98, 115, 117
Kometenbeobachtungen 117
Konjunktion 103f.
Koordinaten 51f., 105
kopernikanisches Weltsystem 100
Kopernikus 59, 99
Krater 85f.
Kugelsternhaufen 118, 138
Kulminationszeitpunkt 65

Länge, geographische 51, 181
Längengrad 73
Längenkreise 51
Leuchtkraft 134
Lichtkurve 137
Lichtstärke 18
Linsenfernrohr 17

Lochkamera 80
Luft, Durchsichtigkeit der 44
Luftunruhe 44, 88f., 107

Magnetfelder 79
Maregebiete 84, 86
Mars 97f., 103f., 107f.
Marskanäle 108
Marskrater 108
Mehrfachstern 137
Meridiane 51
Merkur 98, 104, 106
Meteore 11, 117, 121, 123f.
Meteorhäufigkeit 124
Meteoriten 88, 121, 125
Meteorströme 121, 122f.
Milchstraße 139
Mitteleuropäische Zeit (MEZ) 49, 52, 72f., 75, 181
Monat 62, 63
Mond 18, 27, 44, 84, 86, 91, 98, 161f.
Mondalter 88f.
Mondatmosphäre 87
Mondbeobachtung 83
Mondbewegung 59, 62
Mondfinsternis 91f.
Mondkamera 161
Mondkrater 84
Mondlicht, aschgraues 83
Mondoberfläche 84
Mondphasen 83, 91
Montierung 17
Morgenstern 105

Nebel 18, 133, 138, 141
Neptun 97, 112
Neumond 91
Newton 101
Nordlicht 42
Nordrichtung 45, 54, 64f.

Objektiv 16, 19
Okular 16, 19, 41
Okularauszug 20f., 77, 162
Opposition 103f., 107, 110
Orientierung 51
Orientierung, astronomische 45
Ortszeit, mittlere 49

Parallaxe 63, 100
Parallelkreise 51f.
Pendelquadrant 28
Penumbra 78
Photosphäre 80
Planetarium 48
Planeten 27, 97f., 161
Planetenbahn, scheinbare 105
Planetensystem 98
Planetoiden 97f., 112
Pluto 97, 112
Polarstern 45, 56, 159
Polkappen 107, 108
Positionswinkel 137, 138
Projektionsmethode 77, 78, 81, 91
Ptolemäus 98f.

Radiant 122
Randverdunkelung 80
Raumsonden 127
Rechenscheibe 75, 181
Rektaszension 55, 74
Ringgebirge 85f., 89
Ringwälle 84
Rotation, gebundene 88
Rotationsdauer 65

Satelliten 10, 42
Saturn 18, 98, 103f., 110f.
Saturnring 18
Schaltjahr 67
Schattengrenze 84
Schattenkegel 91
Sichtbarkeit 83
Sichtverhältnisse 44
Sommersternbilder 59
Sonne 18, 64, 66, 78, 97f., 161f.
Sonnenaktivität 78, 81, 116
Sonnenäquator 79
Sonnenbeobachtung 77
Sonnenfackeln 81
Sonnenfilter 161
Sonnenfinsternis 67, 91f.
Sonnenflecken 78f.
Sonnenoberfläche 77
Sonnentag 66, 74
Sonnenuhr 69
Sonnenuntergangspunkt 118
Sonnenzeit 74, 181
Sonnenzeit, mittlere 65, 71, 73
Sonnenzeit, wahre 65, 70f., 73
Spiegelfernrohr 17
Spiralarme 139
Sputnik 127
Stativ 18, 21, 24, 41, 53f.
Staubnebel 138
Steinregen 121
Stellarastronomie 133
Sternatlas 103
Sternbedeckung 11, 42, 63f.
Sternbilder 45, 47f., 141f.
Sterne 97, 133f.
Sterne, Farben der 135
Sterne, Veränderliche 11, 18 135, 141
Sternexplosionen 138
Sternhaufen 18, 133, 138, 141
Sternkarte, drehbare 47, 49, 50, 179
Sternmassen 137
Sternschnuppen 117, 121
Sternspuraufnahme 160
Sternsystem 133, 138f., 141
Sterntag 66, 74
Sternvisier 66
Sternzeit 74f., 181
Strahlengang 17
Strahlensysteme 86
Strahlung, kosmische 88
Ströme, periodische 122

Stundenkreise 54
Sucher 25
Südrichtung 45
Szintillation 44, 97

Teilchenstrahlung 115
Temperatur 134f.
Terminator 84, 88f.
Titan 111
Tubus 16, 20

Uhr 29, 41, 45
Uhrgang 29
Uhrstand 29
Umbra 78
Umlaufzeit 100
Uranus 112

Venus 98, 104ff.
Vergleichssterne 136
Vergrößerung 18f., 44, 88, 117
Vertikalkreise 52
Vertikalsonnenuhr 69
Verwerfungen 86
Verzerrungen 49ff.
Vesta 112
Volkssternwarten 32
Vorübergänge 107

Wallebenen 85
Weltbild 10f., 98f.
Winkelabstand 107
Winkelausdehnung 97
Winkelmaß 14
Winkelmeßgeräte 27, 52
Winkelmeßinstrumente 32
Winkelschätzung 125
Wintersternbilder 59

Zeit 69, 74
Zeitgleichung 71ff.
Zeitmessung 64
Zenit 29, 54, 127f.
Zenitprisma 25, 41
Zentralberg 85
Zirkumpolarsterne 50
Zonen 109


Pegasus
Fische
Walfisch
Wass
Südlicher Fisch


Leier
Schwan
Delphin
Pfeil
ferdchen
Adler
Schlange
mann
Schild
Steinbock
Schütze
Mikroskop

