

DR. HUGO ARNOLD

Der GESTIRNTE
Himmel

HUGO ARNOLD

DER
GESTIRNTE
HIMMEL

Darstellung an Hand von Sternkarte
und Planetentafel des Verfassers

„Zwei Dinge erfüllen das Gemüt mit immer neuer
und zunehmender Bewunderung und Ehrfurcht,
je öfter und anhaltender sich das Nachdenken
damit beschäftigt: Der gestirnte Himmel über mir
und das moralische Gesetz in mir.“

IMMANUEL KANT



URANIA-VERLAG JENA

1953

**Veröffentlicht unter der Lizenznummer 212 des Amtes für Literatur und Verlagswesen
der Deutschen Demokratischen Republik - 475/3/53 - Printed in Germany - Alle Rechte vorbehalten
Druck: Karl-Marx-Werk, Pößneck, V 15/30**

Meiner lieben Frau

Dr. Else Arnold

geb. Gottschaldt

Vorlagen zu den Tafeln
stellten in dankenswerter Weise zur Verfügung
die Herren
RUDOLF BRANDT, Sternwarte Sonneberg
DIEDRICH WATTENBERG, Archenhold-Sternwarte, Berlin-Treptow
Prof. Dr. J. WEMPE, Astrophysikalisches Institut, Potsdam

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Vorbemerkung	9
II. Beschreibung von Sternkarte und Planetentafel	10
1. Grundplatte (Vorderseite) mit Sternträger und Deckscheibe	10
2. Grundplatte (Rückseite, Planetentafel) mit Venusscheibe, Parallellineal und Zeiger	13
III. Das Geschehen am Himmel, ermittelt aus Sternkarte und Planetentafel	16
1. Bestimmung der Stellung der wandernden Gestirne auf dem Sternträger	16
2. Ein Tageslauf am Sternenzelt	22
3. Der Sternenlauf im Wechsel der Jahreszeiten und Jahre	32
4. Besondere Ereignisse am Sternhimmel	39
a) Finsternisse	39
b) Sternbedeckungen	40
c) Venusdurchgang	41
IV. Korrekturen	43
1. Tageskorrektur	43
2. Jahreskorrektur	43
3. Korrektur bei wandernden Gestirnen	46
4. Korrektur auf MEZ	46
5. Korrektur bei anderer geographischer Breite	46
V. Astronomische Koordinatensysteme	48
1. Das horizontale System	49
2. Das äquatoriale System	50
3. Das ekliptikale System	54
VI. Die Zeit	58
1. Die Sonnenzeit	58
2. Die Sternzeit	61
3. Die Zonenzeit	62
VII. Beobachtungen am Sternhimmel mit optischen Hilfsmitteln	65
VIII. Verzeichnisse und Übersichten	69
1. Fixsterne	69
2. Sternhaufen	74
3. Nebel	74
4. Planetensystem	74
5. Astronomische Zeichen	77
6. Das kleine griechische Alphabet	77
7. Abkürzungen	77
IX. Register	78

I. Vorbemerkung

Der Sternhimmel bietet an jedem Punkt der Erde ein anderes Bild. Dementsprechend müßte eine einstellbare Sternkarte wie die vorliegende für jeden Ort der Erde eine andere sein. Zum Glück sind die Abweichungen nicht sehr groß, wenn die Orte nicht zu weit auseinander liegen. So kann eine für einen bestimmten Ort hergestellte Sternkarte auch für die weitere Umgebung benutzt werden. Die vorliegende Sternkarte ist für einen Ort von 50° nördlicher geographischer Breite und 15° östlicher geographischer Länge entworfen. Ihr Gültigkeitsbereich reicht von 0° bis 30° östlicher Länge und von etwa 45° bis etwa 55° nördlicher Breite, so daß sie für den mittleren Teil von Europa genügt. Eine innerhalb des oben angegebenen Intervalls liegende andere Länge hat keine Bedeutung, sie wird durch die Zeitumrechnung ausgeglichen. Dagegen treten bei anderer Breite als 50° bei den Ablesungen der Azimute, Höhen und Zeiten Abweichungen auf. Um diese Abweichungen für die besonders wichtigen Auf- und Untergangszeiten der äquatornahen Gestirne auszugleichen, ist Diagramm 4 beigegeben. Mit dessen Hilfe können die aus der Sternkarte abgelesenen Auf- und Untergangszeiten aller Gestirne zwischen -30° und $+30^\circ$ Deklination, also der Sonne, der Planeten und der in diesem Gürtel liegenden Fixsterne leicht auf den richtigen Wert korrigiert werden.

Benutzern, denen die in den folgenden Abschnitten gebrauchten astronomischen Begriffe und Ausdrücke nicht geläufig sind, wird empfohlen, die Abschnitte V und VI vorweg zu lesen.

II. Beschreibung von Sternkarte und Planetentafel

Die Sternkarte besteht aus

1. der Grundplatte (Vorderseite) mit Sternträger und Deckscheibe,
2. der Grundplatte (Rückseite, Planetentafel) mit Venusscheibe, Parallellineal und Zeiger.

1. Grundplatte (Vorderseite) mit Sternträger und Deckscheibe

Die Vorderseite der Grundplatte trägt am äußeren Kreis die Teilung in die Tagesstunden, die *Stundenteilung*, die von 0^h (=Mitternacht) über 12^h (=Mittag) bis $24^h=0^h$ läuft und in Intervalle von 10 Minuten unterteilt ist. Die Drehachse ist der *Himmelspol*, der wegen der für die Karte zugrunde gelegten geographischen Breite eine Höhe von 50° hat. Von 0^h der Stundenteilung läuft durch den Himmelspol nach 12^h der *Meridian des Ortes*. Der Meridian dient in seinem oberen Teil als *Ableselinie* und trägt vom Himmelspol mit $+90^\circ$ ausgehend über 0° bis -40° die *Deklinationsteilung*.

Die innerhalb der Stundeneinteilung liegenden ovalen Kurven sind die *Linien gleicher Höhe*. Die beiden äußeren stellen die Begrenzungen der sogenannten *astronomischen und bürgerlichen Dämmerungszonen* dar. Die Höhenlinie, welche das blaue Oval umgrenzt, ist der *Horizont*. Die Gestirne werden uns nur sichtbar, wenn sie innerhalb des Horizontes liegen. Der Horizont ist unter Berücksichtigung der atmosphärischen Strahlenbrechung des Lichtes gezeichnet, er hat also die Höhe von $-35'$), und zwar gilt das für seine innere Begrenzung. Die danach folgenden Höhenlinien haben 10° , 20° usw. Höhe bis 80° . Der Mittelpunkt der Höhenlinie von 80° stellt den senkrecht über dem Beobachter liegenden Punkt des Himmels, das *Zenit*, dar. Er hat 90° Höhe.

Die vom Zenit nach dem Horizont laufenden Kurven sind die *Linien gleichen Azimuts*. Sie gehen östlich und westlich von 0° bis 180° . Im Azimut 0° des Horizontes liegt der *Südpunkt (S)*, in 90° östlich und westlich der *Ostpunkt (O)* und der *Westpunkt (W)*, in 180° der *Nordpunkt (N)*. Die *Zwischenhimmelsgegenden* SO und SW liegen bei 45° , NO und NW bei 135° östlichen und westlichen Azimuts im Horizont. Alle Linien gleichen Azimuts schneiden sich im Zenit.

Der verstärkt gezeichnete Halbkreis, der durch die Punkte O und W des Horizontes läuft, ist der *Himmelsäquator*, sein Mittelpunkt ist der *Himmelspol*.

Die in den unteren Ecken der Grundplatte stehenden *Formeln* dienen der *Zeit-*

¹⁾ Das Zeichen ^h kommt vom lateinischen Wort hora = Stunde.

²⁾ Durch die atmosphärische Strahlenbrechung werden die Lichtstrahlen, die dicht über der Erdoberfläche hinstreichen, gekrümmt. Dadurch scheint der Horizont den kleinen Betrag von 35 Bogenminuten (') unter der waagrecht Ebene zu liegen.

umrechnung, sie sind zu ergänzen durch die Zeitdifferenz des Beobachtungsortes nach der in Abschnitt VI gegebenen Anweisung.

Der Drehpfeil oberhalb der Stundenteilung gibt die Richtung der täglichen Drehung des Himmels an.

Der Sternträger ist die auf der Vorderseite der Grundplatte sitzende und um die Polachse drehbare Scheibe. Er besitzt am Rande 4 Ringe mit Teilungen. Der äußere Ring trägt die Datumteilung, die die Monate und Tage des Jahres angibt. Die Tagesstriche bedeuten stets den Anfang des Tages, also 0^h MEZ¹⁾ an dem betreffenden Tag. Der die ganze Ringbreite einnehmende letzte Strich des Monats bedeutet dessen letzten Tag, also den 28., 30. oder 31. Nur am Ende des Dezember befindet sich ein zweiter langer Strich, der den 32. Dezember bedeutet und bei Schaltjahren zu benutzen ist. Näheres siehe in Abschnitt IV, 2. Der danach folgende Ring enthält die Zeitgleichung. Die innerhalb der Teilstriche dieses Ringes stehenden positiven und negativen Zahlen geben die Zeitgleichung in Minuten stets für die Tage des Jahres an, die zwischen den Teilstrichen liegen. So beträgt beispielsweise die Zeitgleichung für die Tage vom 16. bis 18. Januar -10 Minuten. Im dritten Ring von außen befinden sich die Teilstriche der Finsternispunkte. Die dem Teilstrich heigesetzten Zahlen geben die Jahre an, für die sie gelten. Die Teilstriche selbst weisen auf den Kalendertag der Datumteilung hin, an dem der Finsternispunkt eintritt. So bedeutet z. B. der eine Teilstrich 50: der Finsternispunkt tritt am 29. März 1950 ein, der andere des gleichen Jahres: er tritt am 21,5. September 1950 ein. Im innersten Ring endlich befindet sich die Rektaszensionsteilung. Die angeschriebenen Zahlen bedeuten Stunden (^h), die von 10 zu 10 Minuten (^m) unterteilt sind.

Im Innern der Teilung sind die Fixsterne²⁾, Sternhaufen und Nebel eingezeichnet von $+90^\circ$ herab bis zu -40° Deklination; die letzteren beiden, soweit sie dem bloßen Auge sichtbar sind. Sterne, deren Deklination unter -40° liegt, werden bei einer geographischen Breite von 50° nicht sichtbar.

Die Sterne werden nach ihrer Helligkeit von den Astronomen in Größenklassen eingeteilt, so daß die helleren die niedrigere Nummer haben. So wurden die hellsten Sterne mit 1. Größe, geschrieben 1^m ³⁾, die nächsthellen mit 2^m usw. gekennzeichnet. Als man die Helligkeit genau zu messen begann, mußte man unter den Sternen einer Klasse unterscheiden und fügte Dezimalstellen bei. So ist also ein Stern 2^m heller als ein solcher $2,5^m$. Man war auch gezwungen, unter das Maß für die hellsten Sterne hinabzugehen und sprach dann von nullter, minus erster usw. Größe. Einem physiologischen Gesetz entsprechend, das uns eine gleichmäßige Stufenfolge der Helligkeit dann erscheinen läßt, wenn die Helligkeit des schwächeren Objekts immer mit demselben festen Faktor multipliziert wird, um die des nächst stärkeren zu erhalten, sind die Größenklassen so abgestuft, daß ein Stern 3. Größe 2,5mal so hell ist wie ein Stern 4. Größe, ein Stern 2. Größe wieder 2,5mal so hell wie ein Stern 3. Größe usw. Danach ist ein Stern 1. Größe also 15,6mal so hell wie ein Stern 4. Größe. Dementsprechend

¹⁾ MEZ = mitteleuropäische Zeit, vgl. Abschnitt VI, 3.

²⁾ Fixsterne = feste Sterne; Sterne mit Eigenlicht wie die Sonne.

³⁾ Das Zeichen ^m kommt vom lateinischen Wort magnitudo = Größe und ist nicht mit dem gleichen Zeichen für die Zeitlänge Minute zu verwechseln.

sind die Flächen der Sternscheibchen gewählt, allerdings mit einem ein wenig kleineren Faktor.

Es sind alle Sterne bis herab zu $4,5^m$ aufgenommen worden. Die Durchmesser der Sternscheibchen sind so unterteilt, daß größte Sterne bis zu $+0,75^m$ unter $0,5^m$, Sterne von $0,76^m$ bis $1,25^m$ unter 1^m , Sterne von $1,26^m$ bis $1,75^m$ unter $1,5^m$ usw. eingetragen sind. Unter 4^m sind schließlich alle Sterne von $3,76^m$ bis $4,5^m$ zusammengefaßt. Die veränderlichen Sterne sind mit ihrer maximalen Helligkeit eingetragen. Bei der Darstellung der Sterne durch Scheibchen war es nicht zu vermeiden, daß nahe Sterne gelegentlich ineinander fallen.

Dem normalen unbewaffneten Auge sind in mondlosen Nächten bei ganz klarem Himmel noch Sterne bis herab zu 6^m sichtbar.

Die Sternhaufen sind auf dem Sternträger durch volle, die Nebel durch hohle Ovale dargestellt.

Durch die Präzessionsbewegung (vgl. Seite 56) verschieben sich alle Fixsterne im Laufe der Jahre scheinbar vorwärts längs der Ekliptik, und zwar in 10 Jahren um $0,14^\circ$ Länge. Die Orte der Fixsterne sind deshalb im Sternträger für das mittlere Jahr, also 1960, berechnet und eingetragen. Die Ortsverschiebung gegen 1950 einerseits und 1970 andererseits kann dann vernachlässigt werden.

Die Milchstraße ist durch ihre Begrenzung kenntlich gemacht.

In den Sternhimmel des Sternträgers hinein ist die Tierkreislinie oder Ekliptik gestrichelt eingetragen worden. Die Striche und Lücken sind so bemessen, daß jeder Strich und jede Lücke 1° geozentrischer Länge darstellt. Die an der Ekliptik angeschriebenen Zahlen bedeuten die geozentrischen Längen in Grad. Von 5° zu 5° sind Teilstriche eingesetzt, deren Länge so bemessen ist, daß bei den Fünftelstrichen die Endpunkte je $+2^\circ$ (nach innen) und -2° (nach außen) und bei den Zehnteilstrichen je $+5^\circ$ und -5° geozentrischer Breite entsprechen.

An die Ekliptik sind die astronomischen Bezeichnungen der Tierkreiszeichen, die je 30° Länge umfassen, angeschrieben. Die astronomischen, deutschen und lateinischen Bezeichnungen dieser Zeichen sind:

0° bis	30°:	♈, Widder, Aries,
30°	„ 60°:	♉, Stier, Taurus,
60°	„ 90°:	♊, Zwillinge, Gemini,
90°	„ 120°:	♋, Krebs, Cancer,
120°	„ 150°:	♌, Löwe, Leo,
150°	„ 180°:	♍, Jungfrau, Virgo,
180°	„ 210°:	♎, Waage, Libra,
210°	„ 240°:	♏, Skorpion, Scorpius,
240°	„ 270°:	♐, Schütze, Sagittarius,
270°	„ 300°:	♑, Steinbock, Capricornus,
300°	„ 330°:	♒, Wassermann, Aquarius,
330°	„ 360°:	♓, Fische, Pisces.

Der Anfangspunkt des Widderzeichens ist der sogenannte Frühlingspunkt, gleichfalls mit ♈ bezeichnet. An ihm nehmen Ekliptik- und Rektaszensionsteilung ihren

Anfang. Die Tierkreiszeichen decken sich heute nicht mehr mit den gleichnamigen Tierkreissternebildern. Das beruht gleichfalls auf der Präzession. Seit der griechische Astronom HIPPARCH die Tierkreiszeichen nach den bei diesen stehenden Sternbildern benannte, sind etwa 2000 Jahre verflossen. In dieser Zeit haben sich die Sternbilder etwa um die Länge eines Zeichens verschoben. So steht jetzt das Sternbild der Fische beim Zeichen des Widders usf.

Weitere Einzelheiten befinden sich nicht auf dem Sternträger, um die Schönheit des Abbildes des gestirnten Himmels nicht zu stören. Der Sternhimmel wird durch den Sternträger richtig wiedergegeben, wenn man die Karte über den Kopf hält, N-Punkt gegen Nord gerichtet.

Die Deckscheibe enthält von den Sternen des Sternträgers nur die wichtigeren, die im allgemeinen mit griechischen Buchstaben bezeichnet sind. Sie treten nur als Ecken der Konfigurationen hervor. Eine Ausnahme machen die Doppelsterne, die durch einen vollen, und die veränderlichen Sterne, die durch einen hohlen Kreis gekennzeichnet sind. Ist ein Stern sowohl doppelt als auch veränderlich, so hat er um den vollen Kreis noch einen hohlen. Die Verbindungslinien zwischen den Sternen geben die Konfiguration des Sternbildes, die sich dem Gedächtnis besser einprägt. An den Sternbildern stehen ihre deutschen Namen. Sternhaufen und Nebel sind in gleicher Weise bezeichnet wie auf dem Sternträger.

Die Deckscheibe wird beim Arbeiten mit der Sternkarte durch Lösen der Achsschraube herausgenommen. Nach Bedarf kann sie auf den Kopf der wieder eingedrehten Schraube gelegt werden. Sie ist so einzustellen, daß ihr Nullstrich in dem roten Ring auf 0^h der Rektaszensionsteilung des Sternträgers liegt; dann decken sich die Sterne auf Sternträger und Deckscheibe.

2. Grundplatte (Rückseite, Planetentafel) mit Venusscheibe, Parallelenlineal und Zeiger

Auf der Rückseite der Grundplatte befindet sich die Planetentafel. Die Fläche der Rückseite stellt die Ekliptikebene, also die Erdbahnebene, dar. Der äußere Teilkreis dient der Ablesung der ekliptikalischen Länge in Grad. In seinem Mittelpunkt, der Drehachse, ist die Sonne (\odot) zu denken. An dem Teilkreis sind die Punkte der Sonnennähe, d. h. des Perihels (P), und des aufsteigenden und absteigenden Knotens (Ω, ϑ) der Planetenbahnen markiert. Um 180° vom Perihel entfernt liegt der Punkt der Sonnenferne, das Aphel, das nicht besonders gekennzeichnet ist. Innerhalb des Teilkreises befinden sich, durch ihre astronomischen Zeichen kenntlich gemacht, die Bahnen der Planeten¹⁾ Venus (\ominus), Erde (\oplus), Mars ($\♂$), Jupiter ($\♃$), und Saturn ($\♄$). Die Venusbahn ist nicht eingezeichnet; sie ist auf der Venusscheibe (s. unten) dargestellt. Die Bahnen der Planeten sind Ellipsen, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht. Die Abweichung der Ellipsen gegen die Kreisform ist bei allen Bahnen so gering, daß sie hier nicht merkbar

¹⁾ Planet (griechisch) = Wandelstern; Stern, der sich um die Sonne bewegt und uns durch Reflexion des Sonnenlichtes bemerkbar wird.

werden würde. Die Bahnen sind deshalb als Kreise gezeichnet. Lediglich die Exzentrizität der Planetenbahnen wird bemerkbar. Sie äußert sich darin, daß die Kreise exzentrisch zur Sonne liegen. Es muß noch bemerkt werden, daß nur die Erdbahn genau in der Ekliptikebene liegt. Alle anderen Bahnebenen schneiden die Ekliptikebene längs der Knotenlinie $\delta-\vartheta$ unter kleinen Winkeln. Diese betragen für Venus: $3,4^\circ$, für Mars: $1,9^\circ$, für Jupiter: $1,3^\circ$ und für Saturn: $2,5^\circ$. Die Bahnen sind hier in die Ekliptikebene hineingeklappert zu denken. Bemerkenswerte Fehler treten hierdurch wegen der Kleinheit der Neigungswinkel nicht ein.

Die Bahnen sind in zwei verschiedenen Maßstäben gezeichnet, und zwar Venus (auf der S. 15 behandelten Venusscheibe), Erde und Mars in dem einen; Erde, Jupiter und Saturn in dem anderen. Somit sind 2 Erdbahnen vorhanden. Die wirklichen linearen Maße der Planetenbahnen in Millionen km erhält man, wenn man die der Planetentafel in cm entnommenen Maße

für die große Erdbahn, Venus und Mars mit	21,4
für die kleine Erdbahn, Jupiter und Saturn mit	99,7

multipliziert.

Die schwarzen Teilstriche an den Planetenbahnen geben den nach dem 2. KEPLERSchen Gesetz errechneten Ort des Planeten zur angeschriebenen Zeit an. Bei den beiden Erdbahnen sind die Orte von 10 zu 10 Tagen eingetragen. Je 30 Tage, die etwa einem Monat entsprechen, sind am Beginn durch die Zahlen 0 bis 12 gekennzeichnet. Wir werden diese 30 Tage künftig als *Monat* bezeichnen, und zwar den Zeitraum vom 1. bis 30. Januar als *Monat 0*, den vom 31. Januar bis 1. März als *Monat 1* usw. Die kursiven Zahlen 0, 1, . . . für sich allein bedeuten den Beginn des entsprechenden Monats, also den 1. Januar, 31. Januar usw. Die Erde befindet sich nach dem obigen also am 1. Januar an der Stelle ihrer Bahn, an der die Zahl 0; am 31. Januar dort, wo die Zahl 1 usf. steht. Die Orte der Planeten Mars, Jupiter und Saturn sind wegen der langsameren Bewegung dieser Himmelskörper im Zwischenraum von 90 Tagen = 3 Monaten angegeben. Die Jahresanfänge sind durch die beiden letzten Ziffern der betreffenden Jahreszahl gekennzeichnet, die Zwischenwerte durch die Angabe des Monats und des Jahres. Somit bedeuten die Zahlen an diesen Planetenbahnen z. B.: 60 den Ort, an dem der Planet am 1. Januar 1960 in seiner Bahn steht, $\frac{3}{60}$ den am 1. April 1960, $\frac{6}{60}$ den am 30. Juni 1960, $\frac{9}{60}$ den am 28. September 1960.

Außer den schwarzen befinden sich mit Ausnahme der Erdbahn rote Teilstriche an den Planetenbahnen, die diese in Intervalle abgrenzen. Die in der Mitte dieser Intervalle stehenden Zahlen sind die Breitenzahlen, über deren Bedeutung in Abschnitt III, 1 gesprochen werden wird.

Es bleibt noch übrig, die in den Ecken der Planetentafel befindlichen Täfelchen zu besprechen. Es bedeuten in allen 4 Täfelchen die an der Zahlenleiter untere angeschriebenen Zahlen die auf der Planetentafel gemessene jeweilige Entfernung des Planeten von der Erde in cm. Die daneben unter d stehenden Zahlen geben die zu den Abständen gehörenden Winkeldurchmesser in Bogensekunden (") an, unter denen die Planetenscheibchen dem Beobachter erscheinen. Unter dem Buchstaben h sind die

Helligkeiten entsprechend den jeweiligen Abständen in Größenklassen angegeben. Es sind Annäherungen an die etwas schwankenden Werte. Bei Venus, die schon im 10- bis 15fach vergrößernden Fernrohr eine deutliche Phasenbildung erkennen läßt, sind die den Abständen entsprechenden Phasen eingetragen.

Auf der Planetentafel fehlen die Planeten Merkur, Uranus, Neptun und Pluto. Hierüber vergleiche das im Abschnitt III, 1 Gesagte.

Die Venusscheibe. Wegen ihrer kurzen Umlaufzeit konnte die Venus nicht auf einem festen Kreis in der Planetentafel untergebracht werden. Es mußte für sie eine besondere Scheibe hergestellt werden, die für jedes Jahr einzustellen ist. Das war möglich, weil die Exzentrizität der Venusbahn so klein ist, daß sie vernachlässigt werden konnte. Die Teilstriche an der Venusbahn geben wie bei der Erde ihre Orte von 10 zu 10 Tagen an. Die an jedem dritten Teilstrich stehenden Zahlen entsprechen den Monatszahlen der Erdbahn. Da die Venus in einem Jahr etwa 1,6mal umläuft, laufen die Teilstriche von der Zahl 8 an wieder in den bis dahin durchlaufenen Bahnteil hinein und sind deshalb innen an der Bahn angebracht. Die kurzen Teilstriche im Innern der Bahn mit den Zahlen 50 (=1950) bis 70 (=1970) dienen der Einstellung der Bahn für das gewünschte Jahr. So ist für das Jahr 1950 der Teilstrich an der Zahl 50 auf den Einstellstrich, der sich auf der Grundplatte rechts von der Achse innerhalb der Venusbahn befindet, einzustellen. Dann geben die Teilstriche an der Bahn die Orte des Planeten für dieses Jahr an. Da wegen der besonderen Konstruktion die Bewegung der Venus in ihrer Bahn als gleichförmig angenommen werden mußte, mußten Abweichungen in Kauf genommen werden, die z. T. bei den Bahnorten auftreten und bis zu $\pm 0,8^\circ$ gegen die wahren Orte betragen können.

Das Parallelenlineal ist eine geschlitzte Scheibe mit grünen Parallelen, die auf der Planetentafel dreh- und verschiebbar angebracht ist. Die oberste Parallele trägt eine Teilung in halbe cm, die zur Abmessung der Entfernung Planet—Erde dient.

Der Zeiger ist ebenfalls geschlitzte, um die Achse drehbare Streifen mit schwarzen Parallelen. Der am äußeren Ende liegende Strich dient zur Ablesung der Einstellungen am Teilkreis der Planetentafel. Durch den in der Verlängerung des Ablesestriches angebrachten Schlitz ist es möglich, besondere Punkte auf den Planetenbahnen zu markieren.

Venusscheibe, Parallelenlineal und Zeiger lassen sich abnehmen, was bei Benutzung der Sternkarte zu Beobachtungen am Sternhimmel zu empfehlen ist.

III. Das Geschehen am Himmel, ermittelt aus Sternkarte und Planetentafel

1. Bestimmung der Stellung der wandernden Gestirne auf dem Sternträger

Der Sternträger enthält nur die Fixsterne, die Sterne also, die im Laufe der Jahre ihre Stellung unter sich nicht ändern. Man hat ihn daher zunächst zu ergänzen, indem man die periodisch wandernden Gestirne einträgt. Dies sind Sonne, Mond und Planeten. Zur Festlegung dieser Himmelskörper bestimmen wir ihre geozentrische (d. h. von der Erde aus gemessene) Länge und Breite.

Die Länge der Sonne (\odot) wird dadurch ermittelt, daß man das Datum des gewünschten Kalendertages in der Erdbahn auf der Planetentafel aufsucht, dann die geteilte Gerade des Parallelenlineals durch diesen Punkt und weiter durch die Sonne (Drehachse) gehen läßt. An dem von der Erde abgewandten Ende der geteilten Geraden des Parallelenlineals liest man am Teilkreis die geozentrische Länge der Sonne ab. Einfacher erhält man den Wert, und diesen Weg wird man bevorzugen, wenn man das Datum, also den Anfangsstrich des gewünschten Kalendertages auf dem Sternträger in die Ableselinie einstellt. Die geozentrische Länge der Sonne liest man dann an der Ekliptikteilung dort ab, wo die Ableselinie diese schneidet, also beispielsweise für den 1. Januar $280,2^\circ$. Die geozentrische Breite der Sonne ist stets Null, da diese nie außerhalb der Ekliptik stehen kann.

Der ungefähre Ort des Mondes (\lrcorner) auf dem Sternträger wird auf die folgende Weise ermittelt. Man sucht in einem Kalender für das betreffende Jahr die dem Beobachtungstag am nächsten liegende Mondphase (Neumond, erstes Viertel, Vollmond, letztes Viertel) auf. Für den Tag dieser Phase ermittelt man, wie oben angegeben, die Länge der Sonne. Zu diesem Wert zählt man, um die Länge des Mondes am Tage der gewählten Phase zu finden, bei Neumond 0° , beim ersten Viertel 90° ; bei Vollmond 180° , beim letzten Viertel 270° zu. Danach bildet man den Unterschied zwischen dem Tag der Phase und dem Beobachtungstag. Da der Mond sich im Mittel an einem Tag um $13,2^\circ$ weiterbewegt, erhält man seine Fortbewegung in der fraglichen Zeit, wenn man die Zahl der eben gefundenen Tage mit 13,2 multipliziert. Diesen Betrag hat man von der für den Tag der Phase gefundenen Mondlänge *abzuziehen*, wenn der Beobachtungstag *vor* dem Tag der Phase liegt, dagegen zuzuzählen im umgekehrten Falle. Als Ergebnis erhält man die geozentrische Länge des Mondes am gewünschten Tage. Man muß den Mond in der Ekliptik annehmen, da seine geozentrische Breite mit Hilfe der Sternkarte nicht zu ermitteln ist.

Als Beispiel suchen wir die geozentrische Länge des Mondes für den 1. Januar 1950. Die nächstliegende Mondphase ist der Vollmond am 4. Januar. Ich stelle diesen Tag auf



Mond im ersten Viertel



Teil der Nordhalbkugel des Mondes im ersten Viertel an der Beleuchtungsgrenze

die Ableselinie und finde die Länge der Sonne zu $283,2^\circ$. Mithin hat der Vollmond die Länge $283,2^\circ + 180^\circ = 463,2^\circ$. Der Mond hat sich in den vom 1. bis zum 4. Januar verstrichenen 3 Tagen um $13,2 \times 3 = 39,6^\circ$ weiterbewegt. Diesen Betrag habe ich, da der Beobachtungstag vor dem Tag der Phase liegt, abzuziehen und erhalte $463,2^\circ - 39,6^\circ = 423,6^\circ$. Da der Winkel über 360° groß ist, verkleinere ich ihn um diesen Wert und erhalte als geozentrische Länge des Mondes für den 1. Januar 1950: $63,6^\circ$.

Es muß hier bemerkt werden, daß der Mond ein schwieriges Objekt ist, das mit den einfachen Mitteln der vorliegenden Sternkarte nicht genau zu meistern ist. Einige Gründe hierfür sind die folgenden. Im Kalender findet man nicht die Tagesstunde des Eintritts der Phasen, somit können bei der starken Längenverschiebung des Mondes von $13,2^\circ$ je Tag schon Fehler in dieser Größenordnung eintreten. Ferner weicht der Mond bei seiner Bewegung oft erheblich von der hier angegebenen mittleren Bewegung ab. Außerdem ist die Mondbahn um $5,1^\circ$ gegen die Ekliptik geneigt, somit hat er auch eine geozentrische Breite, die zwischen $+ 5,1^\circ$ und $- 5,1^\circ$ liegt. Um die geozentrische Länge und Breite des Mondes einigermaßen genau zu finden, bedürfte man einer besonderen Vorrichtung mit drehbaren Scheiben oder ähnlichem.

Der Ort der Planeten Venus ($\text{\textcircled{V}}$), Mars ($\text{\textcircled{M}}$), Jupiter ($\text{\textcircled{J}}$) und Saturn ($\text{\textcircled{S}}$) läßt sich für jeden Zeitpunkt der Jahre 1950 bis 1970 mit etwa der gleichen Genauigkeit wie die Stellung der Sonne, also für unsere Zwecke vollkommen ausreichend, ermitteln. Hierzu ist es wieder erforderlich, ihre geozentrischen Längen und Breiten zu wissen. Man benutzt zu ihrer Bestimmung die auf der Rückseite der Sternkarte angebrachte Planetentafel.

Ehe man an die Ermittlung von geozentrischer Länge und Breite geht, hat man bei Venus zunächst darauf zu achten, daß die Venusscheibe für das betreffende Jahr eingestellt ist; bei Venus und Mars, daß für sie die große, bei Jupiter und Saturn, daß für sie die kleine Erdbahn zu verwenden ist.

Nach dieser Vorbereitung sucht man den Ort von Erde und Planet in ihren Bahnen zur gewünschten Zeit. Man dreht und verschiebt dann das Parallelenlineal so, daß seine geteilte Gerade durch den Ort von Erde und Planet geht. Diese Gerade zeigt dann die Richtung der Visierlinie von der Erde zum Planeten an. Um diese Richtung in Grad, also die geozentrische Länge des Planeten festzustellen, hat man die Visierlinie parallel mit sich selbst verschoben zu denken, so daß sie durch den Mittelpunkt der Teilung geht. Dies geschieht mit Hilfe des Zeigers. Man dreht ihn so, daß seine schwarzen Parallelen zu den grünen des Parallelenlineals parallel sind, was gut festgestellt werden kann. Dann kann man am Ablesestrich am Ende des Zeigers die geozentrische Länge des Planeten zur angegebenen Zeit ablesen, wobei man die Zehntelgrade abschätzt. Zu beachten hat man nur, daß der Zeiger in Richtung Erde→Planet, nicht umgekehrt steht, sonst erhält man einen um 180° anderen Wert.

Zur Ermittlung der geozentrischen Breite stellt man fest, in welchem Breitenintervall der Planet zur gegebenen Zeit steht, und liest die Breitenzahl dort ab. Hiernach ermittelt man die Entfernung Erde—Planet an der geteilten Geraden des Parallelenlineals in cm, wobei man die Zehntel schätzt. Man dividiert nun die Breitenzahl durch die Entfernung und erhält die geozentrische Breite in Grad. Sie hat dasselbe

Vorzeichen wie die Breitenzahl. Die Division braucht nur bis zur ersten Stelle nach dem Komma durchgeführt zu werden, da geringere Werte als $0,1^\circ$ auf der Sternkarte nicht abgelesen werden können. Will man genau arbeiten, so muß man beachten, daß die Breitenzahlen für die Mitte des Intervalls gelten. Liegt der Ort des Planeten nicht in der Mitte des Intervalls, so hat man einen Wert zwischen den benachbarten Breitenzahlen zu wählen. Allzu ängstlich braucht man bei der Breitenberechnung nicht zu sein, da die geozentrischen Breiten stets kleine Zahlen sind.

Einige Beispiele mögen das Verfahren erläutern. Dabei sind die geozentrischen Längen mit l_g , die geozentrischen Breiten mit b_g , die Entfernung Erde—Planet mit e und die Breitenzahl mit z bezeichnet.

Zeit : 1. Januar 1950 = 50.

Venus : $l_g = 318,4^\circ$; $z = + 1,5$; $e = 2,6$ cm; also $b_g = + 1,5$; $2,6 = + 0,6^\circ$.

Mars : $l_g = 181,7^\circ$; $z = + 21,2$; $e = 8,5$ cm; also $b_g = + 21,2$; $8,5 = + 2,5^\circ$.

Jupiter : $l_g = 306,7^\circ$; $z = - 5,1$; $e = 8,9$ cm; also $b_g = - 5,1$; $8,9 = - 0,6^\circ$.

Saturn : $l_g = 169,4^\circ$; $z = + 29,5$; $e = 13,4$ cm; also $b_g = + 29,5$; $13,4 = + 2,2^\circ$.

Um bei Mars trotz der vielen an seiner Bahn stehenden Zahlen schnell den gewünschten Ort zu finden, merke man sich, daß er sich im Mittel in 90 Tagen um etwa 45° verschiebt. Man kann unter Verwendung dieser Zahl schnell von einem Bahnort zum nächsten kommen. Naturgemäß bewegt sich Mars zu Zeiten schneller oder langsamer, diese Zahl ist nur ein Anhaltspunkt.

Wie ist nun zu verfahren, wenn der Ort des Planeten zu der gewünschten Zeit nicht in der Planetentafel angegeben ist? Dann hat man zu interpolieren¹⁾ unter der Annahme, daß der Planet sich in der Zwischenzeit gleichmäßig weiterbewegt hat. Ein Beispiel für **Mars** möge das Verfahren erläutern. Es sei der Ort in seiner Bahn am 31. Januar 1950 gesucht. Man stellt für den vor und nach diesem Termin liegenden Zeitpunkt, für den der Bahnort angegeben ist, also für 50 und $\frac{3}{50}$, die heliozentrischen Längen l_h , d. h. die Längen von der Sonne aus gemessen, fest. Dies geschieht, indem man den Schlitz des Zeigers auf die Bahnorte einstellt und an seinem Ablesestrich abliest.

Diese Werte sind:

1. Januar 1950 = 50; $l_h = 146,2^\circ$ und 1. April 1950 = $\frac{3}{50}$; $l_h = 185,9^\circ$.

Man bildet den Unterschied beider Werte, er ist: $185,9^\circ - 146,2^\circ = 39,7^\circ$. Also hat Mars in den verstrichenen 90 Tagen sich um $39,7^\circ$ in seiner Bahn verschoben, mithin in den 30 Tagen, die vom 1. Januar bis zum 31. Januar verstrichen sind, um $\frac{9,7}{90} \times 30 = 13,2^\circ$ heliozentrischer Länge. Dieser Wert ist der heliozentrischen Länge des 1. Januar zuzufügen, so daß man erhält:

Mars 31. Januar 1950; $l_h = 146,2^\circ + 13,2^\circ = 159,4^\circ$.

Man stellt mit dem Zeiger diese Zahl am Teilkreis ein und markiert durch seinen Schlitz mit einem zarten Bleistiftstrich den Ort in der Marsbahn, er liegt hier in dem einen Intervall mit der Breitenzahl +20. Der Bleistiftstrich läßt sich durch Radieren mit einem weichen Gummi leicht wieder entfernen. Geozentrische Länge und Breite findet man, nachdem die Stellung des Planeten in der Bahn ermittelt worden ist, wie oben angegeben.

¹⁾ interpolieren (lateinisch) = einen Zwischenwert einschalten.

Entsprechend verfährt man, soweit nicht die Ermittlung des Ortes durch Abschätzung ausreicht, auch bei den anderen Planeten und der Erde. Da sich auf dem Zelluloid der Venusscheibe mit Bleistift nicht schreiben läßt, verwendet man Tinte oder Aquarellfarbe. Mit einem feuchten Lappchen entfernt man sie wieder.

Die oben zur Bestimmung der geozentrischen Breite verwendeten Entfernungen der Planeten von der Erde können uns nun weiter dazu dienen, mit Hilfe der Täfelchen in den Ecken der Planetentafel bei allen Planeten die Durchmesser zu finden. Für Beobachter, die mit einem Fernrohr ausgerüstet sind, hat das Bedeutung. Bei Mars und Venus kann man noch die Helligkeit, bei Venus auch die Phase bestimmen.

Es ergibt sich bei

V e n u s : $d \approx 45''$; $h \approx -4,0^m$; Phase: letztes Viertel.

M a r s : $d \approx 8''$; $h \approx +0,6^m$.

J u p i t e r : $d \approx 33''$.

S a t u r n : $d \approx 18,5''$.

Es soll noch einiges gesagt werden über die auf der Planetentafel fehlenden Planeten Merkur (\odot), Uranus ($\♃$), Neptun ($\♆$) und Pluto (Pl).

Merkur, der sonnennächste Planet, konnte wegen seiner schnellen Bewegung und seiner großen Exzentrizität nicht auf der Planetentafel untergebracht werden. Es hätte der Mühe auch nicht verlohnt, für ihn eine Darstellungsweise zu suchen. Im günstigsten Falle geht er 2 Stunden vor der Sonne auf oder nach ihr unter und ist auch dann nur kurz in der Dämmerung dicht am Horizont zu sehen. Wegen der trüben Atmosphäre in der Nähe des Horizontes ist er deshalb in unseren Breiten nur sehr schwer zu beobachten. Wenn er gerade seinen weitesten Abstand von der Sonne hat, ist er noch am ehesten $\frac{3}{4}$ Stunden nach Sonnenuntergang oder vor Sonnenaufgang und dann am besten im Frühjahr zu erblicken. Aber auch dann verschwindet er abends bald unter dem Horizont oder morgens in der heller werdenden Dämmerung. Trotzdem er verhältnismäßig hell werden kann, ist er keine auffallende Himmelserscheinung. Den Mittelmeervölkern war Merkur schon vor Jahrtausenden bekannt, da dort die Sichtbarkeitsverhältnisse besser sind als bei uns.

Uranus, Neptun und Pluto wurden erst entdeckt, als gute Fernrohre und genaue Ortsbestimmungen eine bessere Durchmusterung des Himmels zuließen. Zuvor einiges über die Geschichte der Entdeckung dieser Planeten, die sehr reizvoll ist.

Uranus wurde von FRIEDRICH WILHELM HERSCHEL entdeckt. Dieser Mann, der Musiklehrer war, hatte sich aus Liebhaberei zur Mathematik und Astronomie damit befaßt, Hohlspiegel zu schleifen, um damit Fernrohre, sogenannte Reflektoren, zu bauen. Mit einem so hergestellten Reflektor durchmusterte er am 13. März 1781 den Himmel und entdeckte im Sternbild der Zwillinge ein kleines Objekt, das wegen seiner Ausdehnung kein Fixstern sein konnte; er hielt es zunächst für einen Kometen. Erst die später vorgenommenen Bahnrechnungen zeigten, daß es sich um einen Planeten handelte. Es ist nicht weiter verwunderlich, daß die Vermehrung der Zahl der seit Jahrtausenden bekannten Planeten um einen neuen damals ungeheueres Aufsehen erregte und HERSCHEL großen Ruhm einbrachte.

1) Das Zeichen \approx bedeutet „angenähert gleich“.

War die Auffindung des Uranus ein Triumph der beobachtenden, so ist die des Neptun ein Erfolg der rechnenden Astronomie. Im ersten Drittel des vorigen Jahrhunderts zeigte Uranus Abweichungen von seiner vorausgerechneten Bahn. Diese Abweichungen waren gering, 1844 waren sie auf 2' angewachsen. Das ist ein Betrag, der auf unserer Sternkarte nicht meßbar ist, aber dem beobachtenden Astronomen entgeht er nicht. Man vermutete, daß er von einem weiteren Planeten herrührte, der, außerhalb von Uranus laufend, durch die von ihm ausgeübte Anziehung diese sogenannten „Störungen“ in der Uranusbahn hervorbrachte. Zwei Mathematiker, LEVERRIER und ADAMS, untersuchten unter den genannten Voraussetzungen das Problem und errechneten eine Bahn des vermuteten Planeten. LEVERRIER teilte seine Rechnungen dem Astronomen GALLE an der Berliner Sternwarte mit, der dann auch wenig später, am 23. September 1846, den Planeten, nur etwa 1° vom vorausgerechneten Ort entfernt, auffand. Diese Entdeckung war von epochemachender Bedeutung, da damit eine neue Bestätigung des NEWTONschen Gravitationsgesetzes, auf dem die Berechnungen beruhten, vorlag.

In gleicher Weise fand man Pluto, den man aus den Störungen der Neptunbahn errechnete, die allerdings weit kleiner waren als die der Uranusbahn. Auf Grund dieser Rechnungen entdeckte ihn am 18. Februar 1930 TOMBAUGH auf der Flagstaff-Sternwarte.

Die Planeten Uranus und Neptun konnten nicht in die Planetentafel aufgenommen werden, weil deren Maße sonst erheblich hätten überschritten werden müssen. Sie sind außerdem wegen ihrer geringen Helligkeit für den Liebhaberastronomen nicht sonderlich wichtig. Uranus ist ein Sternchen von 6^m , kann mit bloßem Auge also nur bei günstigen Umständen gesehen werden, wenn man seinen Ort genau kennt. Neptun ist 8. Größe und kann somit nur im Fernrohr beobachtet werden. Wer dennoch Wert darauf legt, den Ort dieser Planeten am Himmel ungefähr zu ermitteln, kann sich unter Zugrundelegung der kleinen Erdbahn von 1,5 cm Radius durch eine Zeichnung helfen. Die Bahnen dieser beiden Gestirne sind dann unter Vernachlässigung ihrer nicht sehr großen Exzentrizität als konzentrische Kreise zur Erdbahn zu zeichnen. Für Uranus ist der Bahnradius 28,8 cm, für Neptun 45,2 cm zu wählen. Die heliozentrische Länge am 1. Januar 1950 war für Uranus: $93,1^\circ$, für Neptun: $195,4^\circ$. Die mittlere Bewegung im Jahr beträgt für Uranus: $4,28^\circ$, für Neptun: $2,18^\circ$. Die Bahnorte in den einzelnen Jahresanfängen von 1950 bis 1970 können dann unter der nahezu richtigen Voraussetzung einer gleichmäßigen Bewegung in die Zeichnung eingetragen werden. Die geozentrischen Längen ermittelt man, wie oben bei den anderen Planeten angegeben wurde. Sie können von den heliozentrischen Längen bei Uranus bis $\pm 3^\circ$, bei Neptun bis $\pm 1,9^\circ$ abweichen. Die geozentrische Breite läßt sich nicht so einfach ermitteln, sie ist aber stets bei beiden Planeten gering, bei Uranus höchstens $\pm 0,8^\circ$, bei Neptun $\pm 1,8^\circ$, so daß man ohne großen Fehler die Orte der Planeten in der Ekliptik annehmen kann.

Pluto endlich bewegt sich noch außerhalb der Neptunbahn. Er hat für uns keine Bedeutung, denn er ist 15. Größe und somit nur in den stärksten Fernrohren sichtbar. Lediglich der Vollständigkeit halber sei folgendes über ihn gesagt. Am 1. Januar 1950 hatte er eine heliozentrische Länge von $137,2^\circ$ (die geozentrische Länge weicht davon nicht viel ab), er stand also im Tierkreiszeichen des Löwen. Da seine Bahn zur Ekliptik stark geneigt ist, kann er bis etwa $\pm 17^\circ$ außerhalb der Ekliptik stehen. Seine mittlere

jährliche Bewegung beträgt nur $1,4^\circ$, er durchmißt also in 20 Jahren nur etwa die Länge eines Zeichens.

Außer den bisher genannten großen Planeten kennen wir seit etwa 150 Jahren noch die kleinen Planeten oder Planetoiden. Sie liegen durchweg unter der Sichtbarkeitsgrenze für das unbewaffnete Auge. Dies und ihre sehr große Zahl verbot eine Aufnahme in die Planetentafel. Wir wollen uns aber hier etwas mit ihnen beschäftigen.

Wenn man auf der Planetentafel die Bahnen von Mars und Venus auf den Maßstab der kleinen Erdbahn gebracht denkt, so daß also dann alle 5 Planetenbahnen in gleichem Maßstab erscheinen, so fällt die große Lücke zwischen Mars und Jupiter auf. Diese Lücke, die schon KEPLER bemerkt hatte, beschäftigte die Astronomen um so mehr, als es gelungen war, für die mittleren Entfernungen von der Sonne eine gewisse Gesetzmäßigkeit nachzuweisen, die mit der Erfahrung bis zum Uranus gut übereinstimmte. Nach dieser Gesetzmäßigkeit, der sogenannten BODE-TITIUSschen Reihe, müßte in dieser Lücke, die schon KEPLER bemerkt hatte, heshäftigte die Astronomen um so mehr, als haben müßte. Da ließ der Zufall in der Neujahrsnacht 1801 den Astronomen PIAZZI ein Sternchen 8. Größe finden, das sich bei den Beobachtungen der nächsten Tage durch seine Bewegung den Fixsternen gegenüber als vom planetarischen Typ erwies. Leider lagen bis zu seinem Verschwinden in der Nähe der Sonne nur die wenigen PIAZZIischen Beobachtungen vor, und nach dem damaligen Stande der theoretischen Astronomie erschien es unmöglich, daraus eine Bahn des Objektes zu berechnen, um es nach dem Austritt aus den Sonnenstrahlen wiederzufinden. Und doch unterstützte wieder, wie bei der Auffindung des Neptun die theoretische Astronomie die beobachtende. Denn gerade in jener Zeit hatte der Mathematiker GAUSS, erst 24jährig, neue Methoden zur Bahnbestimmung gefunden und wandte sie sofort auf das neue Sternchen, dem der Entdecker den Namen Ceres gegeben hatte, an. Auf Grund dieser Berechnungen wurde Ceres am 7. Dezember 1801, also fast ein Jahr nach ihrer Entdeckung, wieder aufgefunden und einwandfrei als Planet erkannt, der in elliptischer Bahn die Sonne umkreist und zwischen Mars und Jupiter läuft. Wenige Jahre später entdeckte man noch 3 weitere kleine Planeten, Pallas, Juno und Vesta. Dann blieb es lange ruhig, bis der Liebhaber-astronom HENCKE 1845 einen fünften Planetoiden Astraea auffand und damit eine Serie von Entdeckungen einleitete, die noch nicht abgeschlossen ist und jetzt schon dem 2. Tausend zustrebt. Alle diese Planetoiden sind sehr klein, ihre Durchmesser erreichen bei den zuerst gefundenen größten einige 100 km und gehen herab bis zu 1 km und weniger. Jetzt wird der Himmel mit Hilfe der Photographie systematisch auf neue kleine Planeten überwacht. Es könnte müßig erscheinen, große Mühe auf das Auffinden weiterer derart kleiner Körper des Planetensystems aufzuwenden. Doch die Mühe lohnt sich, da manche von ihnen wichtig sind zur Klärung von Fragen der theoretischen und praktischen Astronomie.

Ehe wir das Planetensystem verlassen, betrachten wir noch kurz die Kometen, jene seiner Mitglieder, die nächst einer totalen Sonnenfinsternis der Menschheit oft großen Schrecken einflößten, da diese ihr Erscheinen mit dem Auftreten von Krieg, Hungersnot und Seuchen in Verbindung brachte. Man wird sie vergebens auf der Planetentafel suchen, es sind schweifende Gesellen, die nur sichtbar werden, wenn sie auf ihrer Bahn in die Nähe der Sonne kommen. Soweit sie wiederkehren, umlaufen sie diese

in sehr langgestreckten Ellipsen, andere verlassen auf nicht geschlossener Bahn das Planetensystem für immer. Ein Komet ist keine seltene Erscheinung; es vergeht kein Jahr, ohne daß mehrere entdeckt werden. Sie sehen im Fernrohr aus wie kleine Nebelwölkchen, erst die größeren werden dem bloßen Auge sichtbar, bilden einen Schweif aus und erreichen zu Zeiten eine solche Helligkeit, daß sie bei Tage sichtbar sind. Ihr Schweif kann am Himmel eine Länge von über 100° erreichen, im linearen Maß eine solche, die größer ist als der Abstand der Erde von der Sonne. Es ist uns nach dem Gesagten verständlich, daß sie einer unwissenden Menschheit Furcht und Schrecken einjagen mußten. Oft befürchtete man auch den Zusammenstoß eines Kometen mit der Erde. Die Astronomie konnte die Menschen von dieser Furcht befreien, da sie die Kometen als lockere Ansammlung kleiner Körper erkannte, die der Erde nicht gefährlich werden können.

Manchem der Älteren unserer Generation wird noch der HALLEYSche Komet in Erinnerung sein, der im Frühjahr 1910 gut sichtbar war. Er hat eine Umlaufzeit um die Sonne von etwa 76 Jahren, läuft in langgestreckter Ellipse und greift im Aphel (der Sonnenferne) noch über die Neptunbahn hinaus. Aus historischen Quellen konnte man seine periodische Wiederkehr über 2000 Jahre zurück verfolgen. Seit seinem letzten Auftreten ist kein besonders auffälliger Komet erschienen.

Wird der Ort eines neuen Kometen durch die Tageszeitungen bekanntgegeben, so trägt man ihn in den Sternträger ein und kann dann, wie es im folgenden Abschnitt allgemein gezeigt wird, die beste Nachtstunde zu seiner Beobachtung ermitteln.

2. Ein Tageslauf am Sternenzelt

Nachdem wir die geozentrischen Längen und wo erforderlich auch die geozentrischen Breiten der wandernden Gestirne für den 1. Januar 1950 ermittelt haben, gehen wir jetzt daran, Sonne, Mond und die 4 Hauptplaneten im Sternträger zu markieren. Kommt es uns auf größere Genauigkeit an, so geschieht das, indem wir mit farbigen Tinten oder Aquarellfarben einen zarten Punkt an der errechneten Stelle auf dem Sternträger eintragen. Wird dagegen mehr Wert auf Übersichtlichkeit zu Demonstrationszwecken gelegt, dann genügen Fettstifte oder besser noch, man macht sich kleine Kügelchen aus farbiger Knetmasse (Plastilin), die man auf dem Sternträger andrückt. Alle Markierungen lassen sich mit einem feuchten Lappchen leicht wieder entfernen. Beim Aufsuchen der Orte im Sternträger beachte man, daß die Teilung der Ekliptik auf diesem die geozentrische Länge und Breite gibt. Bei der Breitereintragung helfen uns die je 2° langen Fünfer- und die je 5° langen Zehnerstriche der Ekliptik. Dabei ist darauf zu achten, daß positive Breitenwerte im Inneren der Ekliptik, negative außen liegen. Ist die Markierung erfolgt, dann stellen wir zunächst fest, daß sich am 1. Januar 1950 die Sonne im Tierkreiszeichen des Steinbocks, der Mond in den Zwillingen, die Venus im Wassermann, der Mars in der Waage, der Jupiter im Wassermann und der Saturn in der Jungfrau befinden.

Wir können nun zunächst für die wandernden Gestirne, wie auch für jeden beliebigen Fixstern die astronomischen Koordinaten *Rektaszension* und *Deklination* ablesen. Es geschieht, indem wir das Gestirn durch Drehen des Sternträgers in die Ableselinie bringen. So lesen wir für die Sonne im innersten Skalenring ab: Rekt-

aszension $18^{\text{h}} 44^{\text{m}}$, an der Ableselinie: Deklination $-23,0^{\circ}$. Bei den anderen Gestirnen geschieht das entsprechend.

Nun wollen wir uns über die Himmelserscheinungen am 1. Januar 1950 orientieren. Wir drehen den Sternträger im Sinne des Pfeiles, bis die Sonne an die Begrenzungskurve der astronomischen Dämmerung kommt. Bei dem Datumstrich des 1. Januar lesen wir an der Stundenteilung auf der Grundplatte die Tagesstunde ab, zu welcher dieser erfolgt¹⁾. Drehen wir weiter, so tritt die Sonne in die Zone der bürgerlichen Dämmerung ein, die Zeitablesung zeigt jetzt $7^{\text{h}} 10^{\text{m}2)}$. Beim Weiterdrehen kommt die Sonne in den Horizont, sie geht auf³⁾, es ist jetzt $7^{\text{h}} 55^{\text{m}}$. Die Dämmerung währte also 45^{m} . An der Azimutteilung auf der Grundplatte erkennen wir, daß der Aufgang nicht weit von SO bei einem Azimut von 55° statthat. Sie steht also 35° südlich vom Ostpunkt; man sagt, sie hat 35° südliche Morgenweite. Beim Untergang nennt man den entsprechenden Bogen vom Westpunkt Abendweite. Die Sonne beginnt nun ihren Tageslauf; wir verfolgen ihn, indem wir den Sternträger weiterdrehen. Da es tiefster Winter ist, streicht sie nur flach über den Horizont hin und erreicht um die Mittagsstunde im Südmeridian nur eine Höhe von 17° , wie wir an den Linien gleicher Höhe auf der Grundplatte feststellen.

Jetzt, um die Mittagsstunde, ist im Winter die beste Zeit, um die Sonne etwas zu beobachten. Bald nach Entdeckung der Fernrohre schon richtete man diese auf die Sonne. Der Liebhaberastronom muß gewarnt werden, ohne besondere Vorsichtsmaßnahmen etwas gleiches zu tun. Er würde schwere Schädigungen seines Auges davontragen. Eine Methode zur Sonnenbeobachtung ist in Abschnitt VII angegeben. GALILEI entdeckte im Jahre 1610, als er sein Fernrohr auf die Sonne richtete, als erster auf ihr dunkle Stellen, die sogenannten Sonnenflecke (Tafel 4); bald nach ihm haben auch andere Forscher sie gesehen und sich eingehend mit ihnen beschäftigt. Da man zu GALILEIs Zeiten die Sonne als das Urbild der Reinheit ansah, stieß die Entdeckung auf Widerspruch, der erst langsam überwunden wurde. Inzwischen haben sich noch manche andere Erscheinungen an der Sonne gezeigt, und es gibt jetzt eine ganze Wissenschaft allein von der Sonne. Dem Liebhaberastronomen, der sich über diese und andere astronomische Fragen vor allen Dingen astrophysikalischer Art unterrichten will (dazu gehört auch das Phänomen der sogenannten Randverdunklung der Sonne, die unsere Bildbeigabe zeigt), sei das Werk NEWCOMB-ENGELMANN, Populäre Astronomie, 8. Auflage, Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1948, zum Studium empfohlen.

Verfolgen wir den Lauf der Sonne weiter, so finden wir, daß sie schon um $16^{\text{h}} 5^{\text{m}}$ wieder im Horizont ist. Ihr Tagesbogen war klein, und nach 45 Minuten Dämmerung sinkt die Nacht herab. Die Gestirne, die das Tageslicht unsichtbar machte, leuchten auf. Alle überstrahlt der Mond, der schon nachmittags am Himmel im Osten auftauchte.

¹⁾ Über vollkommen genaue Zeitablesung siehe den Abschnitt IV.

²⁾ Alle Zeitangaben, die man auf der Grundplatte abliest, sind „wahre Zeit“ (WZ), also die Zeit, die die Sonnenuhren anzeigen. Um die „mitteleuropäische Zeit“ (MEZ), die unsere Uhren zeigen, zu erhalten, sind Korrekturen anzubringen, über die im Abschnitt VI, 3 das Nähere gesagt ist.

³⁾ Bei der Bestimmung der Auf- und Untergangszeiten ist zu beachten, daß Sonne und Mond ausgedehnte Körper sind, im Gegensatz zu den unpunktartig erscheinenden Sternen. Sie gehen deshalb auf und unter, wenn ihr oberer Rand den Horizont berührt, während die Gestirne aufgehen, wenn der Mittelpunkt des Sternscheibchens im Horizont (der inneren Begrenzung der Horizontlinie) steht. Um den Unterschied auszugleichen, hat man bei Sonne und Mond auf die äußere Begrenzung der Horizontlinie einzustellen, da deren Dicke dem Sonnen- und Mondradius von etwa $\frac{1}{4}^{\circ}$ gleich gemacht wurde.

Er zeigt fast seine volle Scheibe, denn er steht der Sonne fast gegenüber. Vollmond wird es sein, wenn sich seine geozentrische Länge von der der Sonne um 180° unterscheidet; man sagt dann, er steht in Opposition zur Sonne, während er bei Neumond in Konjunktion zu ihr steht. In hohem Bogen zieht er über den Himmel und geht erst unter, wenn schon bald die Morgendämmerung des 2. Januar eintritt.

Der Mond bietet schon im 6fach vergrößernden Prismenfeldstecher oder besser in einem kleinen 10- bis 15fach vergrößernden Fernrohr ein sehr reizvolles Bild, das man am besten in der Nähe des ersten oder letzten Viertels beobachtet (Tafel 1 bis 4). Man erkennt mit diesen Gläsern die großen Ringgebirge und die schon dem bloßen Auge auffallenden dunklen Flecke der sogenannten Mare. Dies Wort ist der lateinischen Sprache entlehnt und bedeutet Meer, aber auf dem Mond gibt es kein Wasser.

Wenn wir jetzt auf dem Sternträger die Planeten aufsuchen, so bemerken wir, daß Jupiter und Venus sich in unmittelbarem Gefolge der Sonne befinden. Der erste, der größte Planet des Sonnensystems (Tafel 5), steht bei Eintritt der Nacht, also nach dem Ende der Dämmerung, fast im SW und nur 10° über dem Horizont, er wird bald nach der Sonne untergehen. Wie uns die Ablesung auf der Planetentafel zeigte, hat er zur Zeit fast seinen kleinsten Durchmesser, also steht er in fast weitester Entfernung von der Erde. In kurzer Zeit wird er von der Erde aus gesehen hinter der Sonne stehen und in ihren Strahlen verschwinden. Das tritt am 3. Februar ein, er steht dann in Konjunktion zur Sonne. Die Bedingung für das Eintreten der Konjunktion ist, daß die geozentrische Länge des Planeten gleich der der Sonne ist. Einige Zeit nach dem 3. Februar tritt Jupiter wieder aus den Strahlen der Sonne heraus, ist dann aber als Morgenstern zu sehen. Bei günstigerer Stellung als jetzt, besonders in der Opposition, wenn seine geozentrische Länge um 180° von der der Sonne verschieden ist, bietet er schon im schwach vergrößernden Fernrohr ein reizvolles Bild. Deutlich erkennt man auf der kleinen Scheibe die dem Äquator parallelen Streifen und die 4 hellsten seiner Monde, deren schnelle Ortsveränderung, ihr Verschwinden hinter dem Planeten und Wiedervortreten man in aufeinanderfolgenden Nächten erkennen kann. Als GALILEI sein selbstgebautes Fernrohr, das nach ihm benannt wird, auf den Jupiter richtete, sah er am 7. Januar 1610 den ersten, dritten und vierten Jupitermond und schon wenige Tage später erkannte er an ihrer Bewegung, daß es keine Fixsterne, sondern Satelliten¹⁾ des Jupiter sein mußten. Er sah hier ein Planetensystem im kleinen und nahm dies als starke Stütze der Lehre von KOPERNIKUS, der die Sonne in den Mittelpunkt des Planetensystems gesetzt und dadurch das heliozentrische im Gegensatz zum bisher angenommenen geozentrischen Planetensystem als richtig erkannt hatte. Etwas früher als GALILEI hat MARIUS in Ansbach schon die Jupitermonde gesehen, sie aber erst nach diesem als Satelliten erkannt.

Nicht weit von Jupiter befindet sich die strahlende Venus. Die Höhenlinien zeigen uns, daß sie bei Eintritt der Nacht 20° über dem Horizont steht und deshalb noch gut beobachtbar ist. Wie wir auf der Planetentafel erkennen, befindet sie sich dicht bei der Erde und leuchtet fast in ihrem stärksten Glanze. Da ihr Durchmesser, wie wir oben sahen, zur Zeit $45''$ beträgt, ist sie mit einem 10- bis 15fach vergrößernden Fernrohr nicht punktförmig wie ein Fixstern, sondern deutlich als ausgedehnt zu erkennen und bietet ein prachtvolles

¹⁾ Satellit (lateinisch) = Begleiter (Mond).

Bild, denn sie steht im letzten Viertel und erscheint als schmale helleuchtende Sichel. Die Planetentafel belehrt uns weiter, daß zur Zeit die Venus in ihrer Bahn noch etwas hinter der Erde zurücksteht (die h e l i o zentrische Länge der Erde ist etwas größer als die der Venus). Beide Planeten laufen in geringem Abstand wie zwei Läufer nebeneinander her. Venus ist die schnellere, sie hat $1,6^\circ$ mittlere tägliche Bewegung, während die Erde nur $1,0^\circ$ hat. Bald hat sie die Erde eingeholt, denn die Planetentafel zeigt, daß sie bei Zeitpunkt I (31. Januar 1950) die gleiche h e l i o zentrische Länge hat wie die Erde bzw. daß sie die gleiche g e o zentrische Länge hat wie die Sonne. Sie steht nun zwischen Erde und Sonne in ihrer u n t e r e n K o n j u n k t i o n. Am Himmel wird sich die Konjunktion darin äußern, daß Venus in den Strahlen der Sonne verschwindet, es ist dann N e u - v e n u s. Erst einige Tage danach taucht sie als schmale Sichel wieder auf, dann aber auf der westlichen Seite der Sonne als Morgenstern, genau wie wir es bei Jupiter sahen. Aus der Planetentafel ersehen wir, daß Venus, dieser der Erde an Größe fast gleiche Planet, zu Zeiten der unteren Konjunktion uns sehr nahe kommen kann. Dennoch wissen wir wenig von ihr, da eine dichte Atmosphäre ihre Oberfläche verhüllt.

Werfen wir nun einen Blick auf den F i x s t e r n h i m m e l mit seinen wichtigsten Sternbildern bei Eintritt der Nacht am 1. Januar 1950. Die Deckscheibe, die wir zentrisch auf den Sternträger legen und mit ihrem Einstellstrich auf den Nullstrich der Rektaszensionsteilung einstellen, ist uns dabei eine Hilfe und lehrt uns die Namen der Sternbilder und die Buchstabenbezeichnung der wichtigsten Sterne, wie sie bei den Astronomen im Gebrauch sind.

Leider ist an diesem Abend der Glanz des Sternhimmels durch den hellen Mond sehr gedämpft. Der G r o ß e B ä r (auch G r o ß e r W a g e n genannt), wohl jedem bekannt, steht tief am Horizont im Norden, sein Stern γ fast im Nordmeridian. Dicht neben dem mittelsten Stern der Deichsel, M i z a r, steht, eine knappe Vollmondsbreite entfernt, ein kleines Sternchen 4^m , A l k o r oder das R e i t e r c h e n genannt. Es ist ein Prüfstein für ein normales Auge, wenn man das Sternchen neben dem helleren Mizar noch sieht. Die Verbindungslinie der Hinterräder des Wagens führt vierfach verlängert auf den P o l a r s t e r n im K l e i n e n B ä r e n, der in der Sternkarte in der Achsschraube verschwindet. Er trägt seinen Namen daher, daß er in unseren Zeiten dicht am Himmelspol steht, dem ruhenden Punkt bei der täglichen Umdrehung des Himmels, die nur scheinbar ist und durch die Drehung der Erde um die Polachse veranlaßt wird. Nur etwa 1° ist in unserer Zeit der Polarstern vom Himmelspol entfernt. Das war nicht immer so. Da sich durch die Präzession die Fixsterne scheinbar am Himmel verschieben, war der Polarstern vor etwa 2000 Jahren noch etwa 12° vom Himmelspol entfernt. Im Jahre 2100 unserer Zeitrechnung wird er sich dem Pol auf die geringstmögliche Entfernung von etwa $\frac{1}{2}^\circ$ genähert haben, um sich dann von ihm zu entfernen. Andere Sterne werden dann „Polarstern“ werden, unter ihnen wird im Jahre 14 000 die helle W e g a in der Leier dem Pol am nächsten stehen.

Etwa in NO stehen die Sterne K a s t o r und P o l l u x der Z w i l l i n g e eben über dem Horizont. Fast in O ist im Aufsteigen begriffen das leuchtende Sternbild des O r i o n, jetzt gerade zur Hälfte über dem Horizont. Über ihm sehen wir den F u h r m a n n mit der strahlenden C a p e l l a. Weiter südlich finden wir in etwa 20° Höhe das Tierkreis-

sternbild des Stieres mit dem rötlichen Aldebaran und den Sternhaufen der Hyaden und Plejaden (Tafel 6). Namentlich die letzteren bieten ein reizvolles Bild. Dem flüchtig hinschauenden Auge als helles Wölkchen erscheinend, löst es sich beim genauen Hinsehen in 5 oder mehr Sternchen auf, und schon ein Feldstecher zeigt ein ganzes Gewimmel von Sternen.

Verfolgen wir die in NO aufsteigende und in ihrem Verlauf durch Zwillinge und Stier gut gekennzeichnete Ekliptik, so treffen wir im wenig hervortretenden Sternbild der Fische auf den leider nicht durch einen nahen hellen Stern gekennzeichneten Frühlingspunkt (γ), den Anfangspunkt der Längen- und Rektaszensionsteilung. Er hat jetzt das östliche Azimut von 8° , steht also dicht am Südmeridian in einer Höhe von 40° .

Besondere Hervorhebung verdienen am Osthimmel, südlich von Fuhrmann stehend, noch die Sternbilder des Perseus und neben ihm in 65° Höhe das der Andromeda, nach der griechischen Sage die Gemahlin ihres Befreiers, des Göttersohnes Perseus. Im Perseus befindet sich der Stern β , Algol genannt, über den wir unten noch hören werden. In der Andromeda befindet sich der Nebel M 31 oder NGC 224, kurz Andromedanebel (Tafel 7) genannt. Er bildet etwa die dritte Ecke eines mit den Sternen β und δ der Andromeda gebildeten gleichseitigen Dreiecks und steht in 60° östlichen Azimuts und 76° Höhe. Selbst im stärker vergrößernden Fernrohr bietet er nur das Bild eines schwachleuchtenden Wölkchens, erst die Photographien der großen Spiegelreflektoren enthüllen seine wundervolle spiralförmige Struktur mit den zarten Ausläufern. Wenn wir ihn betrachten, wehen uns die Schauer der Unendlichkeit an, denn das Auge taucht in unermessliche Tiefen des Weltalls. Während alle Sterne, die wir sehen, dem Milchstraßensystem angehören, ist er ein Milchstraßensystem, eine Weltinsel für sich, das die Astronomen in eine Entfernung von 785 000 Lichtjahren versetzen. Das bedeutet, daß das Licht, dieser schnellste Bote, diese Zeit braucht, um vom Andromedanebel zu uns zu kommen. Eine Vorstellung von dieser ungeheueren Entfernung können wir uns nicht machen. Einen kleinen Begriff von ihr bekommen wir, wenn wir wissen, daß das Licht von der Sonne bis zu uns nur etwas über 8 Minuten braucht.

In etwa 75° Höhe steht östlich vom Nordmeridian das leuchtende W der Cassiopeja und westlich von ihm das weniger auffallende Sternbild ihres Gatten, des Cepheus, des Vaters der Andromeda. Steigen wir vom Zenit weiter nach W hinab, so stoßen wir auf den Schwan mit seinen weit ausgebreiteten Schwingen und auf die Leier mit der strahlenden Wega, einem der hellsten Fixsterne, die in 108° westlichen Azimuts und 37° Höhe steht. Unter dem Schwan endlich finden wir das Sternbild des Adlers mit Atair, auf den Horizont zueilend.

Wir kehren noch einmal zu Wega zurück. Diese war der zweite Fixstern, bei dem die Bestimmung der Entfernung von der Erde dem Astronomen STRUVE im Jahre 1838 gelang, nachdem im gleichen Jahre BESSEL die Entfernung des Sternes 61 im Schwan bestimmt hatte. Schon in den ältesten Zeiten hielt man die Fixsterne für sehr weit entfernt, da sie keine Verschiebung gegeneinander zeigen. Erst mit den besseren Instrumenten der neueren Zeit erkannte man kleine Verschiebungen, sogenannte Eigenbewegungen. Nun konnte man auch daran gehen, ihre Entfernungen von der Erde zu messen. Man ging dabei von der jedem geläufigen Tatsache aus, daß ein dem Auge

naher Gegenstand, etwa ein in 50 cm Entfernung vorgehaltener Bleistift, eine Verschiebung auf einem entfernten Hintergrund zeigt, wenn man ihn einmal nur mit dem rechten, dann nur mit dem linken Auge betrachtet. Je weiter der Gegenstand vom Auge entfernt ist, um so kleiner ist die Verschiebung. Es ist ersichtlich, daß nächst der Entfernung des Gegenstandes der Abstand der Augen die Größe der Verschiebung beeinflußt. Man nennt diesen Abstand die Standlinie. Ist also ein Körper weit entfernt, so muß man, um auf dem Hintergrund noch eine meßbare Verschiebung zu erhalten, die Standlinie vergrößern. Alle Entfernungen auf der Erde erwiesen sich als Standlinie für die Entfernungsbestimmung der Fixsterne als zu klein. Man wählte deshalb als Standlinie den Durchmesser der Erdbahn. Zu diesem Zweck maß man den Ort des Fixsternes zu einem gewissen Zeitpunkt und dann erneut ein halbes Jahr später, wenn die Erde inzwischen einen halben Umlauf um die Sonne vollendet hatte. Sie steht dann am anderen Ende des durch den ersten Ort gelegten Erdbahndurchmessers. Der so gemessene Winkelunterschied der Sehlinien von den beiden Orten nach dem Stern ist gering, aber er war den damals schon sehr guten Instrumenten noch zugänglich. Dieser Winkelunterschied nun ist gleich dem Winkel, unter dem vom Stern aus der Erdbahndurchmesser erscheint. Man verwendet in der Astronomie den halben Winkel, also den, unter dem ein Erdbahnradius erscheint, und nennt ihn *Parallaxe*. Um den Erdbahnhalbmesser unter dem Winkel von 1" zu sehen, muß man 206 265 Erdbahnhalbmesser von der Erdbahn entfernt sein. Will man diese Entfernung in km ausdrücken, so muß man die Länge der Erdbahnhalbachse in km kennen. Dies ist die Grundeinheit für alle Längenmessungen im Weltall; man nennt sie die „*astronomische Einheit*“, abgekürzt *A. E.* Sie wurde nach verschiedenen Verfahren bestimmt und beträgt 149,5 Millionen km (vgl. auch Abschnitt III, 4, c). Danach ergibt sich die obige Länge zu 30,8 Billionen km. Man nennt diese Entfernung in der Astronomie ein *Parsec* (zusammengesetzt aus *Parallaxe* und *Sekunde*) oder eine *Sternweite*. Uns ist bereits das *Lichtjahr* als Entfernungsmaß bekannt. Zwischen beiden besteht die Beziehung, daß 1 Parsec gleich 3,26 Lichtjahren ist.

Zurück zu Wega! Ihre Parallaxe wurde gemessen zu 0,12", somit ist sie soviel Parsec von uns entfernt wie 0,12" in 1" enthalten ist, also 8,3 Parsec oder 27,1 Lichtjahre.

Alle Fixsternparallaxen liegen unter 1". Eine besonders große von 0,7" maß HENDERSON etwa zur gleichen Zeit mit den Messungen von BESSEL und STRUVE am Stern α im Centaur am südlichen Himmel.

Die oben beschriebene sogenannte trigonometrische Methode ist jetzt nicht mehr die einzige, die für die Entfernungsmessung der Fixsterne angewandt wird. Man kennt heute bereits die Parallaxen vieler Fixsterne und kann sich erst dadurch ein Bild machen von ihrer Verteilung im Weltall.

Wenn wir jetzt zum Sternhimmel zurückkehren, so ist einer Himmelserscheinung zu gedenken, die dem beobachtenden Auge in klaren mondlosen Nächten ein eindrucksvolles, nie vergessenes Bild bietet, es ist die *Milchstraße* (Tafel 8). Sie zieht sich jetzt, in der Mondhelle kaum erkennbar, als breites Band zwischen W und SW des Horizontes, südlich am Himmelspol vorbei zum Osten, wo sie zwischen O und NO den Horizont wieder erreicht. Die großen Fernrohre, namentlich die Spiegelinstrumente, haben gezeigt, daß ihr Licht das von Milliarden Sternen ist, die dem unbewaffneten Auge nicht erkennbar sind.

Aufnahmen mit lichtstarken kurzbrennweitigen Objektiven zeigen ihre leuchtenden Wolken und auch die „Kohlensäcke“, Stellen, an denen offenbar weitverbreitete Massen dunkler Materie den Blick in das Innere der Milchstraße verwehren. Waren schon die Blicke der Astronomen vergangener Jahrhunderte auf die Milchstraße als einer besonderen Erscheinung gerichtet und wurden Deutungen versucht, so gelang doch erst in den letzten Jahrzehnten eine einigermaßen sichere Erklärung, nachdem man die Entfernung der Fixsterne von der Erde zu messen gelernt hatte. Danach stellt die Milchstraße ein linsenförmiges Gebilde von Sternen, Nebelwolken und Sternhaufen dar, nahe dessen Mittelpunkt unser Planetensystem steht. Der Durchmesser wird mit annähernd 100 000, seine größte Dicke mit annähernd 16 000 Lichtjahren angegeben. Aus riesiger Entfernung, etwa gleich der des Andromedanebels betrachtet, wird die Milchstraße je nach der Stellung des Beobachters zu ihr entweder das Bild einer flachen Scheibe oder eines elliptischen Wölkchens, vielleicht spiraliger Natur, bieten. Ist das Planetensystem unsere engere Heimat, so ist das Sternsystem der Milchstraße unsere weitere. In großer Entfernung von ihr befinden sich erst die anderen Weltinseln der zahllosen Spiralnebel, von denen der Andromedanebel einer ist, während viele andere noch durch die großen Instrumente aufgefunden wurden.

Drehen wir nach diesem Überblick den Sternträger weiter, bis der Teilstrich des nunmehr eingetretenen 2. Januar 1950 auf 0^h, also Mitternacht steht, so hat sich der Mond bereits über den Südmeridian hinausgeschoben, desgleichen Orion, der mit seinen hellsten Sternen, der rötlichen Betelgeuze und dem weißen Rigel jetzt das beherrschende Sternbild des Himmels ist. Unter dem mittelsten Stern seines Gürtels befindet sich der Orionnebel (Tafel 7), ein Gebilde von unregelmäßiger Form und riesiger linearer Ausdehnung, das dem Milchstraßensystem angehört. Östlich von dem Sternbild des Jägers der griechischen Sage Orion sind seine ihn begleitenden Hunde, die Sternbilder des Großen und Kleinen Hundes aufgetaucht. Im letzteren leuchtet Prokyon, während weißglänzend im ersteren Sirius, der hellste Fixstern ($-1,6^m$), strahlt. Bei 120° östlicher Länge kommt jetzt noch Bootes herauf mit dem hellen Arkturus, während Wega in der Leier in Neben noch über dem Horizont steht und die Sterne des Schwanes zum Teil schon untergegangen sind.

Werfen wir nun wieder einen Blick auf die Planeten! Venus und Jupiter sind längst verschwunden; dafür kommen, fast in O der rötliche Mars und der bleiche Saturn herauf und sind in der zweiten Hälfte der Nacht gut zu beobachten.

Mars (Tafel 5) steht in 84° östlichen Azimuts und 8° Höhe. Im nicht sehr stark vergrößerten Fernrohr erscheint dieser Planet als rötliches Scheibchen, erst bei stärkerer Vergrößerung sind helle und dunkle Flecke zu erkennen, in denen man Länder und Meere vermuten konnte. An den Polen befinden sich leuchtend weiße Kappen, die sich im Marsfrühling zusammenziehen, „weschmelzen“ wie man annahm, weil man sie als Eis deutete. Vielleicht ist es aber Reif oder es sind Wolkenfelder. Die größte Überraschung aber war es für die Wissenschaft, als SCHIAPARELLI ein Netz von zarten geraden Linien auf dem Mars entdeckte, die er „Kanäle“ nannte, ohne damit behaupten zu wollen, daß es wirkliche Wasserstraßen seien. Es ist nicht verwunderlich, daß die Phantasie der Menschen, die ja überall im Weltall nach ihresgleichen sucht, durch diese Entdeckungen in stärkstem Maße angeregt wurde. Ist doch Mars von allen Planeten der, welcher mit

gewissen Abweichungen der Erde am ähnlichsten ist. Romane wurden um ihn geschrieben. Der bekannteste ist vielleicht der von KURD LASSWITZ „Auf zwei Planeten“, der den Mars mit menschenähnlichen Wesen bevölkert, die auf wesentlich höherer Kulturstufe stehen als die Menschen. Es gelingt diesen, auf ihren Raumschiffen zur Erde zu kommen, und es ergibt sich der Zusammenprall der älteren mit der jüngeren Kultur, wie wir ihn ja auch auf der Erde bei den Kolonialvölkern mit all seinen Folgen erlebt haben. Wie hoch immerhin auch von bedeutenden Astronomen der Wert eines derart phantasievollen Erzeugnisses eingeschätzt wird, geht aus der Äußerung des Astronomen SCHWARZSCHILD hervor, der, wie dem Verfasser erinnerlich, sein Kolleg über „Populäre Astronomie“ an der Universität Göttingen damit einleitete, daß er sagte, wer etwas über unser Planetensystem wissen wolle, der solle zunächst den Roman „Auf zwei Planeten“ lesen. Leider muß die nüchterne Wissenschaft viel Wasser in diesen Wein gießen. Die SCHIAPARELLI'schen „Kanäle“ sind inzwischen als optische Täuschungen erkannt worden. Was übrig bleibt, ist, daß man auf dem Mars eine Atmosphäre festgestellt hat, die zwar Wasserdampf und Sauerstoff enthält, aber so dünn ist, daß Menschen unserer Art nicht darin existieren können. Doch scheint an einzelnen Stellen des Mars eine gewisse Vegetation vorhanden zu sein. Alles weitere gehört vorerst ins Reich der Phantasie.

S a t u r n (Tafel 5) steht in 77° östlichen Azimuts und 18° Höhe. Im etwa 100fach vergrößerten Fernrohr kann man die Ringe, die diesen Planeten leuchtend umschweben, erblicken. Der Anblick ist eines der schönsten Himmelswunder. Gleich den Phasen der Venus sah GALILEI das Ringgebilde als erster. Beide Erscheinungen gaben ihm, da sein unvollkommenes Fernrohr unklare Bilder lieferte, große Rätsel auf. Das erste konnte er selbst deuten, das zweite, das merkwürdige Phänomen der Ringe, löste erst HUYGENS einige Jahrzehnte später. Heute, wo wir schon in kleinen Fernrohren die Ringe des Saturn gut zu erkennen vermögen, muten uns die Abbilder dieses Planeten, die die ersten Fernrohrbeobachter gaben und die ihn als Henkeltopf, dreigeteilt oder noch anders darstellten, merkwürdig an.

Wenn wir einige Nachtstunden aufmerksam den Himmel beobachten, wäre es seltsam, wenn wir nicht einmal plötzlich einen hellen Lichtstreifen über den Himmel huschen sehen. Jedermann kennt die Erscheinung, man nennt sie S t e r n s c h n u p p e. Der Volksglaube hat sich ihrer bemächtigt, gleich wie der Kometen, mit denen sie zusammenhängt. Ein sofort geäußelter Wunsch soll in Erfüllung gehen beim Anblick einer Sternschnuppe. Nun, davon weiß der Astronom nichts, hören wir, was er uns zu dieser Erscheinung zu sagen hat.

Die Sternschnuppen können eine Helligkeit gleich der der Venus im größten Glanze, also -4^m , erreichen. Seltener sind Erscheinungen größerer Lichtfülle, die man dann als F e u e r k u g e l n oder M e t e o r e bezeichnet. Es handelt sich bei beiden Erscheinungen um kleinere oder größere Körper – die kleinsten haben eine Masse von Bruchteilen eines Gramms – die als Trümmer eines Kometen oder auch aus dem interstellaren Raum – dem Raum jenseits des Planetensystems – in die Atmosphäre dringen und vermöge ihrer hohen Geschwindigkeit die Leuchterscheinung hervorrufen. Zu gewissen Zeiten häufen sich die Sternschnuppenfälle, sie können zu einem ganzen Regen anwachsen. Sie scheinen dann aus bestimmten Sternbildern hervorzukommen, nach denen man diese sogenannten

Meteorströme meist benennt. Sie wiederholen sich alljährlich. Zu erwähnen sind von den Meteorströmen besonders die Quadrantiden aus dem nördlichen Teil des Bootes kommend, am 3. Januar, die Aquariden im April/Mai, die Perseiden im Juli/August, die Orioniden im Oktober, die Geminiden im Dezember.

Größere Meteore können bis zur Erdoberfläche herabkommen und ein Gewicht von Kilogrammen haben. Ja, es sind, wie man bei einigen kraterförmigen Vertiefungen an einzelnen Stellen der Erde vermutet, auch große Massen zu uns aus dem Weltraum gekommen. Einer der letzten Fälle, der in dem umliegenden Waldgebiet große Verwüstungen anrichtete, ereignete sich in Sibirien am 8. Juni 1908. Zum Glück ist der Einfall dieser großen Massen sehr selten, und vor den kleineren schützt uns die Lufthülle, in der diese verbrennen, ehe sie die Erdoberfläche erreicht haben.

Der Liebhaberastronom kann sich durch systematische Beobachtung von Sternschnuppen und Meteoriten ein Verdienst um die Wissenschaft erwerben, wenn er deren Zeit und Bahn, Anfangs- und Endpunkt des Aufleuchtens, Form des Schweifes, Schallwirkungen und andere beobachtete Erscheinungen einer Sternwarte mitteilt.

Während nun beim weiteren Fortschreiten der Nacht der strahlende Orion im Westen versinkt, bleiben Mars und Saturn am Himmel. Inzwischen ist im Osten noch Spica in der Jungfrau heraufgekommen und steht kurz vor Eintritt der Morgendämmerung 30° hoch im Südmeridian. Aber dann steigt wieder die Sonne empor, das himmlische Schauspiel erlischt und das Tagesgestirn regiert.

Betrachten wir jetzt noch einmal die Deckscheibe, die uns die Namen der Sternbilder und Sterne in dieser Nacht gewiesen hat, so fallen die durch volle und hohle Scheibchen gekennzeichneten Sterne auf. Es sind die Doppelsterne und die veränderlichen Sterne, über die noch einiges zu sagen ist.

Doppelsterne sind Sterne, die eine zweite Sonne bei sich haben und eine Bahn umeinander beschreiben. Sie sind nur im Fernrohr als solche festzustellen und durch Messung ihrer von der Erde aus gesehenen sehr geringfügigen Bewegung als wirkliche Doppelsterne – also nicht solche, die nur zufällig für den Erdbeobachter dicht beieinanderstehen, in Wirklichkeit aber weit voneinander entfernt sind – zu erkennen. Schon mit einem schwach vergrößernden Fernrohr von ungefähr 5 cm Objektivöffnung und 80 cm Brennweite kann man einige dieser Doppelsterne trennen. Es sind dies u. a. ζ Großer Bär (der oben genannte Alkor ist nicht der Begleiter, dieser steht viel näher), γ in der Andromeda, θ in der Schlange und ζ in der Leier.

Was hat es mit den veränderlichen Sternen auf sich? Dem naiven Beobachter erscheint der Fixsternhimmel, abgesehen von seiner täglichen und jährlichen Bewegung, vollkommen unveränderlich, und aus den Erzählungen seiner Eltern und Großeltern weiß er, daß auch diesen Großer Bär, Cassiopeja und Orion scheinbar in gleichem Glanze leuchteten wie ihm heute. Und doch ist das nicht so. Am 13. August 1596 bemerkte der Pfarrer FABRICIUS im Sternbild des Walfisch einen Stern zweiter Größe, den er seiner Meinung nach nie zuvor gesehen hatte. Zwei Monate darauf konnte er ihn nicht wiederfinden, sah ihn aber einige Jahre später wieder aufleuchten. Besondere Schlüsse hat er aus dieser Tatsache nicht gezogen. Spätere Beobachter entdeckten den Stern erneut und erkannten, daß seine Helligkeit etwa zwischen der 2. und 10. Größe schwankt. So war es klar, daß FABRICIUS ihn bei seiner Minimalhelligkeit nicht finden

konnte. Man nannte diesen Stern, der die Bezeichnung α im Walfisch hat, wegen der merkwürdigen Eigenschaft der Helligkeitsschwankung *Mira Ceti*, d. h. Wunderstern im Walfisch. Bald entdeckte man an einem zweiten Stern die Eigenschaft der Helligkeitsschwankung, es war β im Perseus, *Algol*. Sterne dieser Art nannte man *veränderliche Sterne* und hat nach diesen beiden ersten eine große Zahl weiterer gefunden, die nach ihren Helligkeitsschwankungen in verschiedene Klassen eingeteilt werden. Die beiden zuerst gefundenen haben je einer Klasse den Namen gegeben. Gerade die Veränderlichen sind oft von Liebhaberastronomen untersucht worden. Mit bloßem Auge oder einem kleinen Fernrohr stellen diese durch Vergleich mit Nachbarsternen die jeweilige Helligkeit, die Stärke und die zeitliche Periode des Schwankens der Helligkeit fest.

Wir können die veränderlichen Sterne nicht verlassen, ohne noch eine besondere Klasse von ihnen zu erwähnen, die sogenannten *Neuen Sterne* oder *Novae*¹⁾. Es sind Sterne, die plötzlich in sehr großer Helligkeit dort aufleuchten, wo vorher scheinbar kein Stern stand, um dann in ihrer Helligkeit allmählich abzuklingen. Den beiden berühmten Astronomen *TYCHO BRAHE* und *KEPLER* war es vergönnt, *Novae* von einer derartigen Helligkeit zu sehen, wie sie bisher nicht wieder auftraten. Der Erstgenannte sah im November 1572 in der *Cassiopeja* eine *Nova*, die eine Helligkeit von -4^m erreichte, also so hell war wie die *Venus* im hellsten Glanze. Bei klarem Himmel konnte man den Stern am Tage sehen. Im Jahre 1574 verschwand der Stern wieder. Die von *KEPLER* beschriebene *Nova* im *Schlangenträger* leuchtete 1604 auf und strahlte in einer Helligkeit von -2^m . Im Jahre 1918 leuchtete im *A德勒* eine *Nova* auf, die hellste seit der Zeit *KEPLERs*. An ihr ließ sich nachweisen, daß sie vor ihrem Ausbruch als kleines Sternchen $10,5^m$ vorhanden war, um innerhalb von 5 Tagen auf eine Helligkeit von $-0,5^m$ anzusteigen. Sie war also dann um 11 Größenklassen heller als zu Beginn des Ausbruchs. Nach den auf Seite 11 gegebenen Erklärungen der Größenklassen ergibt sich, daß sie ihre anfängliche Helligkeit auf das 25 000fache gesteigert hatte. Im Laufe der nächsten Monate und Jahre sank sie dann wieder auf ihre anfängliche Größe zurück. Die Helligkeitssteigerung dieser *Nova* ist nicht die größte, die beobachtet wurde. Nur riesige Umwandlungen im Sterninnern können dies gewaltige Anwachsen an Helligkeit verursachen, es kann nur durch atomare Umsetzungen erklärt werden.

Die *Veränderlichen* spielen eine große Rolle in der Astronomie, und feinste Methoden sind ausgearbeitet worden, um ihren Lichtwechsel messend zu verfolgen. Besonders sei noch erwähnt, daß *Beteiguze* im *Orion*, einer der hellsten Sterne des Himmels, auch zu den *Veränderlichen* zählt.

So wie es hier für den 1. Januar 1950 erfolgt ist, kann man das Geschehen am Himmel für jeden anderen Tag der Jahre 1950 bis 1970 mittels Sternkarte und Planetentafel verfolgen. Man kann jeweils die astronomischen Koordinaten der Fixsterne und der wandernden Gestirne, ihre Auf- und Untergangszeiten, ihre Azimute und Höhen zu beliebigen Zeiten ermitteln. Namentlich die Festlegung von Azimut und Höhe ist ein großes Hilfsmittel, denn es ist leicht, einen Stern des Sternträgers, dessen Azimut und Höhe man kennt, am Himmel aufzufinden. Auch neu auftauchende Objekte (*Kometen*, *Meteore*) können leicht nach Azimut und Höhe festgelegt und dann auf dem auf die

¹⁾ novus (lateinisch) = neu.

Beobachtungszeit eingestellten Sternträger eingetragen und in ihrem weiteren Verlauf verfolgt werden.

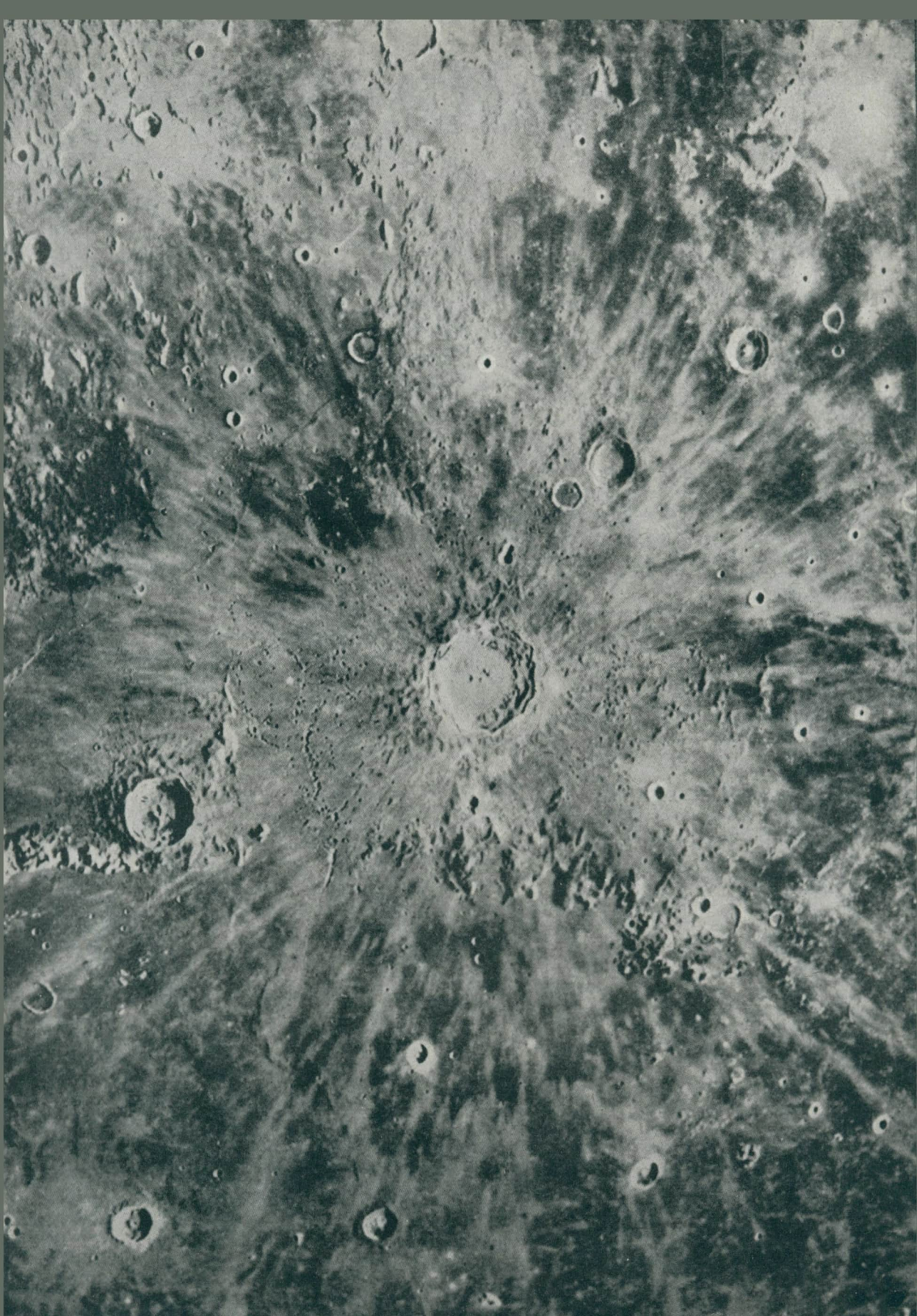
Aber auch öfterer täglicher Gebrauch gibt noch kein volles Verständnis des himmlischen Geschehens. Dazu muß man es wenigstens über ein Jahr hin einmal verfolgen. Auch hierfür sei eine Anleitung gegeben.

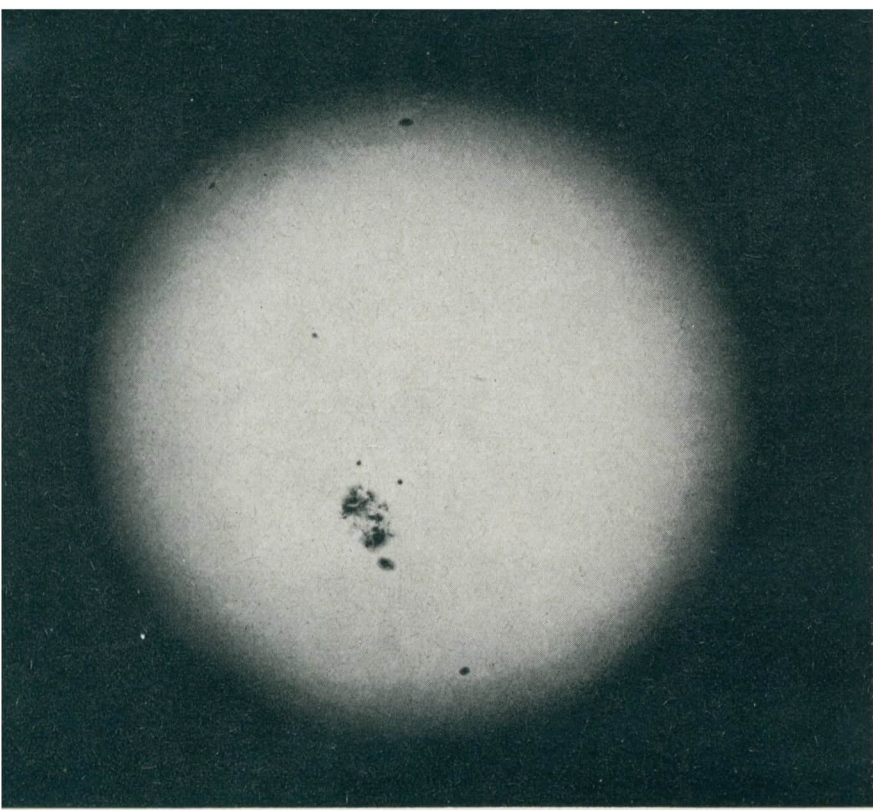
3. Der Sternenlauf im Wechsel der Jahreszeiten und Jahre

Beginnen wir mit der Sonne. Wir hatten am 1. Januar 1950 erkannt, in welchem kurzem und flachem Bogen unser Tagesgestirn an diesem Tage über den Himmel lief. Schreitet das Jahr fort, so wandert die Sonne auf der Ekliptik am Tage etwa 1° weiter und gelangt am 21. März in den Frühlingspunkt, es ist die Zeit der Frühlings-Tag- und Nachtgleiche. Die Sonne hat dann die geozentrische Länge, die Rektaszension und die Deklination Null. Wie man erkennt, läuft sie an diesem Tage bei ihrer täglichen Bewegung im Himmelsäquator, geht im Ostpunkt auf und im Westpunkt unter, ihr Tagbogen ist gleich dem Nachtbogen, Tag und Nacht sind gleichlang. Beim weiteren Ablauf des Jahres erreicht sie am 22. Juni 90° geozentrischer Länge, es ist Sommersanfang oder Sommer-sonnenwende. Jetzt beschreibt sie einen sehr großen Tag- und einen sehr kleinen Nachtbogen. Fast in NO geht sie auf und fast in NW unter. Am Mittag hat sie eine Höhe von $63,5^\circ$ über dem Horizont. Jetzt sind auch die hellen Nächte, es ist die Zeit, während der die Sonne nicht aus der Zone der astronomischen Dämmerung herausgeht, sie steht am 22. Juni um Mitternacht nur $16,5^\circ$ unter dem Horizont. Besonders auffällig ist die Erscheinung der hellen Nächte in etwas nördlicheren Breiten. Weiter wandert die Sonne in der Ekliptik, sie steigt dabei von ihrer großen Mittagshöhe allmählich wieder herab. Am 23. September, bei Herbstanfang, zur Zeit der Herbst-Tag- und Nachtgleiche, ist sie bei einer geozentrischen Länge von 180° wieder im Äquator. Danach nimmt ihre Deklination negative Werte an, sie sinkt weiter herab, bis sie bei 270° geozentrischer Länge am 22. Dezember ihren tiefsten Mittagsstand von nur $16,5^\circ$ Höhe erreicht hat. Es ist Wintersanfang oder Winter-sonnenwende. Von jetzt an beginnt das Tagesgestirn wieder emporzuklimmen, ein neuer Jahreslauf beginnt.

Astronomisch bezeichnet man die Tag- und Nachtgleichen als Frühlings- und Herbstäquinoktium, die Sommer- und Wintersonnenwende als Sommer- und Wintersolstitium, vgl. Abschnitt V, 3.

Wir betrachten den Mond im Wechsel der Jahreszeiten. Der Vollmond hat eine um 180° andere geozentrische Länge als die Sonne. Mithin steht er im Sommer dort in der Ekliptik (unter Vernachlässigung seiner Breite, wegen der er bis etwa $\pm 5^\circ$ aus der Ekliptik zu Zeiten abweicht), wo die Sonne im Winter steht, also bei 270° geozentrischer Länge. Er schleicht in dieser Jahreszeit somit in kurzem, flachem Bogen über den Himmel. Im ersten und letzten Viertel, in dem seine Länge 90° bzw. 270° größer ist als die der Sonne, läuft er um diese Zeit im Äquator, bleibt aber nur kurze Zeit am Himmel. Zwischen erstem Viertel bzw. letztem Viertel und Neumond ist der Mond, da er dann dicht bei der Sonne steht, nur kurze Zeit nach Sonnenuntergang bzw. vor Sonnenaufgang und dann ebenfalls in geringer Höhe über dem Horizont zu sehen. Anders ist es im Winter.



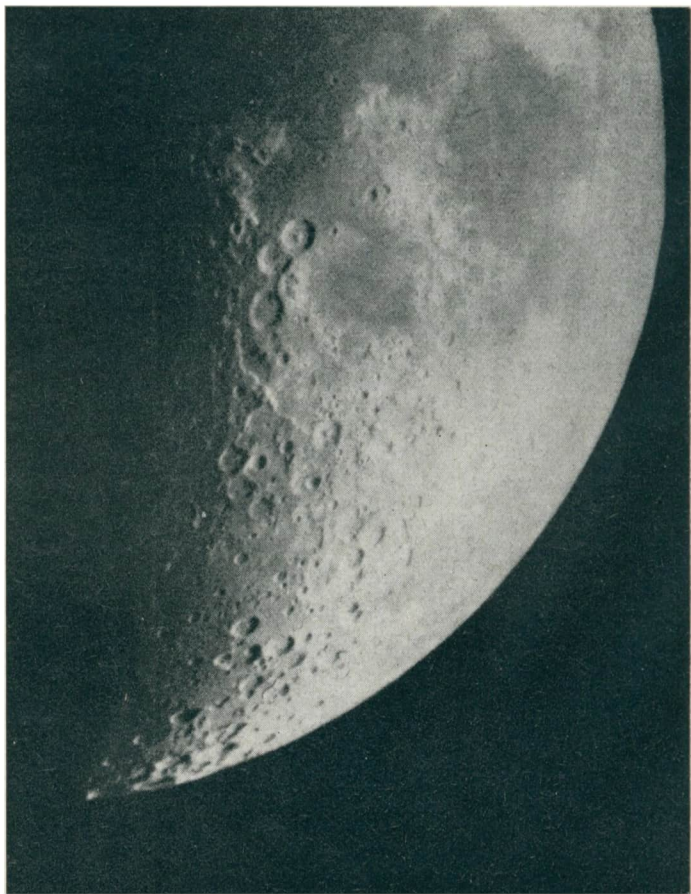


Sonne mit Flecken-
gruppen

Vorderseite:
Tafel 3
Ringgebirge Koper-
nikus auf dem Mond

Südspitze des Mon-
des, kurz vor dem
ersten Viertel

Tafel 4



Da dann der Vollmond in 90° geozentrischer Länge steht, zieht er einen langen Bogen über den Himmel, wie die Sonne im Hochsommer. Für die Phasen in der Nähe des Vollmondes gilt das gleiche. Entsprechend ist auch die Zeitdauer, während der der Mond

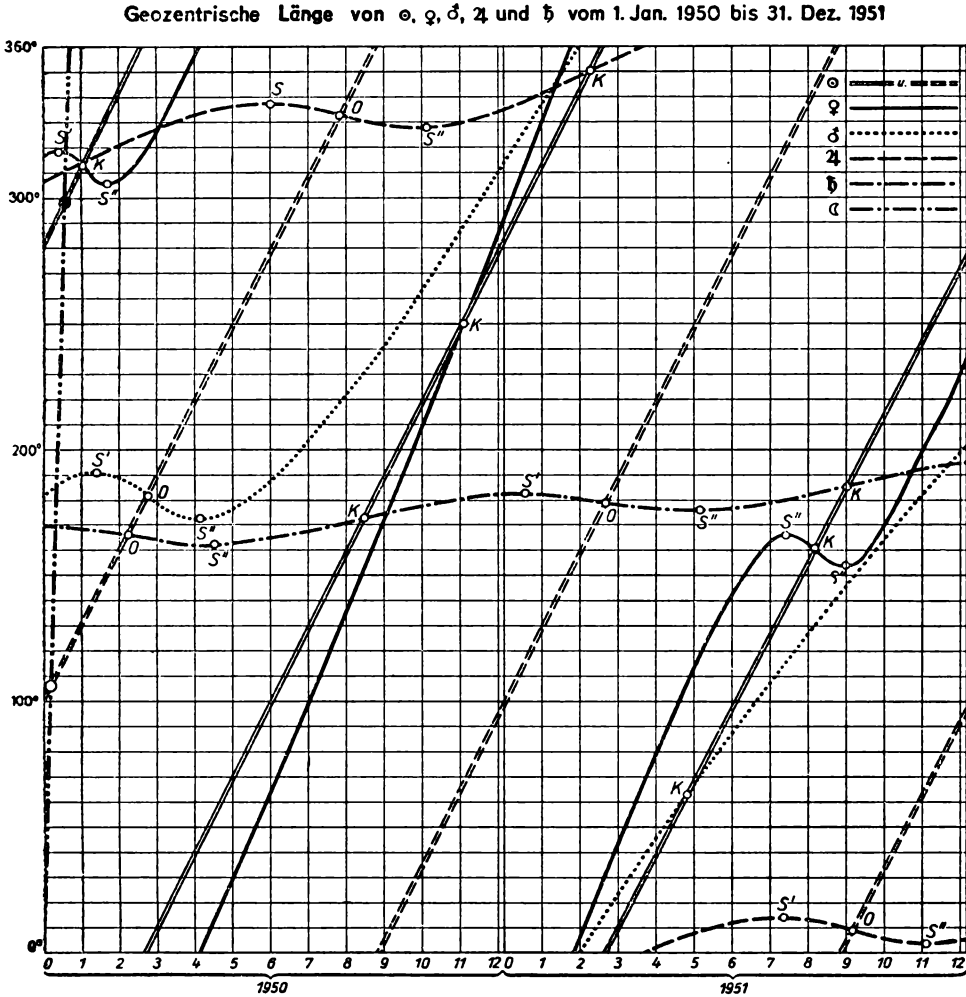


Diagramm 1

zu sehen ist, länger als im Sommer. Jedem ist es sicher schon aufgefallen, daß wir im Winter um Sonnenaufgang den abnehmenden Mond noch hoch am Himmel sehen, während wir im Sommer vergebens danach suchen. Die Phasen in der Nähe des Neumondes sind kurzzeitig am Himmel zu sehen und in geringerer Höhe als im Sommer. Für all dies wird uns durch die Sternkarte der Grund deutlich. Wir erkennen durch diese Betrachtung

tung aber auch, daß die Natur einen Ausgleich geschaffen hat: für die kurzen Tage im Winter werden wir durch die mond hellen Nächte entschädigt.

Auch die planetarischen Bewegungen werden uns erst voll verständlich, wenn wir sie an Hand der Planetentafel und der Sternkarte über längere Zeit verfolgen.

Geozentrische Breite von φ , δ , α und β vom 1. Jan. 1950 bis 31. Dez. 1951

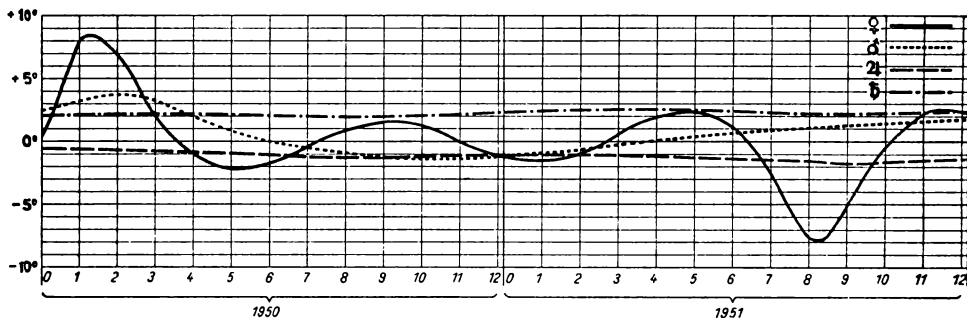


Diagramm 2

Hierzu empfiehlt es sich, die geozentrischen Längen und Breiten der 4 Planeten auf 1 bis 2 Jahre im voraus je für die *Monate 0 bis 12* aus der Planetentafel zu entnehmen. Dann fertigt man sich auf Millimeterpapier zwei Zeichnungen an. Auf beiden trägt man eine waagerechte Achse ein, auf der man die Monatslängen 15 mm lang abträgt. Ein Tag hat dann die Länge von $\frac{1}{2}$ mm. Danach zeichnet man, durch den Anfangspunkt des *Monats 0* gehend, eine senkrechte Achse ein, auf der in Zeichnung 1 die geozentrischen Längen, in Zeichnung 2 die geozentrischen Breiten abgetragen werden. Es genügt, wenn man für die erste Zeichnung 1° Länge 1 mm, für die zweite (wegen der geringen Breitenwerte) 1° Breite 5 mm lang macht. Nun markiert man die für die Zeitpunkte 0, 1, usw. gefundenen Längen- und Breitenwerte in den beiden Zeichnungen, darauf achtend, daß bei den Breiten auch negative Werte, die unter der waagerechten Achse liegen, auftreten. Wenn man die Zeichnungen für 2 Jahre anfertigt, hat man darauf zu achten, daß zwischen den Zeitpunkten 12 des ersten und 0 des zweiten Jahres die restlichen 5 Tage = 2,5 mm bzw. bei einem Schaltjahr 6 Tage = 3 mm des ersten Jahres einzuschalten sind. Verbindet man nun die für jeden Planeten gefundenen Punkte durch eine Kurve, so erhält man für jeden von ihnen eine lückenlose Folge der geozentrischen Längen und Breiten, die er im Verlauf der betreffenden 2 Jahre einnehmen kann. Wo die Kurven sich stark ändern, kann man die in der Planetentafel abgelesenen Zeitpunkte etwas dichter legen. Das gilt besonders für Venus. Zur Vervollständigung der Zeichnung 1 trägt man in diese dann noch die Kurve der geozentrischen Länge der Sonne ein. Da diese Länge sich mit einer für unsere Übersicht genügenden Genauigkeit gleichmäßig mit der Zeit ändert, wird ihr zeitlicher Verlauf durch eine gerade Linie dargestellt. Es genügt deshalb, wenn man die Länge der Sonne für die einzelnen Stücke der Kurve jeweils für 2 genügend weit auseinanderliegende Zeitpunkte bestimmt und die gefundenen Punkte durch eine Gerade verbindet. Zum Schluß zeichnet man in 1 noch eine zweite Gerade ein, die in den einzelnen Zeitpunkten stets eine gegen die Länge der Sonne um 180° abweichende Länge hat. In

den Diagrammen 1 und 2 sind die Planeten- und Sonnenkurven für die Jahre 1950 und 1951 dargestellt.

Unsere Zeichnungen bzw. Diagramme gestatten uns nun zunächst, zu jedem beliebigen Zeitpunkt der angenommenen Jahre geozentrische Länge und Breite für alle Planeten abzulesen. Wir ersparen uns damit die Arbeit, diese Werte in jedem Einzelfall besonders in der Planetentafel aufzusuchen. Somit können wir jederzeit schnell den Ort eines Planeten in den Sternträger einzeichnen, um seine Stellung am Himmel festzustellen.

Aber die Diagramme geben mehr, sie werden uns alle Erscheinungen der Planetenbewegung kennen lehren, die den Mittelmeervölkern schon vor Jahrtausenden bekannt waren. Ein erster kritischer Blick auf das Diagramm 1 zeigt uns, daß bei allen Planeten die geozentrische Länge im allgemeinen zunimmt, d. h. die Kurven steigen nach rechts hin an, stark bei Venus und Mars, weniger bei Jupiter und Saturn. Die Zunahme der geozentrischen Länge erfolgt entgegengesetzt der täglichen Drehung des Himmels, also von West nach Ost (vgl. Abschnitt V, 3), somit bewegt sich der Planet unter den Fixsternen genau wie Sonne und Mond von West nach Ost. Man bezeichnet diese Bewegung als *Rechtläufigkeit*. Dazwischen befinden sich aber auch Perioden der Abnahme der Länge, bei Venus in den *Monaten 0 bis 1* von 1950 und *7 bis 8* von 1951; bei Mars entsprechend von *1 bis 4* von 1950. Auch Jupiter und Saturn zeigen diese Abnahmen, wenn auch in kleinerem Maße als die beiden zuvor genannten Planeten. Man bezeichnet diese Perioden als *Rückläufigkeit* der Planeten. Die Punkte, in denen die Rückläufigkeit beginnt bzw. aufhört, d. h. wieder in Rechtläufigkeit übergeht, und in denen nur eine geringe Längenänderung statthat, nennt man die *Stillstände*. Es sind die in unserem Diagramm 1 mit *S'* (Beginn der Rückläufigkeit) und *S''* (Ende der Rückläufigkeit) bezeichneten Punkte, sie liegen in den Maxima und Minima der Kurven. Da sich zwischen *S'* und *S''* auch die geozentrische Breite ändert, wie Diagramm 2 erkennen läßt, bietet während der Rückläufigkeitsperiode die Bewegung des Planeten unter den Fixsternen ein eigenartiges Bild. Man erhält dies, wenn man, wie es auf Diagramm 3 geschehen ist, eine neue Zeichnung auf Millimeterpapier anfertigt. Diesmal trägt man auf der waagerechten Achse die Längen, auf der senkrechten die Breiten zu denselben Zeiten ab. Einheiten sind für 1° Länge und Breite je 5 mm. Die waagerechte Achse ist dann die Ekliptik. Verbindet man die zu den aufeinanderfolgenden Zeitpunkten gefundenen Punkte des Diagramms, also die Orte, die der Planet zur angegebenen Zeit im Sternträger haben würde, so erkennt man, daß dieser zwischen *S'* und *S''* eine *Schleife* am Himmel durchlaufen hat. In dem Diagramm 3 ist die *Marsschleife* der *Monate 0 bis 7* von 1950 dargestellt, sie liegt in den Tierkreiszeichen Jungfrau und Waage. Zur Orientierung ist der Stern α der Jungfrau eingezeichnet.

Diese Schleifen waren den südlichen Völkern der Babylonier und Griechen, wie schon gesagt, lange bekannt und erschwerten deren Verständnis für die Bewegung der Planeten, um so mehr da die Himmelskörper Sonne und Mond die rückläufige Bewegung nicht zeigten. Da die alten Astronomen den Mittelpunkt des Weltalls in die Erde verlegten und Sonne, Mond und Planeten diese umlaufen ließen (man sagt: sie hatten ein *geozentrisches Weltbild*), waren sie gezwungen, komplizierte Bewegungsmechanismen zu erfinden, um die Bewegung der Planeten deuten und vorausberechnen zu können. Die beiden Astronomen HIPPARCH (ca. 190 bis 125 v. Chr.) und PTOLEMÄUS (geb.

140 n. Chr.) erreichten dies durch Übereinanderlagerung von verschiedenen Kreisbewegungen und kamen damit der Wahrheit insofern nahe, als die Bewegungen der Planeten am Himmel durch Zusammenwirken der fast in Kreisen um die Sonne verlaufenden Bewegungen dieser Himmelskörper stattfinden. Die wahre Ursache aber erkannten

Schleife des Mars 1.1.50.- 30.7.50.

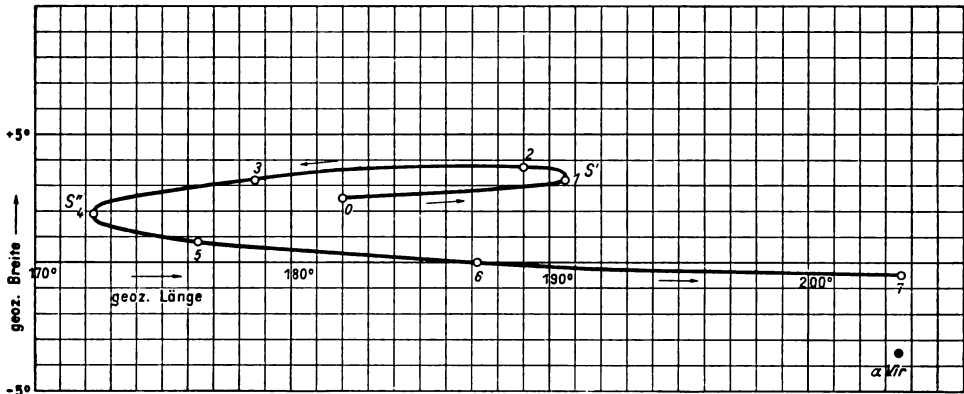


Diagramm 3

sie nicht. Erst KOPERNIKUS (1473 bis 1543) fand den wahren, auf der Planetentafel dargestellten Sachverhalt, indem er die Sonne in den Mittelpunkt des Planetensystems versetzte und die Planeten diese umlaufen ließ. Er schuf so das heliozentrische Weltbild, das eine Umwälzung im ganzen Denken des Abendlandes hervorrief. KEPLER (1571 bis 1630) entdeckte, vielfach auf die vorzüglichen Beobachtungen TYCHO BRAHEs sich stützend, daß die Bewegungen der Planeten in Ellipsen verlaufen, und legte in seinen berühmten nach ihm benannten 3 Gesetzen die Zusammenhänge fest. Die KEPLERschen G e s e t z e lauten:

1. Die Bahn eines Planeten ist eine Ellipse, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht.
2. Der Radiusvektor¹⁾ eines Planeten beschreibt bei dessen Bewegung um die Sonne in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume.
3. Die Quadrate der Umlaufzeiten zweier Planeten verhalten sich wie die dritten Potenzen ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne.

NEWTON (1643 bis 1727) endlich fand das G r a v i t a t i o n s g e s e t z und erkannte damit die physikalische Ursache der Bewegung der Planeten in der Massenanziehung. Danach ziehen sich zwei Körper mit einer Kraft an, die proportional dem Produkt ihrer Massen und umgekehrt proportional dem Quadrat ihrer Entfernung ist.

Damit fand die Erklärung der Bewegung von Planeten und Monden in gewisser Weise ihren Abschluß. Fast 2 Jahrtausende hatten die schärfsten Denker des Abendlandes gebraucht, um teilweise gegen größte Widerstände der Wahrheit zum Siege zu verhelfen. Wie einfach erscheint uns jetzt alles, wenn wir die Planetentafel betrachten und uns in sie vertiefen!

¹⁾ Hierunter versteht man den von der Sonne zum Planeten führenden Strahl.

Doch zurück zu unserem Diagramm 1, es gibt da noch einiges zu erwähnen. Zunächst sehen wir, daß zu gewissen Zeitpunkten die Planetenkurven die Sonnenlinie schneiden. Diese Punkte sind mit K bezeichnet. Sie geben uns die Zeitpunkte an, an denen Sonne und Planet die gleiche geozentrische Länge haben, d. h., wenn wir von der geringen geozentrischen Breite absehen, an der gleichen Stelle am Himmel stehen. Der Planet steht dann von der Erde aus gesehen vor oder hinter der Sonne. Vor der Sonne können nur Planeten stehen, deren Bahn innerhalb der Erdbahn liegt, das sind Merkur und Venus. Hinter der Sonne von uns aus gesehen können alle Planeten stehen. Man nennt die Zeitpunkte dieser Erscheinung die Konjunktionen¹⁾, astronomisch bezeichnet mit ☿. Bei Merkur und Venus spricht man von einer unteren und oberen Konjunktion, je nachdem diese Himmelskörper vor oder hinter der Sonne stehen. An der Venuskurve erkennen wir ferner, daß Venus sich zu keinem Zeitpunkt weiter als 45° von der Sonne entfernen kann, denn die geozentrischen Längen beider Himmelskörper weichen nie um mehr als ±45° voneinander ab. Man sagt, Venus hat höchstens 45° östliche oder westliche Elongation²⁾. Ähnliches gilt für Merkur. Diese beiden Planeten pendeln um die Sonne, ähnlich wie die Jupitermonde von uns gesehen um den Jupiter pendeln. Anders ist es bei den Planeten, deren Bahnen außerhalb der Erdbahn liegen. Diese können sich bis zum größtmöglichen Abstand von der Sonne entfernen, also bis 180°; sie stehen ihr dann gerade gegenüber. Wir erkennen das in unserem Diagramm 1 daran, daß die Kurven dieser Planeten die um 180° gegen die Sonnenlänge verschobene Gerade zu gewissen Zeitpunkten schneiden, was bei Venus nie vorkommt. Diese Punkte sind mit O bezeichnet, man nennt sie Oppositionen³⁾, astronomisch bezeichnet mit ♁. Die Erde steht zu diesen Zeitpunkten dann zwischen Sonne und Planet und diesem verhältnismäßig nahe. Aus diesem Grunde und da die Planeten bei der Opposition in der Nacht verhältnismäßig lange am Himmel sichtbar sind, sind diese Zeiten besonders günstig zu ihrer Beobachtung.

Wir haben alles dies aus unserer Zeichnung bzw. dem Diagramm 1 abgelesen; wir tun gut daran, die genannten Punkte S, K und O nun auch auf der Planetentafel selbst aufzusuchen, damit wir die richtige räumliche Vorstellung von den Vorgängen bekommen. Sie erklären sich alle aus dem Zusammenwirken der Bewegungen von Erde und Planet um den gemeinsamen Zentralkörper Sonne.

Zu erwähnen ist noch, daß man auch von Konjunktionen zweier Planeten untereinander spricht. Es sind die Zeitpunkte, an denen beide Körper gleiche geozentrische Länge haben, sie stehen sich dann am Himmel besonders nahe. In Diagramm 1 liegen die Punkte dort, wo sich 2 Planetenkurven schneiden. Man erkennt aus ihm z. B., daß gegen Ende des Monats 0 von 1950 Venus und Jupiter sich in Konjunktion befinden, astronomisch ausgedrückt ♁☿. Natürlich ist nicht gesagt, daß sich die beiden Planeten bei der Konjunktion in unmittelbarer Nachbarschaft befinden, sie können wegen ihrer verschiedenen geozentrischen Breite erheblich auseinanderstehen. Darüber belehrt uns Diagramm 2, das uns die Breite zu den einzelnen Zeitpunkten gibt. Bei der oben genannten Konjunktion stehen Venus und Jupiter in Breite noch verschiedene Grade auseinander.

¹⁾ Konjunktion (lateinisch) = Gleichstellung.

²⁾ Elongation (lateinisch) = Entfernung.

³⁾ Opposition (lateinisch) = Gegenstellung.

Die Konjunktion zweier Planeten ist stets eine reizvolle Erscheinung, interessanter aber ist noch die Konjunktion eines Planeten mit dem Mond, die ziemlich häufig auftritt. Um sie zu ermitteln, vervollständigen wir die Zeichnung 1 in der Weise, daß wir die Kurve der geozentrischen Länge des Mondes eintragen. Sie ist gleich der der Sonne nahe eine gerade Linie, wir brauchen zu ihrer Konstruktion mithin nur 2 Punkte. Dazu wählen wir die Zeitpunkte des Neu- und Vollmondes. Da der Neumond die gleiche geozentrische Länge hat wie die Sonne, liegt er auf der Sonnenlinie. Der Vollmond dagegen steht um 180° von der Sonne entfernt, er liegt somit auf der um 180° verschobenen Sonnenlinie. Der Kalender gibt uns den Neumond für den 18., den Vollmond für den 4. Januar 1950 an. Lege ich den ersten Punkt auf der Sonnenlinie fest, den zweiten auf der um 180° verschobenen Sonnenlinie, so habe ich beide Punkte nur durch eine Gerade zu verbinden, um die Kurve der geozentrischen Länge des Mondes im Januar zu finden. Die Linie ist wegen der starken Längenänderung des Mondes sehr steil. Sie ist für den ersten Teil des Januar (*Monat 0*) 1950 auf Diagramm 1 gezeichnet und läßt uns erkennen, daß gegen Ende des ersten Monatsdrittels der Mond mit Saturn und Mars, gegen Ende des zweiten mit Jupiter und Venus sich in Konjunktion befindet. In der Zeichnung lese ich die Tage des Eintritts der Konjunktion ab. Die Ablesungen sind nicht auf den Tag genau, da die durch obiges Verfahren ermittelte geozentrische Länge des Mondes nicht sonderlich sicher ist (vgl. dazu das in Abschnitt III, 1 über die geozentrische Länge des Mondes Gesagte).

Die Astronomen fassen alle die eben genannten Erscheinungen unter dem Wort *Konstellationen*¹⁾ zusammen. Sie werden als interessante Himmelserscheinungen in astronomischen Jahrbüchern, aber auch in Zeitschriften und Zeitungen veröffentlicht. Der Sternfreund kann sie, wie es oben geschildert wurde, im voraus aus seiner Zeichnung 1 entnehmen.

Stillstände, Konjunktionen und Oppositionen der Planeten mit der Sonne wiederholen sich im gesetzmäßigen Verlauf, wie schon den ältesten Beobachtern des Sternhimmels bekannt war. Man nennt die Zeitdauer bis zur Wiederholung die *synodische Umlaufszeit* des Planeten im Gegensatz zur wahren, der *siderischen Umlaufszeit*. Man kann die angenäherten Werte der synodischen Umlaufszeit aus der Zeichnung 1 bzw. dem Diagramm 1 ablesen. Die genauen Werte ersieht man aus der Zusammenstellung in Abschnitt VIII.

Verlassen wir nun Sonne, Mond und Planeten und gehen zum Schluß auf den Jahresablauf beim *Fixsternhimmel* ein. Bei der Drehung des Sternträgers fällt auf, daß verschiedene Sternbilder das ganze Jahr über sichtbar sind, denn sie gehen nie aus der Horizontlinie heraus. Dies sind Großer und Kleiner Bär, Cassiopeja u. a. Andere wieder, wie insbesondere der Orion, sind nur zu bestimmten Jahreszeiten sichtbar. Ein Blick auf die Sternkarte belehrt uns über die Ursache: Sterne, die nicht aus dem Horizont herausreten, sind solche, deren Deklination größer als $+40^\circ$ ist. Man nennt sie *Circumpolarsterne*. Alle übrigen Sterne tauchen nur zeitweilig auf. Sie sind insbesondere dann am Himmel sichtbar, wenn die Länge der Sonne sich um 180° von der ihren unterscheidet. Deshalb ist Orion mit seinen Sternen ein ausgesprochenes Wintersternbild, während der Adler besser im Sommer zu sehen ist.

¹⁾ Konstellation (lateinisch) = gegenseitige Stellung.

4. Besondere Ereignisse am Sternhimmel

a) Finsternisse.

Die Sternkarte gibt auch noch Aufschluß über Sonnen- und Mondfinsternisse, die zu allen Zeiten für die Menschen, aber im besonderen Maße für die astronomische Wissenschaft Bedeutung hatten und haben. Eine Sonnenfinsternis tritt ein, wenn der Mond zwischen Erde und Sonne steht und so die Sonne ganz (totale Finsternis) oder teilweise (partielle Finsternis) verdeckt. Eine Mondfinsternis haben wir, wenn von der Sonne aus gesehen der Mond hinter der Erde steht und in ihren Schattenkegel kommt. Würde die Mondbahn gleich der Erdbahn in der Ekliptikebene liegen, so würden wir bei jedem Neumond eine Sonnen-, bei jedem Vollmond eine Mondfinsternis haben, und diese Erscheinungen wären uns ein alltägliches Ereignis. Sie treten aber viel seltener ein. Der Grund dafür ist der, daß die Mondbahn eine Neigung von $5,1^\circ$ gegen die Ekliptikebene hat. Wegen dieser Neigung steht der Mond während eines Mondmonats von 29,5 Tagen nur zweimal in der Ekliptikebene, nämlich dann, wenn er sich in der Durchschnittsline seiner Bahnebene mit der Ekliptikebene befindet. Die Durchschnittsline der Mondbahn mit der Ekliptik wird durch die Knoten der Mondbahn (Ω und Υ) festgelegt. Hat also die Sonne die gleiche geozentrische Länge wie ein Mondknoten und haben wir gleichzeitig Neu- oder Vollmond, d. h., hat der Mond die gleiche oder eine um 180° abweichende geozentrische Länge wie die Sonne, so stehen die 3 Körper Erde, Mond und Sonne in einer geraden Linie und Finsternisse treten ein. In allen anderen Stellungen wird bei Neu- oder Vollmond der Mond meist unter oder über der Verbindungslinie Erde—Sonne wegschlüpfen. Das leuchtet ein, wenn wir bedenken, daß Sonne und Mond nur einen Durchmesser von je etwa $0,5^\circ$ haben, während der Mond bis $5,1^\circ$ aus der Ekliptik abweichen kann.

Die Teilstriche im dritten Teilungsring von außen auf dem Sternträger geben nun von 1950 bis 1970 die Tage an (auf halbe Tage abgerundet), an denen die Sonne in einem Mondknoten steht, wir wollen sie Finsternispunkte nennen. Sie gestatten uns, den Eintritt einer Finsternis im voraus zu bestimmen. Zeigt nämlich der Kalender an, daß an einem solchen Tage Neumond ist, so haben wir eine Sonnenfinsternis, bei Vollmond eine Mondfinsternis. Es wird nun sehr selten eintreten, daß gerade an diesem Tage Neu- oder Vollmond ist, aber es ist auch nicht genau erforderlich. Da Erde, Mond und Sonne ausgedehnte Körper sind, genügt es schon, wenn der Neu- oder Vollmond in der Nähe der Finsternispunkte eintritt. Der Spielraum ist bei Sonnenfinsternissen 36, bei Mondfinsternissen 23 Tage. Hieraus ergibt sich die Möglichkeit der Ermittlung des Tages einer Finsternis. Man grenzt nämlich vom Finsternispunkt ausgehend einmal für die Sonnenfinsternisse $36:2=18$, für die Mondfinsternisse $23:2=11,5$ Tage nach beiden Seiten ab und erhält so das Datumintervall, in dem Sonnen- bzw. Mondfinsternisse stattfinden. Man sieht dann im Kalender nach, an welchem Tage dieser Intervalle Neu- oder Vollmond eintritt und hat den Tag der Finsternis gefunden.

Da innerhalb des 36tägigen Intervalls zweimal Neumond eintreten kann, erhalten wir in diesem Fall zwei Sonnenfinsternisse, während im 23tägigen Intervall höchstens einmal Vollmond ist und damit nur höchstens eine Mondfinsternis eintreten kann. An den Grenzen der Intervalle ist diese Finsternisrechnung unsicher. Da die Mondknoten auf der

Ekliptik wandern, treten die Finsternisse in den einzelnen Jahren in anderen Monaten und Tagen ein. Immer liegen im Jahr 2 Finsternisperioden, ein knappes halbes Jahr auseinander, in Ausnahmefällen 3. Die Stunde der Finsternis kann man nur bestimmen, wenn man die Tagesstunde des Eintritts von Neu- oder Vollmond weiß. Die gewöhnlichen Kalender geben diese nicht an, nur die astronomischen Jahrbücher. Die Sichtbarkeit der Sonnenfinsternisse ist stets auf einen kleinen Teil der Erde beschränkt, die Mondfinsternisse sind überall dort zu sehen, wo der Mond zur Zeit der Finsternis über dem Horizont steht.

Für die Astronomie sind die Sonnenfinsternisse sehr bedeutungsvoll, da gewisse Erscheinungen nur während einer totalen Sonnenfinsternis beobachtet werden können. Es werden stets zahlreiche Expeditionen ausgerüstet, um in dem schmalen Gürtel der Totalitätszone eine Sonnenfinsternis zu beobachten.

Als Beispiel für die oben angegebene Berechnungsmethode der Finsternisse wird hier ihre Ermittlung für das Jahr 1950 gegeben.

1. 1950, aufsteigender Knoten Ω .

Finsternispunkt: 29. März.

Finsternisintervall für Sonnenfinsternisse: 11. März bis 16. April.

Neumond 18. März: Sonnenfinsternis.

Finsternisintervall für Mondfinsternisse: 17,5. März bis 9,5. April.

Vollmond 2. April: Mondfinsternis.

2. 1950, absteigender Knoten ϑ .

Finsternispunkt: 21,5. September.

Finsternisintervall für Sonnenfinsternisse: 3,5. September bis 9,5. Oktober.

Neumond 12. September: Sonnenfinsternis.

Finsternisintervall für Mondfinsternisse: 10. September bis 3. Oktober.

Vollmond 26. April: Mondfinsternis.

Bei dem Aufsehen, welches namentlich eine totale Sonnenfinsternis stets erregt, ist es nicht verwunderlich, daß Völker, die sich schon früh mit Astronomie befaßten, wie Babylonier und Chinesen, diese chronologisch festlegten. Dabei fiel es ihnen auf, daß diese Erscheinungen sich nach einem gewissen Zeitraum in gleicher Folge wiederholten. Die Astronomen dieser Völker konnten so schon vor Jahrtausenden, ohne von den wirklichen Verhältnissen des Planetensystems eine Ahnung zu haben, Finsternisse voraussagen. Dieser Zeitraum, der sogenannte *Saroszyklus*, beträgt 18 Jahre 11,33 Tage, wenn er 4 Schaltjahre enthält; 18 Jahre 10,33 Tage, wenn deren 5 in diesen Zeitraum fallen. Die Finsternisse des Jahres 1950 müssen also im Jahre 1968, allerdings mit einer Verspätung von 10,33 Tagen, wieder auftreten. Dennoch ist es möglich, daß einzelne Finsternisse des Zyklus nicht wiederkehren, andere dagegen neu auftauchen.

b) Sternbedeckungen.

Hierunter versteht man, daß der Mond sich vor einen Fixstern oder auch einen Planeten schiebt und diesen für uns zum Erlöschen bringt. Da der Mond stets in der Nähe der Ekliptik steht, werden nur die Tierkreissternbilder hiervon betroffen. Die Bedeckung eines Planeten durch den Mond ist selten, die eines Fixsternes dagegen ist dem Astro-

nomen ein alltägliches Ereignis. Im Jahre 1950 beispielsweise traten, wenn man bis zu Sternen 6^m herabgeht, bei 60 Sternen Bedeckungen durch den Mond ein, darunter bei manchen mehrfach. Die Sternbedeckungen werden für Zwecke der rechnenden Astronomie beobachtet.

Wir können eine Sternbedeckung mit Hilfe der Sternkarte nicht voraussagen, da wir nach dem in Abschnitt III,1 Gesagten die Bewegung des Mondes nicht mit der nötigen Genauigkeit feststellen können. Wenn ein Sternfreund den Lauf des Mondes längere Nachtstunden mit einem Feldstecher verfolgt, kann er gleichwohl auch ohne Vorausberechnung Zeuge einer Bedeckung werden. Da der Mond sich von West nach Ost unter den Fixsternen verschiebt, so tritt die Verfinsterung am Ostrand, das Wiederaufleuchten am Westrand ein. Beides ist meist nur am dunklen Mondrande zu sehen. Der Mond hat keine Atmosphäre, somit tritt das Erlöschen und Wiederaufleuchten plötzlich ein. Das vermutliche Eintreten einer Sternbedeckung kann man abschätzen, wenn man beachtet, daß sich der Mond unter den Fixsternen in einer Stunde etwa um eine Vollmondbreite verschiebt.

Ähnliche Verfinsterungen von Fixsternen wie durch den Mond können auch durch die Planeten eintreten, und diese können auch ihre Monde verfinstern. Es ist ja schon auf die Jupitermonde hingewiesen worden, von denen man die 4 hellsten im Feldstecher erkennen kann. Namentlich bei dem innersten von diesen, der nur eine Umlaufzeit von etwa 1,8 Tagen hat, kann der Liebhaberastronom eine Verfinsterung leicht beobachten. Auch kann er beim Vorübergang der Monde vor dem Jupiter deren Schatten auf seiner Oberfläche verfolgen und so Zeuge einer Sonnenfinsternis auf diesem Planeten werden.

c) Venusdurchgang.

Einer astronomischen Erscheinung sei hier noch gedacht, über welche die Planetentafel Aufschluß gibt; es ist der Venusdurchgang. Man versteht darunter den Vorübergang der Venus vor der Sonne, er entspricht einer Sonnenfinsternis. Natürlich kann die Venus die Sonne nicht verdunkeln wie der Mond. Sie hat beim Vorübergang zwar ihren größten Durchmesser von etwa 1', aber die Sonne hat einen solchen von etwa 30'! Venus zeigt sich vielmehr vor der Sonne nur als kleine schwarze Scheibe. Warum wird nun das Ereignis hier erwähnt, warum hört man so selten davon? Das letzte ist schnell beantwortet: ein Venusdurchgang ereignet sich in 243 Jahren nur viermal, die letzten Durchgänge waren in den Jahren 1874 und 1882. Zur Beobachtung des ersten wurden 50 Expeditionen ausgesandt, mehr noch beim zweiten. Dieser Aufwand war ungeheuer und rechtfertigt die Erwähnung dieses seltenen Ereignisses. Warum diese Anstrengung? Deshalb, weil man damals in der Beobachtung eines Venusdurchganges die sicherste Gewähr zu haben glaubte, das Grundmaß für alle Entfernungsmessungen im Weltall, die Entfernung Erde—Sonne – die sogenannte „astronomische Einheit“ – möglichst genau berechnen zu können.

Wie können wir nun an der Planetentafel ermitteln, ob in den Jahren 1950 bis 1970 ein Venusdurchgang stattfindet? Wir gehen genau vor wie bei der Sonnenfinsternis. Ein Durchgang kann nur stattfinden, wenn die Venus zwischen Erde und Sonne steht, und zwar dann, wenn Planet wie Sonne sich in einem Knoten der Venusbahn befinden. Die Knoten der Venusbahn liegen im Breitenintervall 0, sind außerdem auf der Ekliptik-

teilung angegeben. Stellen wir den Zeiger der Planetentafel auf die Stelle des aufsteigenden Knotens (ϑ), so zeigt er auf der Erdbahn das Datum des 9. Dezember. An diesem Tage steht also von der Erde gesehen die Sonne in der Richtung auf den absteigenden Venusknoten (ϑ). Ähnlich stellen wir für den absteigenden Knoten fest, daß der kritische Tag am 9. Juni ist. Steht an diesen Tagen Venus ebenfalls im Knoten zwischen Erde und Sonne, so tritt ein Durchgang ein. Ähnlich wie bei den Sonnenfinsternissen ist wegen der Ausdehnung der 3 Himmelskörper ein geringer Spielraum gegeben. Wir stellen nun fest, ob Venus an einem der kritischen Tage der Jahre 1950 bis 1970 die heliozentrische Länge des entsprechenden Knotens hat, also an der vorgeschriebenen Stelle ihrer Bahn steht. Das geschieht, indem wir den 9. Dezember der Venusbahn auf das obere Breitenintervall 0 einstellen; er liegt, genau wie bei der Erde, hinter dem Teilstrich 11 ihrer Bahn. Von den Jahresteilstrichen der Venusbahn fällt dann keiner auf den für diese vorgesehenen Einstellstrich. Das gleiche negative Ergebnis erhalten wir, wenn wir den 7. Juni der Venus-scheibe auf das untere Breitenintervall 0 einstellen. Wir finden somit, daß in keinem der Jahre 1950 bis 1970 die Venus an einem der kritischen oder der unmittelbar benachbarten Tage an der erforderlichen Stelle steht, es findet in den vorgegebenen Jahren also **k e i n V e n u s d u r c h g a n g** statt. Die astronomische Vorausberechnung zeigt, daß ein solcher erst wieder am 8. Juni 2004 und dann am 6. Juni 2012 eintritt.

Genau wie Venus kann auch der zweite innere Planet **M e r k u r** vor der Sonnenscheibe vorübergehen. Ein derartiger Durchgang hat für die Astronomen nicht das Interesse wie ein solcher der Venus.

Abschließend sei erwähnt, daß auch die künftigen Venusdurchgänge bei den Astronomen wohl kaum das gleiche Interesse finden werden wie die beiden letztvergangenen; denn man hat inzwischen andere Methoden gefunden, die genauere Ergebnisse bei der Berechnung der Entfernung Erde—Sonne versprechen.

IV. Korrekturen

Man darf von mechanischen Vorrichtungen wie der drehbaren Sternkarte nicht die sprichwörtliche astronomische Genauigkeit erwarten. Schon der Empfindlichkeit des Auges sind bei der Ablesung von Teilungen und der notwendigen Abschätzung von Zwischenwerten Grenzen gesetzt. Darüber hinaus kommen einige Besonderheiten bei der Zeitablesung hinzu, auf die bisher keine Rücksicht genommen wurde. Diese sollen hier behandelt und dabei auch die Korrekturen angegeben werden, die anzubringen sind, um genaue Werte zu erhalten. Es muß zuvor betont werden, daß die Angabe dieser Korrekturen, die oft nur wenige Minuten ausmachen, nur für solche Benutzer gedacht ist, die die Genauigkeit der Sternkarte ausschöpfen wollen.

1. Tageskorrektur

Wenn bislang auf dem Sternträger irgendeine Zeit abgelesen wurde, z. B. die Untergangszeit eines Fixsternes, so wurde gesagt: man liest an dem Teilstrich des betreffenden Tages die Zeit ab. Das ist nicht ganz richtig. Man muß bedenken, daß der Teilstrich für den Beginn des Tages, also die Zeit 0^h gilt. Lese ich z. B. am Tagesteilstrich die Zeit 20^h ab, so muß ich beachten, daß der Tag ja inzwischen um $20:24 \approx 0,8$ Teile eines Tages fortgeschritten ist. Will ich genau verfahren, so muß ich nicht an dem Teilstrich des Tages selbst, sondern an einem um $0,8$ eines Tagesintervalls weiter liegenden gedachten Teilstrich ablesen. Ohne großen Fehler kann man rechnen, daß immer für $2,5^h$ der Teilstrich um $0,1$ eines Tagesintervalls zu verschieben ist. Die Verschiebung ist *p o s i t i v*, d. h. sie geschieht immer im Sinne des wachsenden Datums.

2. Jahreskorrektur

Diese Korrektur beruht auf einer prinzipiellen Schwierigkeit, die darin besteht, daß das Jahr nicht 365, sondern etwa 365,25 Tage lang ist. Aufmerksame Beobachter werden bei der Datumteilung bereits festgestellt haben, daß der Teilstrich des 31. Dezember weiter von dem des 1. Januar entfernt ist als die benachbarten Teilstriche untereinander. Dies rührt hiervon her. Die gleiche Schwierigkeit tritt im Kalenderwesen auf. Hierin ließ JULIUS CAESAR 46 v. Chr. bei Einführung der nach ihm als *J u l i a n i s c h e* benannten *S c h a l t o r d n u n g* den Überschuß des Jahres dadurch ausgleichen, daß er alle 4 Jahre einen Schalttag einlegte. Wir müßten also für die 4 Jahre dieser Periode je eine besondere Datumteilung haben. Aber es ist damit nicht getan. Die Länge des *t r o p i s c h e n J a h r e s*, d. h. die Zeit, welche die Sonne zum Durchlaufen der Ekliptik von Frühlingspunkt zu Frühlingspunkt braucht, beträgt genau 365,2422 Tage. Bei der julianischen Schaltordnung war somit der Fehler überkompensiert. Das wirkte sich in einer Verschiebung der Jahreszeiten aus und hätte in 2000 Jahren bereits einen halben Monat aus-

gemacht. Um den Fehler zu beheben, veranlaßte Papst GREGOR XIII. die Einführung einer neuen, der Gregorianischen Schaltordnung. Er ließ 10 Tage im Jahre 1582 ausfallen und verordnete, daß in Zukunft bei den vollen Jahrhunderten, die bisher immer Schaltjahre gewesen waren, nur diejenigen Schaltjahre sein sollten, die durch 400 teilbar waren. Diese gregorianische Schaltordnung ist jetzt allgemein im Gebrauch, eine Nichtübereinstimmung mit dem Sonnenumlauf würde sich erst in Jahrtausenden bemerkbar machen.

Wir müßten nun dementsprechend, um die Sternkarte mit dem Himmel genau in Übereinstimmung zu bringen, für jedes Jahr eine besondere Datumteilung haben. Dies ist praktisch unmöglich. Der Sternträger hat eine Normalteilung, die die Sonne am 21. März 0^h MEZ genau in den Frühlingspunkt setzt. Auf nachstehender Tabelle sind nun die Verschiebungen angegeben, die die Teilstriche der Datumteilung des Sternträgers für die Jahre 1950 bis 1970 haben müssen, um richtig zu stehen. Die Zahlen der Tabelle sind so zu verstehen, daß sie, auf Zehnteltage abgerundet, den Bruchteil des Tagesintervalls angeben, um den der Tagesteilstrich zu versetzen ist. Positive Zahlen geben eine Verschiebung im Sinne des wachsenden Datums, negative eine im umgekehrten Sinne.

Jahr	Verschiebung	Jahr	Verschiebung
1950	-0,2	1960	-0,6
1951	-0,4	1961	+0,1
1952	-0,7	1962	-0,1
1953	+0,1	1963	-0,3
1954	-0,2	1964	-0,6
1955	-0,4	1965	+0,2
1956	-0,6	1966	-0,1
1957	+0,1	1967	-0,3
1958	-0,1	1968	-0,6
1959	-0,4	1969	+0,2
		1970	0,0

Die Korrekturen unter 1. und 2. erscheinen schlimmer, als sie sind. Man kann sie leicht zu einer vereinigen, wie die folgenden Beispiele zeigen. Lese ich z. B. im Jahre 1950 an einem Tagesteilstrich eine Aufgangszeit von 5^h 0^m ab, so erhalte ich nach 1. eine Tageskorrektur von +0,2, nach 2. eine Jahreskorrektur von -0,2, mithin eine Gesamtkorrektur von 0,0. Meine Ablesung ist also nicht zu verbessern. Habe ich in einem anderen Falle im Jahre 1953 am Tagesteilstrich eine Zeit von 20^h 0^m abgelesen, so ist die Korrektur nach 1. +0,8, nach 2. +0,1, also die Gesamtkorrektur +0,9. Ich muß also den Tagesteilstrich um 9 Zehntel eines Tagesintervalles im Sinne des wachsenden Datums mir versetzt denken und erneut ablesen, um die richtige Zeit zu erhalten. Die Korrektur zu 1. ist leicht im Kopf zu ermitteln und die zu 2. bleibt ja für ein Beobachtungsjahr die gleiche, ist also im Gedächtnis zu behalten.

Auf- und Untergangskorrektur für andere geographische Breite

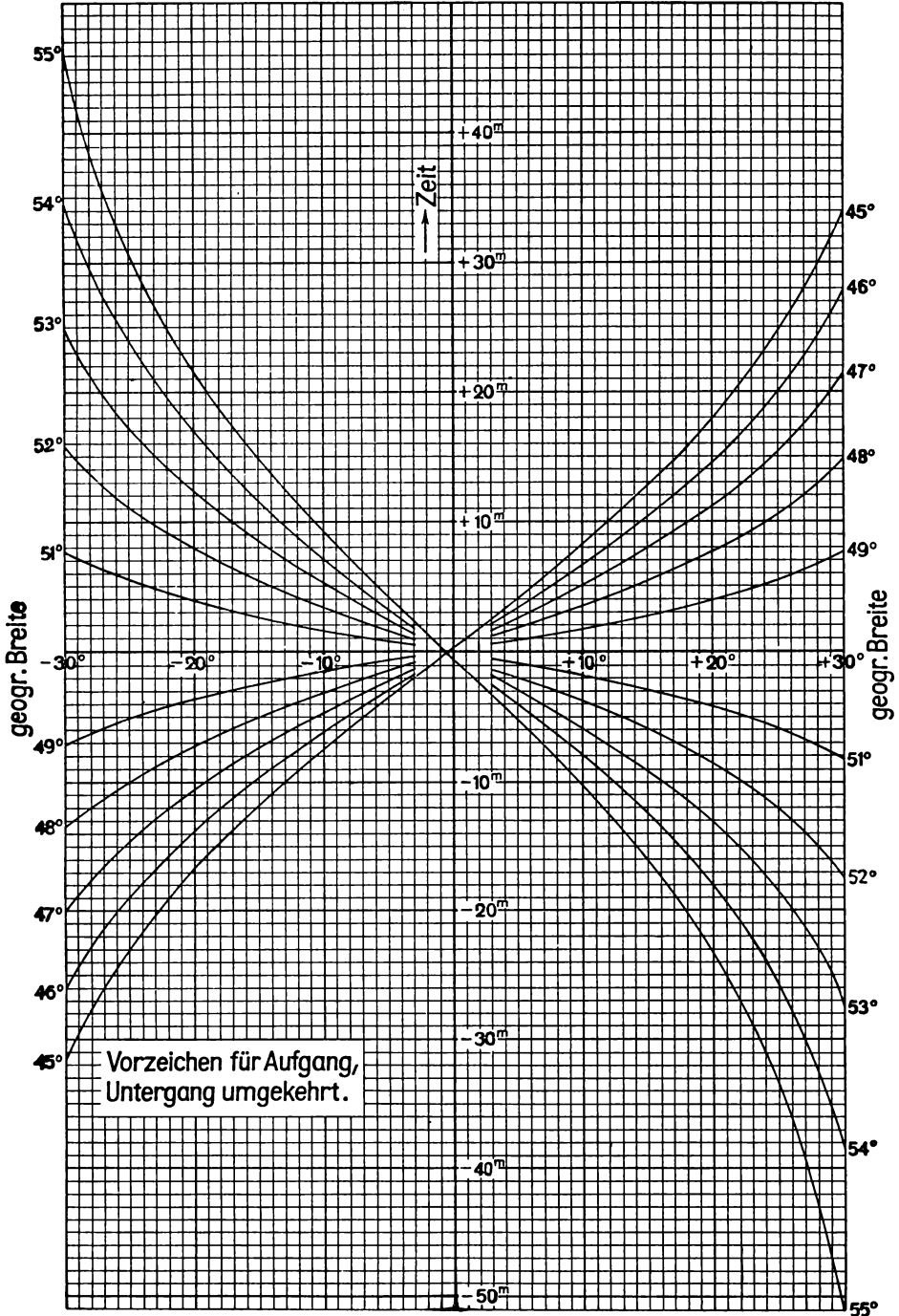


Diagramm 4

Bei Zeitablesungen in Schaltjahren hat man noch zu beachten, daß der 29. Februar des Kalenders mit dem 1. März des Sternträgers usf. gleichzusetzen ist. Man erhält dann einen 32. Dezember, dies ist der 2. lange Teilstrich am Ende dieses Monats.

Bei genauem Arbeiten mit der Planetentafel hat man auch die Teilstriche der Erdbahn um die Jahreskorrektur zu versetzen, auch gilt die für Schaltjahre gegebene Regelung für die Erde und die Venus, auf weitere Feinheiten durch Anbringung von Korrekturen kann man verzichten.

3. Korrektur bei wandernden Gestirnen

Bei Sonne, Mond und Planeten hat man zu bedenken, daß sie ihre Stellungen auf dem Sternträger im Laufe eines Tages ändern.

In Abschnitt III, 1 wurde angegeben, wie man die Stellung der Sonne auf dem Sternträger findet. Es sollte der Tageteilstrich der Datumteilung auf die Ableselinie gestellt und dann der Ort der Sonne dort auf der Ekliptik festgelegt werden, wo die Ableselinie diese schneidet. Hat man nun bei dieser Stellung der Sonne eine Untergangszeit (unkorrigiert) um beispielsweise 20^h gefunden, so stellt man erneut auf den Ablesestrich zurück, aber nicht auf den Tageteilstrich, sondern auf einen um die Korrektur nach 1. und 2. verbesserten Teilstrich und markiert die Sonne erneut. Dann stellt man die so verbesserte Sonne wieder auf Untergang ein und liest an dem nach 1. und 2. korrigierten Teilstrich die genaue Untergangszeit ab.

Für den Mond können wir keine Korrekturen angeben, da nach dem in Abschnitt III, 1 Gesagten dessen Stellung nicht genau zu ermitteln ist.

Bei den Planeten wird sich eine genaue Festlegung unter Berücksichtigung der Tagesstunde nur zeitweise bei Venus lohnen. Man legt dann auf der Planetentafel ihre Stellung auch für den der Beobachtung folgenden Tag fest, wie in III, 1 beschrieben, und interpoliert für die Tagesstunde.

4. Korrektur auf MEZ

Diese Korrektur ist bei allen Zeitablesungen vorzunehmen, um die Uhrzeit zu erhalten. Hierfür wird auf den Abschnitt VI, 3 verwiesen.

5. Korrektur bei anderer geographischer Breite

Diese Korrektur ist an den Zeitablesungen bei Auf- und Untergängen von Gestirnen von den Benutzern anzubringen, die sich auf anderer geographischer Breite als 50° befinden. Zur Ermittlung der Korrektur ist Diagramm 4 beigegeben. In ihm sind die Korrekturen für die Breiten von 45° bis 55° angegeben für alle Gestirne zwischen -30° und +30° Deklination. Damit werden Sonne, Mond, Planeten und alle in diesem Deklinationsintervall liegenden Fixsterne erfaßt. Man verfährt so, daß man zunächst durch Einstellung des Gestirnes in die Ableselinie dessen Deklination feststellt, danach mit diesem Wert in das Diagramm geht. Dieses ist so eingerichtet, daß auf der waagerechten Achse die Deklination in Grad, auf der senkrechten die Korrektur in Minuten abgetragen ist. Man geht von der

Deklination auf der waagerechten Achse aus senkrecht hinauf oder herunter bis zur Kurve der gewünschten geographischen Breite und liest die Korrektion an der senkrechten Achse ab. Die abgelesenen Minutenwerte gelten mit ihrem Vorzeichen für den Aufgang, beim Untergang ist das umgekehrte Zeichen zu wählen. Die geographische Breite des Beobachtungsortes entnimmt man einem Atlas.

Einige Beispiele sollen das Verfahren erläutern. Hat ein Beobachter in Jena, das eine geographische Breite von fast 51° hat, auf der Sternkarte den Aufgang eines Gestirnes mit der Deklination von $+15^\circ$ um $6^h 0^m$ festgestellt, so ergibt das Diagramm eine Korrektion von -3^m . Die korrigierte Aufgangszeit ist also $5^h 57^m$. Stellt ein Beobachter in Berlin mit $52,5^\circ$ geographischer Breite den Untergang eines Gestirnes von -20° Deklination um $19^h 0^m$ fest, so entnimmt er durch Interpolation aus der 52- und 53er Kurve die Korrektion von $+10^m$. Da es sich um einen Untergang handelt, ist das Vorzeichen umzukehren, so daß das Gestirn für den Beobachter um $18^h 50^m$ untergeht. Für einen Beobachter an einem bestimmten Ort kommt stets dieselbe Kurve in Frage. Liegt sein Ort nicht genau auf einem vollen Breitengrad, so kann er sich durch Interpolation die Werte seiner eigenen Kurve ermitteln und diese in das Diagramm einzeichnen.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß die Schwierigkeiten, die bei der Darstellung des Geschehens am Sternhimmel durch eine Sternkarte auftreten, in noch weit höherem Maße bei den astronomischen Rechnungen zu finden sind. Sie rühren daher, daß eben alles am Sternhimmel stets in verschiedenartigster Bewegung ist und daß jede Aussage nur für einen bestimmten Augenblick Gültigkeit hat. Die Korrekturen unter 1 bis 3 sind gering, man kann auf ihre Anbringung verzichten, wenn es einem nur um einen Überblick zu tun ist.

V. Astronomische Koordinatensysteme

Unter Koordinaten versteht man allgemein Längen- oder Winkelgrößen, die dazu dienen, einen bestimmten Ort in seiner Umgebung festzulegen. Da wir die Orte der Gestirne am Himmel nur in Winkelmaß messen können, wird nur dieses Maß für die Sternkarte in Frage kommen. Ein Beispiel für diese Art Koordinatensysteme bietet das auf der Erde angewandte der *geographischen Länge und Breite*, das dazu dient, einen Erdort festzulegen. Wir gehen darauf kurz ein.

Auf der Erde ist zunächst die Gerade von Pol zu Pol, $P_N P_S$, die *Erdachse*, als feste Linie gegeben (vgl. Abbildung 1). Senkrecht zu dieser legen wir eine Ebene, die die Erde in zwei Halbkugeln teilt. Die Schnittlinie dieser Ebene mit der Erdoberfläche

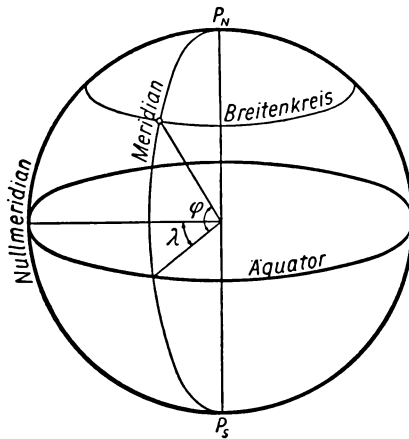
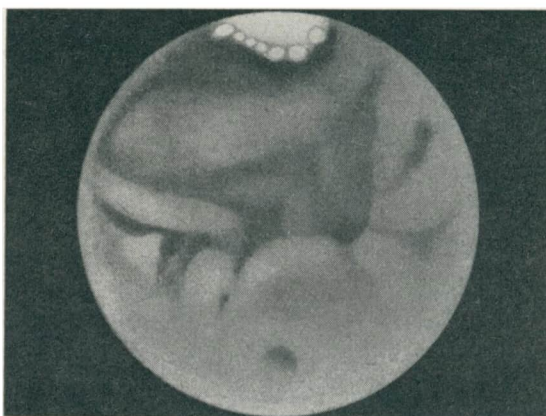


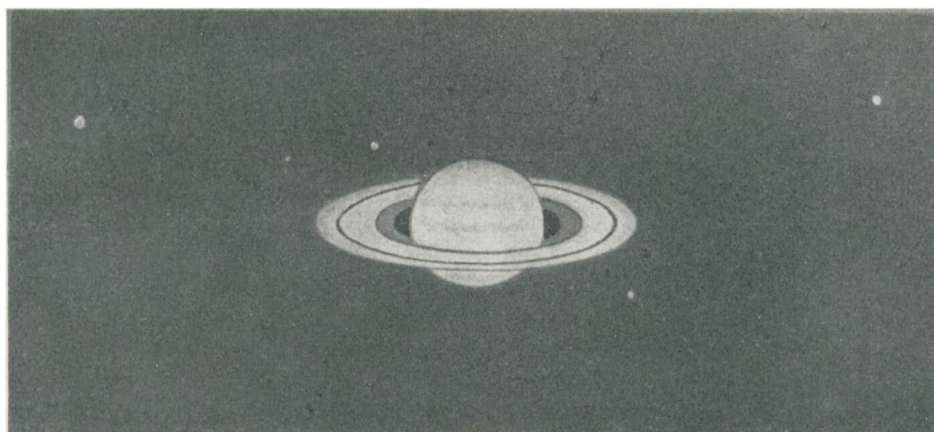
Abbildung 1

ist der Äquator¹⁾. Äquatorebene und die darauf senkrechte Erdachse sind die Grundlagen unseres Koordinatensystems. Wir vervollständigen dies dadurch, daß wir von einem beliebig angenommenen Nullpunkt auf dem Äquator aus auf diesem eine Gradeinteilung anbringen, die vom Nullpunkt nach Osten und Westen bis 180° läuft und so den ganzen Äquator umspannt; wir nennen sie die *Längenteilung*. Durch die Punkte dieser Teilung und die beiden Pole legen wir größte Kreise, sogenannte *Erdmeridiane*. Der *Nullmeridian* ist dabei jener, der nach Übereinkunft der Kulturvölker durch die Sternwarte *Greenwich* bei London geht. Diesen Meridian teilen wir nun nach Nord und Süd vom Äquator aus in je 90° und kommen damit zu den Polen. Ziehen wir Linien durch die Teilpunkte, so erhalten wir parallel zum Äquator kleiner und kleiner werdende Kreise, die *Breitenkreise*. Durch Meridiane und Breitenkreise haben wir die Erde mit einem Netz überzogen. Will ich jetzt einen Erdort festlegen,

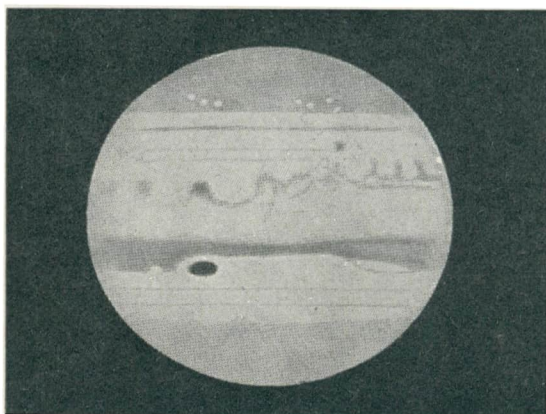
¹⁾ Äquator (lateinisch) = Gleicher.



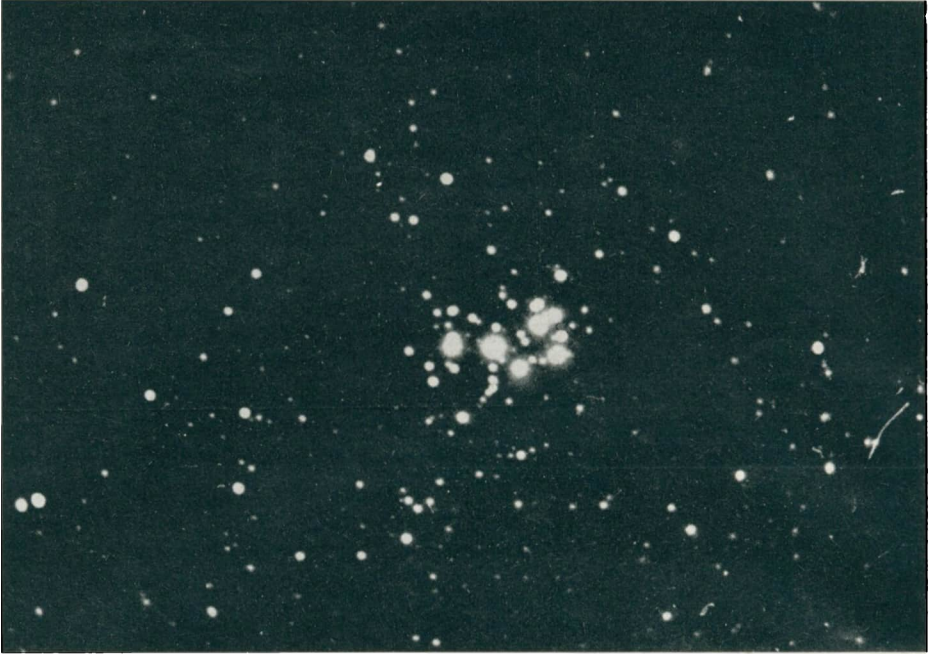
Mars



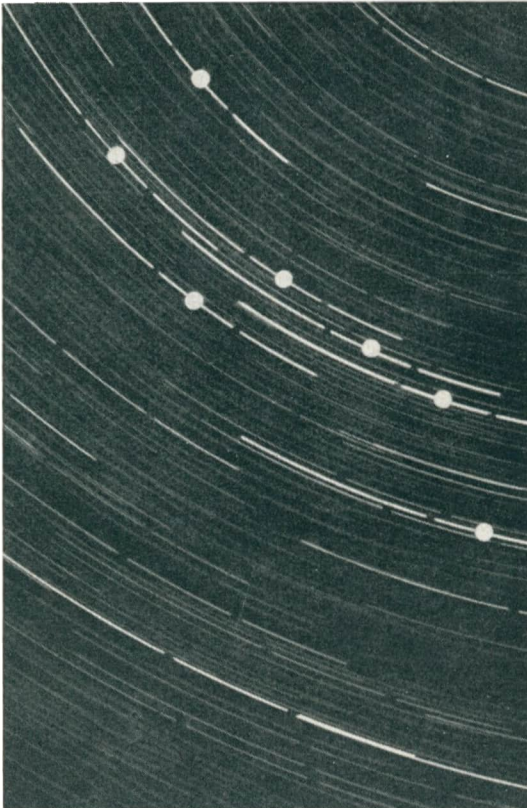
Saturn mit Ringsystem und Monden



Jupiter



Plejaden



Sternspuren (Großer Bär u. a.)

so habe ich nur anzugeben, welcher Meridian und welcher Breitenkreis durch ihn geht. Sage ich z. B.: der Ort hat 15° östliche geographische Länge und 50° nördliche geographische Breite, dann ist er eindeutig bestimmt. Für genauere Angaben unterteilt man 1 Grad noch in 60 Minuten (geschrieben ') und 1 Minute in 60 Sekunden (geschrieben "). Die Winkel Länge λ und Breite φ muß man sich vom Erdmittelpunkt aus gemessen denken, wie Abbildung 1 zeigt.

Bei den eigentlichen astronomischen Koordinaten ist es ähnlich wie hier, da der Himmel gleich einer hohlen Halbkugel über uns ausgespannt zu sein scheint, in deren Mittelpunkt der Beobachter sich befindet. Wir werden nun die verschiedenen astronomischen Koordinatensysteme besprechen und dabei auf das Gesagte zurückgreifen.

1. Das horizontale System

Als Grundebene dieses Systems nehmen wir eine waagerechte Ebene im Beobachtungspunkt B. Diese können wir mit der Erdoberfläche gleichsetzen, da wir wegen der Größe der Erdkugel die geringe Krümmung nicht merken. Am besten wird sie durch die Fläche des Meeres dargestellt. Auf dieser Fläche scheint der Himmel aufzuruhen, wir

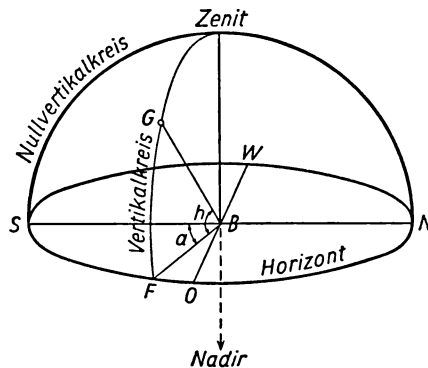


Abbildung 2

nennen sie die Horizontebene und den sie begrenzenden Kreis den Horizont¹⁾ (vgl. Abbildung 2). Er wird seit den ältesten Zeiten durch die Himmelsgegenden N, O, S, W in 4 Teile zerlegt. Die Grundgerade unseres Systems ist das Lot im Beobachtungspunkt. Es trifft das Himmelsgewölbe über dem Beobachter im höchsten Punkt, dem Zenit²⁾. Verlängert man das Lot nach unten, so kommt man zu seinem Gegenpunkt, dem Nadir³⁾. Wenn wir an das über die Erde Gesagte denken, so entsprechen die Horizontebene der Äquatorebene, der Horizont dem Äquator, Zenit und Nadir den Polen. Genau wie bei der Erde teilen wir nun den Horizont von einem Nullpunkt aus in Grade ein. Wir wählen als Nullpunkt den Südpunkt und zählen von diesem aus über Ost und West bis 180° . Der Ost- und Westpunkt erhält dann 90° , der Nordpunkt 180° . Weiter denken wir uns wieder wie bei der Erde durch Zenit und Nadir

¹⁾ Horizont (griechisch) = Grenzkreis.

²⁾ Zenit (arabisch) = Scheitelpunkt.

³⁾ Nadir (arabisch) = Fußpunkt.

größte Kreise gelegt. Da diese senkrecht auf dem Horizont stehen, nennen wir sie **Vertikalkreise**. Der durch das Zenit und den Südpunkt laufende ist der **Meridian des Ortes**. Die Vertikalkreise teilen wir vom Horizont aus nach oben und unten in je 90° und verbinden die Teilpunkte durch die kleiner und kleiner werdenden **Parallelkreise**, die in Zenit und Nadir zu Punkten zusammenschrumpfen. Wir brauchen die Parallelkreise nur oberhalb des Horizontes, da wir unter ihm nicht beobachten können.

Wollen wir jetzt den Ort eines Sternes festlegen, so haben wir nur den Vertikal- und den Parallelkreis anzugeben, der durch den Stern läuft, wie in Abbildung 2 zu erkennen ist. Die entsprechenden Winkel haben ihren Scheitelpunkt im Beobachter. Den durch den Horizontbogen SF dargestellten Winkel $SBF = a$ (entsprechend der geographischen Länge) nennt man das **Azimut**¹⁾, den durch den Vertikalkreisbogen GF dargestellten Winkel $GBF = h$ (entsprechend der geographischen Breite) die **Höhe**. Wir können uns das leicht veranschaulichen und einen Punkt, dessen Azimut und dessen Höhe gegeben sind, am Himmel finden. Es sei z. B. $a = 30^\circ$ östlich und $h = 50^\circ$. Man verfährt folgendermaßen: Man stellt sich so, daß der Blick nach Süden gerichtet ist, dreht sich dann um die Längsachse um 30° (den dritten Teil eines rechten Winkels) nach Osten, hält den ausgestreckten Arm waagrecht und erhebt ihn dann um 50° ; er zeigt jetzt auf den fraglichen Punkt am Himmel. Die Winkel lassen sich nach einiger Übung leicht schätzen.

Wenn ich also das Azimut und die Höhe eines Gestirnes kenne, kann ich nach diesem Verfahren den Stern auf dem Sternträger finden. Zur Auffindung dieser Größen sind auf der Grundplatte sowohl die Vertikalkreise als auch die Parallelkreise von 10° zu 10° eingezeichnet. Die Vertikalkreise sind die vom Zenit ausgehenden Kurven, die nach dem Horizont hinlaufen, die Parallelkreise die geschlossenen Kurven innerhalb des Horizontes. Beide sind durch die Projektion auf die Horizontebene verzerrt. Liegt ein Stern des Sternträgers auf der Parallelkurve von 40° , so hat er diese Höhe, ebenso wie er das Azimut 60° östlich hat, wenn er sich auf dem betreffenden Vertikalkreis befindet. Umgekehrt wie oben verfähre ich, wenn ich einen Stern des Sternträgers am Himmel aufsuchen will.

Das horizontale System wird viel in der Astronomie bei Beobachtungen benutzt, da man Azimut und Höhe leicht messen kann. Ein Bastler kann sich mit einigem Geschick leicht ein geeignetes Gerät hierzu anfertigen. Er stellt sich einen Horizontalkreis her, bringt darauf, um eine senkrechte Achse drehbar, einen Vertikalkreis an und, um dessen Mittelpunkt drehbar, ein Visierlineal. Bei der Aufstellung des Geräts hat er darauf zu achten, daß die Achse senkrecht steht. In der Wissenschaft benutzt man zu derartigen Messungen Theodoliten und ähnliche Instrumente.

2. Das äquatorale System

In Abbildung 3 stellt die kleine Kugel die Erde vor, SN die Berührungsebene an die Erde im Standpunkt des Beobachters, also die für ihn waagerechte Horizontebene. Sie steht in der Abbildung senkrecht auf der Zeichenebene und stellt sich uns deshalb nur als Gerade

¹⁾ Azimut (arabisch) = Richtungswinkel.

dar. Die Verbindungslinie des Erdmittelpunktes mit dem Beobachtungspunkt, also das Lot auf der Horizontalebene, trifft den Himmel im Zenit Z. Legt man nun durch den Beobachtungspunkt eine Parallelebene A'A'' zur Ebene des Erdäquators und zieht eine Parallele zur Erdachse durch den Beobachtungspunkt, die den Himmel in P_N treffen würde, so erhält

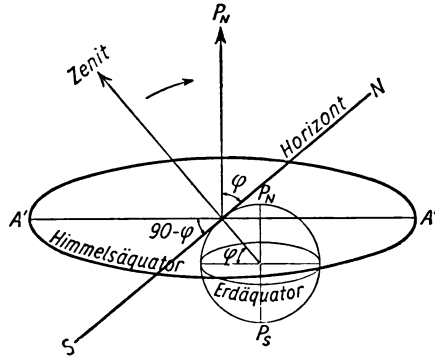


Abbildung 3

man die Grundlagen für ein neues Koordinatensystem, das Äquatoralsystem. Da das Himmelsgewölbe gegen alle Maße auf der Erde als praktisch unendlich weit von uns entfernt angenommen werden kann, kann man die Entfernung vom Beobachtungspunkt zum Mittelpunkt der Erde vernachlässigen und sich die durch den Beobachtungspunkt gelegten Teile der Abbildung an den Erdmittelpunkt verschoben denken. Dann ist der große Kreis A'A'' der Schnitt der Erdäquatorebene mit dem Himmelsgewölbe – man nennt ihn den Himmelsäquator – und die Verlängerung der Erdachse trifft das Himmelsgewölbe in den Himmelspolen P_N und P_S. Die Linie P_N und P_S ist die Weltachse, um die die tägliche Drehung des Himmelsgewölbes erfolgt¹⁾. Da der Winkel zwischen der Weltachse und dem Horizont gleich der geographischen Breite φ des Beobachtungsortes ist (die Schenkel der Winkel stehen aufeinander senkrecht), liegt z. B. bei 50° geographischer Breite der Himmelspol auch 50° über dem Horizont, man sagt, die Polhöhe ist 50° oder allgemein: die Polhöhe eines Ortes ist gleich seiner geographischen Breite. Die Sternkarte, die für 50° geographischer Breite hergestellt ist, zeigt das. Entsprechend liegt der Himmelsäquator mit seinem höchsten Punkt 90° - φ, also auf der Sternkarte 40°, über dem Südpunkt des Horizontes. Man kann das Horizontalsystem in das Äquatoralsystem hineingeklappt denken, indem man ersteres um eine durch den Beobachtungspunkt gehende und auf der Zeichenebene senkrecht stehende Achse um den Winkel 90° - φ gedreht denkt. Dann entsprechen den durch Z. gehenden, auf dem Horizont senkrecht stehenden Kreisen solche durch P_N, die senkrecht auf dem Äquator stehen, man nennt sie Stundenkreise (vgl. dazu auch Abbildung 4). Sie entstehen durch Verlängerung der Erdmeridiane bis zum Himmelsgewölbe. Entsprechend geben die zum Horizont parallelen Kreise solche, die dem Himmelsäquator parallel sind und den Breitenkreisen auf der Erde entsprechen. Den Höhen über dem Horizont entsprechen die Höhen über dem Himmelsäquator. Man nennt diese Höhen

¹⁾ Die Drehung ist scheinbar, denn in Wirklichkeit dreht sich ja die Erde und das Himmelsgewölbe mit seinen Fixsternen ruht.

über oder unter dem Äquator die Deklination¹⁾ δ und zählt sie vom Äquator von 0° bis $+90^\circ$ zum Nordpol und von 0° bis -90° zum Südpol. Den Vertikalkreisen entsprechen, wie oben gesagt wurde, die Stundenkreise. Man muß sich nun für einen Nullpunkt für diese entscheiden. Man wählt einerseits dazu den Südpunkt des Horizontes, dann ist der Meridian²⁾ des Ortes gleichzeitig der nullte Stundenkreis. Die Teilung läßt man von da an im Sinne der täglichen Umdrehung des Himmels von S über W, N und O von 0° bis 360° laufen. Da nun die scheinbare tägliche Umdrehung des Himmels 24 Stunden dauert, zählt man die Teilung gewöhnlich in Stunden (^h), mit den Unterteilen Zeitminuten (^m) und Zeitzsekunden (^s). 360° entsprechen dabei 24^h , also $1^\circ 4^m$ oder $1^h 15^m$. Steht also die Sonne beispielsweise im 30° -Stundenkreis, so sagt man, ihr Stundenwinkel t beträgt 2^h .

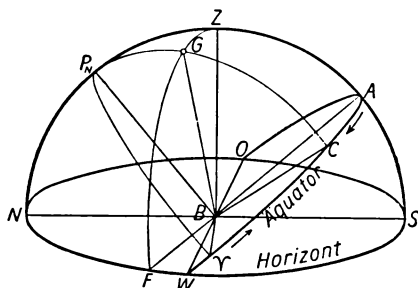


Abbildung 4

Man kann den Nullpunkt des Systems aber auch andererseits an einen festen Punkt des Fixsternhimmels legen. Man wählt dazu keinen Fixstern, sondern einen gedachten Punkt. Da die Sonne am 21. März bei ihrer scheinbaren jährlichen Bewegung am Himmel im Äquator steht, im sogenannten Frühlingspunkt γ , so wählt man diesen und zählt von ihm aus entgegengesetzt der täglichen Drehung des Himmels, also über S, O, N und W. Gleichfalls wie beim Stundenwinkel rechnet man nicht nach Grad, sondern nach Stunden, Minuten und Sekunden. Diese Teilung nennt man die Rektaszensionsteilung³⁾ und bezeichnet die Rektaszension eines Sternes mit α .

An Hand der Abbildung 4 vergegenwärtigen wir uns nun noch einmal die einzelnen Größen des horizontalen und des äquatorealen Koordinatensystems. Es bedeuten:

- Z das Zenit,
- γ den Frühlingspunkt,
- B den Beobachter,
- G ein Gestirn,
- SONW den Horizont,
- BZ die Lotrichtung,
- ZGF einen Vertikalkreis,
- SAZPN den Meridian des Ortes (Nullkreis der Azimut- und Stundenteilung),

¹⁾ Deklination (lateinisch) = Abweichung.

²⁾ Meridian = Mittagslinie; vom lateinischen Wort meridies = Mittag, da die Sonne am Mittag im Meridian steht.

³⁾ Rektaszension (lateinisch) = gerade Aufsteigung.

- $SAZP_N$ den oberen Meridian des Ortes,
 $P_N N$ den unteren Meridian des Ortes,
 OAW den Himmelsäquator (Nordhälfte),
 $P_N B$ die Weltachse,
 $P_N GC$ einen Stundenkreis,
 $P_N \mathcal{V}$ den Stundenkreis durch den Frühlingspunkt (Nullkreis der Rektaszensionsteilung),
 Bogen $NP_N :=$ Winkel $NBP_N = \varphi =$ Polhöhe = geographische Breite,
 „ $SF =$ „ $SBF = a =$ Azimut,
 „ $GF =$ „ $GBF = h =$ Höhe,
 \rightarrow
 „ $AC =$ „ $ABC = t =$ Stundenwinkel,
 „ $GC =$ „ $GBC = \delta =$ Deklination,
 \rightarrow
 „ $\mathcal{V}C =$ „ $\mathcal{V}BC = \alpha =$ Rektaszension.

Der Pfeil über AC und $\mathcal{V}C$ gibt die Richtung der Teilung an.

Das sphärische Dreieck $P_N ZG$ – so genannt, da seine Seiten Teile größter Kreise sind –, in dem die Größen a, h, φ, δ und t oder ihre Ergänzungen zu 90° bzw. 180° als Seiten und Winkel vorkommen, ist wichtig für viele astronomische Berechnungen. Da der Seemann es benutzt, um aus Sonnen- und Sternbeobachtungen den Ort seines Schiffes festzustellen, nennt man es das **nautische Dreieck**.

Auf der Sternkarte sind, da nicht erforderlich, weder die Stundenkreise noch die Parallelkreise zum Himmelsäquator gezeichnet. Lediglich der letztere ist auf der Grundplatte eingetragen. Die Stundenkreise würden in der Projektion auf den Sternträger als vom Pol ausgehende Radien, die Parallelkreise als parallele Kreise zum Äquator, die im Pol zu einem Punkt zusammenschumpfen, erscheinen. Die Deklinationsteilung befindet sich an dem Meridian des Ortes, der von S über Zenit und Pol nach N laufenden Ableselinie, die Rektaszensionsteilung im innersten Ring des Sternträgers. Deklination und Rektaszension eines Gestirnes sind aus dem Sternträger zu entnehmen, indem man das Gestirn durch Drehung des Sternträgers in die Ableselinie einstellt und beide Werte an dieser abliest. Bei den Stundenwinkeln kommt für uns nur der der Sonne in Betracht, über ihn wird im Abschnitt VI gesprochen werden.

Man wird fragen: Wozu diese verschiedenen Koordinatensysteme? Das horizontale Koordinatensystem bietet den Vorteil, die Koordinaten eines Sternes in ihm leicht feststellen zu können. Da aber alle Gestirne die tägliche Drehung des Himmels mitmachen, gelten seine Werte jeweils nur für einen bestimmten Zeitpunkt. Deshalb muß stets Datum und Uhrzeit bei ihm mit angegeben werden. Bei dem äquatorealen Koordinatensystem mit Deklination und Stundenwinkel ändert sich die Deklination nicht mit der Zeit, da ja die Drehung um die Achse des Systems erfolgt. Es ändert sich nur der Stundenwinkel des Gestirns. Da dieser aber, wie wir in Abschnitt VI sehen werden, uns als Maß für die Zeit dient, so haben wir hier eine einfache Verknüpfung des Systems mit der Zeit. Wählen wir endlich das äquatoreale Koordinatensystem mit Deklination und Rektaszension, so erhalten wir, da ja der Anfangspunkt der Rektaszensionsteilung am Fixsternhimmel festliegt, Koordinaten der Fixsterne, die sich **n i c h t** mit der täglichen Umdrehung

des Himmelsgewölbes ändern. Deshalb sind Deklination δ und Rektaszension α die Grundkoordinaten der Astronomie. Da der Frühlingspunkt, der Anfangspunkt der Rektaszensionsteilung, sich im Laufe der Jahrtausende durch die Präzessionsbewegung (s. Seite 12, 56) auch verschiebt, sind diese Koordinaten zwar auch nicht absolut unveränderlich, ihre jährliche Veränderung ist indessen so geringfügig, daß sie für die Gültigkeit der Sternkarte von 1950 bis 1970 keine Rolle spielt und nur in der messenden Astronomie berücksichtigt werden muß.

Ebenso wie es astronomische Instrumente gibt, die im horizontalen System aufgestellt sind, gibt es auch solche, deren Aufstellung das äquatoreale System zu Grunde liegt. Allerdings dienen sie weniger der Messung der äquatorealen Koordinaten; diese Größen kann man besser mit Hilfe der Größen a , h und der Beobachtungszeit errechnen. Doch hat diese Aufstellung eine besondere Bedeutung, da sich bei ihr mit der täglichen Drehung des Himmels ja nur die eine Koordinate, nämlich t , ändert, und zwar gleichmäßig mit der Zeit. Durch ein Uhrwerk kann man das Instrument dann dieser Drehung folgen lassen und behält so den einmal eingestellten Stern stets im Gesichtsfeld. Die Hauptachse des Instruments muß dann in der Weltachse liegen, die andere ist senkrecht dazu. In dieser Art werden alle großen Beobachtungsinstrumente aufgestellt, man nennt sie die *parallelaktische Aufstellung*.

3. Das ekliptikale System

Würde die Erdachse senkrecht auf der Ebene der Erdbahn stehen, so würde die Sonne von uns aus gesehen stets im Äquator sein. Tag für Tag hätten wir das gleiche Bild: die Sonne stiege im Ostpunkt auf, wanderte durch die Drehung der Erde um ihre Achse im Äquator scheinbar weiter und verließ uns genau im Westpunkt. Jahreszeiten gäbe es nicht. Eine Folge dieser gleichmäßigen Sonnenbewegung wäre, daß die Sonne stets die gleiche Mittagshöhe von $90 - \varphi$ Grad haben würde, das sind bei 50° geographischer Breite 40° . Schon vor Jahrtausenden haben einfache Messungen mit einem *Gnomon*¹⁾ (das ist ein senkrechter Stab, dessen Schattenlänge man mißt, um daraus den Höhenwinkel der Sonne zu bestimmen) die Menschen überzeugt, daß die Mittagshöhe der Sonne im Laufe des Jahres zwischen zwei Extremwerten schwankt. Mit Hilfe eines mit leichter Mühe angefertigten Gnomons kann man sich selbst überzeugen, daß diese Extremwerte bei 50° geographischer Breite $63,5^\circ$ und $16,5^\circ$ sind. Der größte Wert tritt zur Sommer-sonnenwende am 22. Juni, der kleinste zur Wintersonnenwende am 22. Dezember ein, zur Zeit der sogenannten *Solstitien*²⁾. Im übrigen Teil des Jahres hat die Sonne eine Mittagshöhe zwischen den obigen Extremwerten. Zur Frühlings- und Herbst-Tag- und Nachtgleiche, den sogenannten *Äquinoktien*³⁾, dem 21. März und dem 23. September, ist sie gleich der Höhe des Äquators im Meridian und durchmißt dann am Tage wie in der Nacht den halben Äquator, Tag- und Nachtbogen sind gleich. Da die Sonne im Laufe eines Jahres am Sternhimmel weiterwandert, liegen ihre Mittagshöhen immer bei anderen

¹⁾ Gnomon (griechisch) = Anzeiger.

²⁾ In der Nähe dieser Tage ändert die Sonne ihre Deklination nur wenig, daher Solstitium (lateinisch) = Sonnenstillstand.

³⁾ Äquinoktium (lateinisch) = Nachtgleiche.

Sternen des Fixsternhimmels, die wir allerdings wegen des Tageslichtes nicht sehen können. Denken wir uns alle diese Punkte verbunden, so erhalten wir die jährliche Sonnenbahn am Himmel, sie ist ein größter Kreis und man nennt diesen die Ekliptik¹⁾. Sie schneidet den Äquator im Frühlingspunkt (γ) und im Waagepunkt (\simeq).

Das Ausmaß der Schwankung der Sonnenmittagshöhe beträgt $\pm 23,5^\circ$. Um diesen Wert steht die Sonne zur Sommersonnenwende über, zur Wintersonnenwende unter dem Äquator. Man nennt diesen Winkel die Schiefe der Ekliptik. Da die Jahresbahn der Sonne am Himmel nur die Projektion der Erdbahn ist, geht daraus hervor, daß die Erdachse gegen die Senkrechte auf der Erdbahn um $23,5^\circ$ geneigt ist. Durch diese Tatsache wird der Wechsel der Jahreszeiten hervorgerufen. Da die Bewegungen der Planeten und des Mondes sich in der Nähe der Ekliptik vollziehen, hat man diese schon vor Jahrtausenden als Grundebene eines Koordinatensystems angenommen, welches man das ekliptikale nennt. Wir wollen es jetzt betrachten.

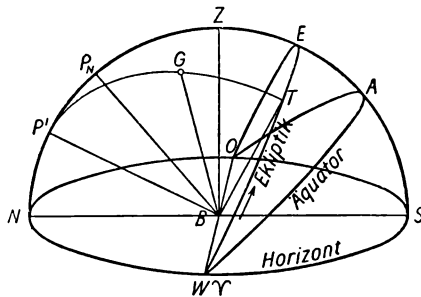


Abbildung 5

Abbildung 5 zeigt wieder das Himmelsgewölbe mit Horizont und Lotlinie, mit Äquator und Weltachse. In die Abbildung hineingezeichnet ist als dritte Ebene die Ekliptik mit der darauf senkrechten Linie BP' , die zum sogenannten Pol der Ekliptik P' geht. Man findet diesen auf dem Sternträger, wenn man den Teilpunkt 270° der Ekliptik in die Ableselinie stellt und von diesem Punkt um 90° auf der Ableselinie in Richtung auf den Pol weiterschreitet. Er liegt dann auf der Ableselinie bei $66,5^\circ$ Deklination. Da der Frühlingspunkt die tägliche Drehung des Himmels mitmacht, verschiebt er sich in 24 Stunden einmal um den ganzen Äquator herum. Ebenso bewegt sich der Pol der Ekliptik in 24 Stunden auf einem Kreis um den Himmelspol herum. Die Ekliptik hat also in jedem Augenblick des Tages eine andere Lage. Bei Abbildung 5 wurde der Zeitpunkt gewählt, zu welchem der Frühlingspunkt im Westpunkt des Horizontes liegt.

Man kann nun wieder, wenn man ein Gestirn G im ekliptikalen System festlegen will, größte Kreise von P' aus senkrecht ziehen ($P'GT$ ist ein Stück eines solchen) und kleiner und kleiner werdende Parallelkreise zur Ekliptik, die in den Polen der Ekliptik zu Punkten zusammenschumpfen. Eine Koordinate in diesem System ist dann der Bogen GT , gemessen durch den Winkel GBT . Man nennt ihn die ekliptikale Breite b ;

¹⁾ Ekliptik (griechisch) bedeutet Verfinsternislinie, da dann Finsternisse eintreten können, wenn der Mond in oder nahe der Ekliptik steht.

sie ist nicht mit der geographischen Breite zu verwechseln. Die Breite entspricht der Höhe bzw. der Deklination in den beiden vorgenannten Systemen. Sie wird von der Ekliptik aus von 0° bis $+90^\circ$ und von 0° bis -90° gezählt, je nachdem der Stern über oder unter der Ekliptik liegt. Die andere Koordinate ist der Bogen $\sphericalangle T$, gemessen durch den Winkel $\sphericalangle BT$. Dessen Zählung geschieht vom Frühlingspunkt aus und wird der täglichen Umdrehung des Himmels entgegen gerechnet, man nennt ihn die *e k l i p t i k a l e L ä n g e*, wobei gleichfalls eine Verwechslung mit der geographischen Länge zu vermeiden ist. Seit alters her teilt man auch die Ekliptik in die 12 Tierkreiszeichen (s. Seite 12, 77), deren jedes 30° Länge umfaßt.

Früher wurde das ekliptikale Koordinatensystem viel benutzt, jetzt in der messenden Astronomie nicht mehr, aber nach wie vor in der theoretischen bei der Ermittlung der Orte von Mond und Planeten. Für diesen Zweck brauchen wir es auch, und in Abschnitt III, 1 ist erläutert, wie man aus der Planetentafel, die die Ekliptikebene darstellt, die ekliptikale Länge und Breite entnimmt.

Die Ekliptik ist, in Grade unterteilt, in den Sternträger eingezeichnet. Da wir die ekliptikale Breite nur für kleine Werte brauchen, entspricht dort die Länge der Fünfer- teilstriche je $+2^\circ$ und -2° , die der Zehner- teilstriche je $+5^\circ$ und -5° Breite. Hierdurch können vorgegebene Breitenwerte leicht abgeschätzt und in den Sternträger eingetragen werden. Bei den ekliptikalen Koordinaten ist noch folgendes zu beachten. Auf dem Sternträger, der das Bild des Sternhimmels gibt, wie es sich dem Beobachter auf der Erde darstellt, haben wir es nur mit ekliptikaler Länge und Breite von der Erde aus gesehen (die Erde ist also Scheitelpunkt der gemessenen Winkel) zu tun. Man spricht in diesem Fall von *geozentrischer* Länge und Breite. Auf der Planetentafel, die Sonne und Planeten in der Ekliptikebene selbst darstellt, können wir, wenn wir die Sonne als Zentrum des Winkels nehmen, auch *heliocentrische* Längen und Breiten messen.

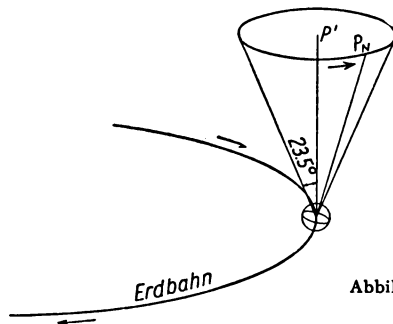


Abbildung 6

Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß die Lage des Himmelsäquators gegen die Ekliptik nicht unveränderlich ist. Da die Erde einen Kreislauf darstellt, macht sie wie dieser eine sogenannte *P r ä z e s s i o n s b e w e g u n g*¹⁾, d. h. ihre Achse und damit die Weltachse, die ja ihre Verlängerung ist, beschreibt im Laufe der Zeit einen Kegelmantel, dessen Spitze im Erdmittelpunkt liegt und bei dem der Mittelpunkt des Grundkreises der

¹⁾ Präzession (lateinisch) = Vorrücken (des Frühlingspunktes).

Pol P' der Ekliptik ist, vgl. dazu Abbildung 6. Die halbe Öffnung des Kegelmantels ist gleich der Schiefe der Ekliptik, also gleich $23,5^\circ$. Durch die Präzessionsbewegung verschiebt sich der Frühlingspunkt, also der Schnittpunkt des Himmelsäquators mit der Ekliptik, längs des Äquators im Laufe der Jahrtausende, und die Erdachse zeigt mit der Zeit nach anderen Sternen als dem Polarstern. Man kann den Grundkreis des Kegelmantels, den der Himmelspol beschreibt, auf dem Sternträger finden, wenn man um den Pol der Ekliptik einen Kreis mit dem Radius von $23,5^\circ$ (auf der Ableselinie gemessen) beschreibt. Alle Sterne, die auf oder in der Nähe dieses Kreises liegen, werden im Verlauf der Jahrtausende einmal Polarstern. Der messenden Astronomie wird die Verschiebung des Frühlingspunktes dadurch merkbar, daß sich Rektaszension und Deklination der Gestirne im Laufe der Zeit zu ändern scheinen, wie schon früher erwähnt wurde. Diese Tatsache entdeckte HIPPARCH etwa 134 v. Chr., als er die Orte von Gestirnen mit den von seinen Vorgängern etwa 150 Jahre zuvor gemessenen verglich. Die Änderungen sind geringfügig, da die Erdachse den Kegelmantel erst in 26 000 Jahren einmal umläuft. Man nennt diesen Zeitraum ein **P l a t o n i s c h e s J a h r**.

Abschließend sei gesagt, daß der Sternfreund, um zu voller Klarheit über die einzelnen astronomischen Koordinatensysteme zu kommen, diese zunächst an der Sternkarte studieren muß. Dann aber möge er sich immer wieder am Himmel selbst die Lage dieser Koordinatensysteme und die einzelnen Koordinaten verdeutlichen.

VI. Die Zeit

1. Die Sonnenzeit

Außer den im vorhergehenden Abschnitt behandelten Koordinaten haben wir noch eine andere Größe, die für den Verlauf der Bewegungen der Himmelskörper von Bedeutung ist, es ist die **Z e i t**.

Seit uralten Zeiten sind Sonne und Mond, jene beiden unter den Gestirnen, die durch ihre Größe hervorragen, die Regler des zeitlichen Geschehens auf der Erde. Der **M o n d**, auf den das Zeitmaß des Monats zurückgeht, ist für die heutige Zeiteinteilung nicht mehr wichtig. Anders die **S o n n e**, sie bestimmt durch ihren Lauf am Himmel die Jahreszeiten und die Einteilung des Tages. Wenn sie am 21. März im Frühlingspunkt steht, dann beginnt, astronomisch gesprochen, ein neuer Jahreslauf, der bis zur Rückkehr zum Frühlingspunkt und somit dem Beginn eines neuen Jahres 365,2422 Tage umfaßt. Wir wollen uns jetzt mit der Einteilung des Tages befassen.

Durch unsere tägliche Erfahrung wissen wir, daß die Sonne am Osthimmel aufsteigt, einen höchsten Punkt im Süden erreicht und wieder zum Westhimmel absinkt. Den höchsten Punkt im Südmeridian, diesem größten Kreis, der vom Pol durch das Zenit nach dem Südpunkt des Horizontes läuft, nennen wir ihren **K u l m i n a t i o n s - p u n k t**¹⁾. Die Zeit, die zwischen dem Erreichen zweier aufeinanderfolgender Kulminationspunkte verfließt, teilen wir in 24 Stunden^(h) und unterteilen diese in Minuten^(m) und Sekunden^(s) in bekannter Weise. Der Stunde der Kulmination (obere Kulmination) geben wir die Zahl 12, der Stunde der Gegenkulmination, zu der die Sonne, unsichtbar unseren Augen, unter dem Horizont durch den Nordmeridian geht (untere Kulmination), die Zahl 0 und rechnen von da an den Beginn des neuen Tages.

Wie können wir nun die einzelnen Stunden des Tages durch die Sonne bestimmen? Dazu bedienen wir uns einer **S o n n e n u h r**, die früher, als man noch keine mechanischen Zeitmesser hatte, die einzige Grundlage für die Einteilung des Tages war. Jedem Liebhaber der Astronomie sei empfohlen, sich eine solche anzufertigen. Es ist eine einfache Sache und es lohnt, weil es das folgende leichter verständlich macht. Die Herstellung geschieht in folgender Weise. Wir gehen davon aus, daß die Bewegung der Sonne um die Weltachse, veranlaßt durch die Erddrehung, gleichmäßig erfolgt. Wir zeichnen uns auf Karton ein Quadrat und beschreiben in dies einen Kreis, den wir, den 24 Stunden des Tages entsprechend, in 24 gleiche Teile teilen. Die Teilstriche vom Mittelpunkt zum Umfang des Kreises stehen also um je 15° auseinander. Wir beziffern sie von 0 bis 23 und haben damit das Zifferblatt unserer Sonnenuhr hergestellt. Durch den Mittelpunkt des Kreises stoßen wir senkrecht zu ihm eine Stricknadel und befestigen sie an dem Karton, was mit Hilfe eines an das Zifferblatt geleimten Korkes leicht möglich ist. Jetzt befestigen wir Stricknadel und Zifferblatt auf einer waagerechten Unterlage so, daß die Nadel um

¹⁾ Kulminationspunkt = Höhepunkt, culmen (lateinisch) = Gipfel.

so viel gegen die Unterlage geneigt ist, wie die geographische Breite des Ortes beträgt. In Abbildung 7, die eine Sonnenuhr zeigt, ist eine Breite von 50° gewählt worden. Wir stellen nun das Zifferblatt so ein, daß der Teilstrich mit der 12 zum tiefsten Punkt hinläuft, und drehen die ganze Vorrichtung so, daß die senkrechte Ebene, die durch die Stricknadel geht, in die Nordrichtung fällt und das obere Ende der Nadel nach dem Himmelspol zeigt. Der Teilstrich 6^h weist jetzt nach Westen und der Teilstrich 18^h nach Osten. Die Sonnenuhr steht nun richtig, sie ist so orientiert, daß die Stricknadel

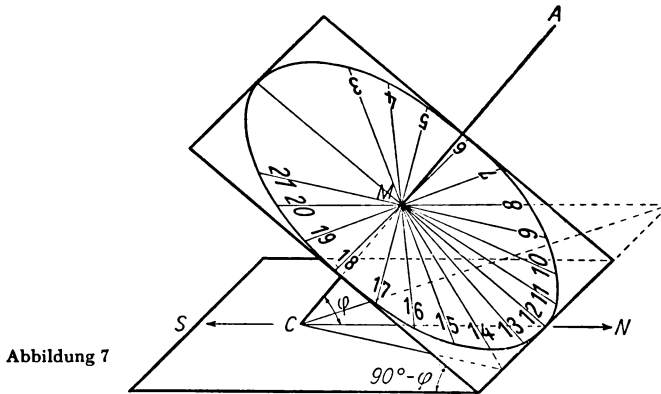


Abbildung 7

in der Weltachse und das Zifferblatt in der Ebene des Himmelsäquators liegt. Der Zeiger unserer Sonnenuhr ist der durch die Sonne geworfene Schatten der Stricknadel; er gibt uns, im Sommer auf der Oberseite, im Winter auf der Unterseite des Zifferblattes den Stundenwinkel der Sonne und damit die Tageszeit an. Diese Sonnenuhr ist eine äquatoriale, da das Zifferblatt im Äquator liegt. Man kann sich leicht eine etwas bequemere horizontale herstellen, bei der das Zifferblatt in der Horizontebene liegt, wenn man die Schattenstriche auf die waagerechte Unterlage überträgt. Sie gehen dann von C, dem Durchstoßpunkt der Stricknadel durch die Unterlage, aus und haben ungleiche Winkelentfernung voneinander. Die Konstruktion der Teilstriche ist an den zwei in der Abbildung gegebenen Beispielen ohne weiteres ersichtlich. Ebenso kann man eine Sonnenuhr für eine senkrechte genau von Ost nach West laufende Wand herstellen oder für eine solche, die ein anderes Azimut hat. An Hand der Abbildung kann man sich die Ausführung der Teilung auch für diese Uhren klarmachen. Diese Uhren sind dann vertikale Sonnenuhren. Immer ist dabei zu beachten, daß die Stricknadel die Richtung der Weltachse haben muß. Auch heute noch sieht man an Kirchen- und Hauswänden oder in Parkanlagen Sonnenuhren der angegebenen Art.

Jede der geschilderten Sonnenuhren zeigt uns den Stundenwinkel der Sonne an und gibt uns damit unmittelbar die sogenannte wahre Zeit (WZ). Auch die Sternkarte zeigt, da sie die Stellung der wahren Sonne am Himmel gibt, WZ an. Wir werden bei längerer Beobachtung merken, daß die

Sonnenuhrzeit, also die WZ, nicht mit der Zeit unserer Uhren übereinstimmt. Sie zeigt im Laufe eines Jahres größere und kleinere Abweichungen von der Uhrzeit. Dafür liegen zwei Gründe vor, von denen jetzt der eine besprochen werden soll. Der andere wird in dem Abschnitt über die Zonenzeit behandelt.

Leider ist die Sonne nicht unmittelbar zu einer genauen Zeitmessung geeignet. Zwar ist die Erddrehung, auf der das Fortschreiten des Schattens auf der Sonnenuhr beruht, gleichmäßig, aber das Fortschreiten der Sonne am Himmel ist dennoch ungleichmäßig. Die Sonne wandert, wie wir früher erfuhren, täglich um ungefähr 1° in der Ekliptik weiter. Diese Zahl schwankt im Verlauf des Jahres, sie ist etwas größer als 1° im Winter und etwas kleiner als 1° im Sommer. Der Grund ist der, daß die jährliche Sonnenbewegung am Himmel ja nichts weiter ist als die Projektion der Erdbewegung in ihrer Bahn. Ein Blick auf die Planetentafel zeigt uns, daß Anfang Januar die Erde sich in ihrem Perihel, der Sonnennähe, Anfang Juli dagegen in ihrem Aphel, der Sonnenferne, befindet. Nach dem zweiten KEPLERschen Gesetz bewegt sich jeder Planet in der Sonnennähe schneller als in der Sonnenferne. So ergibt es sich, daß die Tage nach wahrer Sonnenzeit gemessen im Winter etwas länger sind als im Sommer. Noch etwas weiteres kommt hinzu. Der Stundenwinkel der Sonne wird im Äquator gemessen. Da die Ekliptik, in der das Fortschreiten der Sonne erfolgt, zwar im Sommer und Winter dem Äquator ziemlich parallel läuft, aber im Frühjahr und Herbst einen Winkel von $23,5^\circ$ mit ihm einschließt, wird 1° in der Ekliptik nicht zu allen Jahreszeiten auch 1° im Äquator ausmachen. Diese beiden Ursachen, das ungleichmäßige Fortschreiten der Sonne in der Ekliptik und die Tatsache, daß sie sich in dieser und nicht im Äquator bewegt, können zusammengenommen Unterschiede zwischen zwei Sonnentagen vom Ausmaß einer Minute ausmachen und dementsprechende Unterschiede in den Stunden verschiedener Tage. Da unsere mechanischen Uhren nicht so eingerichtet werden können, daß sie eine derart ungleichmäßige Zeitteilung wiedergeben, waren die Astronomen genötigt, zu einem Hilfsmittel zu greifen.

Zu diesem Zweck nahmen sie eine scheinbare Sonne, die sogenannte *mittlere Sonne* an, die bei ihrer jährlichen Bewegung nicht in der Ekliptik, sondern im Äquator läuft, genau wie die wahre 365,2422 Tage Umlaufszeit hat, aber sich stets ganz gleichmäßig fortbewegt und dabei so angenommen wird, daß sie der wahren Sonne stets möglichst nahe steht. Die Zeit, nach dieser scheinbaren Sonne gemessen, läuft absolut gleichmäßig ab und heißt *mittlere Zeit* (MZ).

Der Unterschied im Stundenwinkel zwischen wahrer und mittlerer Sonne, bzw. ihr Rektaszensionsunterschied, gibt uns unmittelbar den Zeitunterschied der WZ gegen MZ. Dieser Zeitunterschied heißt die *Zeitgleichung* (ZG), wobei das Wort Gleichung nicht in dem jetzt gebräuchlichen Sinne, sondern als „Ausgleichung“ zu nehmen ist. Der Zusammenhang der drei Größen WZ, MZ und ZG wird durch folgende Gleichung gegeben:

$$MZ = WZ - ZG \text{ und } WZ = MZ + ZG.$$

Die Zeitgleichung ist auf dem Sternträger im zweiten Ring von außen für jeden Tag des Jahres in Minuten abzulesen. Sie schwankt zwischen einem Tiefstwert von -14^m im Februar und einem Höchstwert von $+16^m$ im Oktober/November mit einem Zwischenmaximum im Mai und einem Zwischenminimum im Juli/August. Bei der Auswertung

der obigen Gleichungen ist auf das Vorzeichen der ZGI zu achten. Zwei Beispiele mögen diese Auswertung zeigen.

15. Januar: $WZ = 6^h 17^m$, $ZGI = -9^m$, also $MZ = 6^h 26^m$,

25. September: $MZ = 13^h 21^m$, $ZGI = +8^m$, also $WZ = 13^h 29^m$.

Ein Blick auf den Sternträger zeigt noch, daß bei positiver ZGI die wahre Sonne früher als die mittlere, bei negativer ZGI die wahre Sonne nach der mittleren durch den Nordmeridian (die Ableselinie) geht. Mithin hat die mittlere Sonne bei positiver ZGI eine größere Rektaszension als die wahre, bei negativer ZGI eine kleinere.

Bei Schaltjahren hat man das in Abschnitt IV, 2 über diese Gesagte zu berücksichtigen, sowie bei genauem Arbeiten die Jahreskorrektur anzubringen.

2. Die Sternzeit

Man kann fragen, warum man sich mit der Sonne als Zeitmesser so viel Mühe macht, da doch alle Ungleichmäßigkeiten daher rühren, daß sie ihre Rektaszension ungleichmäßig ändert. Warum nimmt man nicht einen Fixstern, dessen Rektaszension die gleiche bleibt, als Grundlage für die Zeitmessung? Das hat man in der Tat auch getan, nur hat man dabei nicht einen Fixstern, sondern einen gedachten Punkt des Fixsternhimmels, den **Frühlingspunkt**, gewählt, der die stets gleichbleibende Rektaszension Null hat. Diese Zeit, die wir jetzt besprechen wollen, nennt man die **Sternzeit (SZ)**.

Der nach Sternzeit gemessene Tag beginnt, wenn der Frühlingpunkt durch den Meridian geht; er endet, wenn der Sternhimmel einen vollen Umlauf vollzogen hat und der Frühlingpunkt wieder im Meridian steht. Hier ergibt sich nun gleich ein tiefgreifender Unterschied gegen den nach Sonnenzeit gemessenen Tag. Nehmen wir an, es ist Frühlingsanfang, die Sonne steht also im Frühlingpunkt und beide, Sonne und Frühlingpunkt, beginnen vom gleichen Augenblick an ihren Umlauf. Während nun im Laufe des Tages die Rektaszension des Frühlingpunktes die gleiche bleibt, ändert sich stetig die der Sonne; sie ist, wenn der Frühlingpunkt am Ende des Tages, also am Anfang des nächsten, den Meridian wieder erreicht hat, um 1° gewachsen. Um diesen Betrag ist jetzt die Sonne hinter dem Frühlingpunkt zurück. Um in den Meridian zu kommen, braucht sie noch 4^m , wie uns ein Blick auf die Sternkarte lehrt. Somit ist der Sonnentag 4 Minuten länger als der Sterntag. Am nächsten Tag ist dasselbe der Fall usw., so daß der Anfang des Sterntages immer mehr gegen den des Sonnentages vorrückt. In 30 Tagen macht das bereits 2 Stunden aus; wenn dann eine nach Sternzeit gehende Uhr also Mittag zeigt, zeigt die nach Sonnenzeit gehende Uhr erst 10^h an. In einem Jahr hat sich das bis zu einem Unterschied von einem Tag gehäuft, so daß nach Sternzeit das Jahr einen Tag mehr zählt als das gewöhnliche Jahr. Wir sehen schon, daß die Sternzeit als Zeitmaß für das bürgerliche Leben nicht geeignet ist, denn die Mittagszeit, der Höchststand der Sonne, würde in Sternzeit durch alle Stunden des Tages laufen. Dennoch hat die Sternzeit eine große Bedeutung für die Astronomen, deshalb wird sie hier erwähnt. Da nämlich die Rektaszension eines Sternes vom Frühlingpunkt aus gezählt wird, gibt sie mir, wenn der Stern kulminiert ohne weiteres an, um wieviel Stunden der Frühlingpunkt früher kulminierte, also die Sternzeit des Augenblicks, und das bleibt alle Tage so. Kurz gesagt

zeigt dem Astronomen die Rektaszension eines Sternes unmittelbar die Sternzeit seiner Kulmination an. Auf allen Sternwarten befinden sich deshalb nach Sternzeit gehende Uhren.

Wir können auf die folgende Weise aus der Sternkarte die Sternzeit für 0^h irgend eines Tages entnehmen. Wir stellen dazu den Teilstrich des betreffenden Tages auf die Ableselinie und lesen die Rektaszension der Sonne ab. Das ist die Rektaszension der wahren Sonne. Da die gleichmäßig ablaufende Sternzeit der gleichmäßig ablaufenden mittleren Zeit entspricht, haben wir aus dem gewonnenen Wert die Rektaszension der mittleren Sonne zu bestimmen. Der Unterschied beider wird uns nach dem oben Gesagten durch die Zeitgleichung gegeben. Wir haben diese zur Rektaszension der wahren Sonne zu addieren und erhalten so die Rektaszension der mittleren Sonne bei ihrer unteren Kulmination und somit die Sternzeit. Zu beachten ist dabei nur noch, daß wir den gefundenen Wert um 12 Stunden verkleinern müssen, da die Sternzeit erst mit der oberen Kulmination, die Sonnenzeit aber schon mit der unteren Kulmination beginnt. Ist der gefundene Wert zu klein, so ist er zuvor um 24 Stunden zu vergrößern. Zwei Beispiele mögen das erläutern.

4. November: Rektaszension der wahren Sonne 14^h 35^m, $ZG1 = +16^m$,

also $SZ \text{ um } 0^h \text{ MZ} = 14^h 35^m + 16^m - 12^h = 2^h 51^m$.

16. Juli: Rektaszension der wahren Sonne 7^h 40^m, $ZG1 = -6^m$,

also $SZ \text{ um } 0^h \text{ MZ} = 7^h 40^m - 6^m + 24^h - 12^h = 19^h 34^m$.

Will man die Sternzeit zu einer anderen Stunde des Tages haben, so hat man die verstrichenen Tagesstunden den obigen Werten zuzuzählen unter Beachtung, daß 6^h Sonnenzeit 6^h 1^m, 12^h Sonnenzeit 12^h 2^m usf. Sternzeit sind, da ja die Sternzeit jeden Tag der Sonnenzeit gegenüber 4^m gewinnt. Also ist es am 4. November um 6^h MZ 8^h 52^m SZ und am 16. Juli um 12^h MZ 31^h 36^m = 7^h 36^m SZ.

3. Die Zonenzeit

Die MZ gibt mir für jede Stunde die Zeit an, die an einem Ort seit der unteren Kulmination der mittleren Sonne, also der Kulmination im Nordmeridian, verstrichen ist. Es ist die mittlere Zeit des Ortes, kurz *O r t s z e i t* genannt. Nun kulminiert aber die Sonne in östlicher gelegenen Orten früher als in westlicher gelegenen. Da die Sonne in 24 Stunden einen Erdumlauf von 360° vollzieht, macht das für 15° Unterschied der geographischen Länge zweier Orte 1 Stunde aus. Zeigt also eine nach Ortszeit gehende Uhr 10^h an, so wird eine nach Ortszeit gehende Uhr an einem um 5° östlicher gelegenen Orte schon 10^h 20^m, an einem um ebensoviel westlicher gelegenen Orte erst 9^h 40^m zeigen. Früher wurde nach Ortszeit gerechnet, aber im Zeitalter des Verkehrs, in dem Eisenbahn, Kraftwagen und Flugzeug schnell eine erhebliche Ortsveränderung gestatten, führte das zu erheblichen Schwierigkeiten. Schon bei einer so kurzen Reise wie von Berlin nach Hamburg macht der Zeitunterschied etwa 14^m aus, um den der Berliner Reisende seine Uhr zurückstellen muß, um sie in Hamburg mit der dortigen Ortszeit in Übereinstimmung zu bringen. Um diese Schwierigkeiten zu beheben, führte man vor einem halben Jahrhundert die sogenannte *Z o n e n z e i t* ein. Man teilte die Erde in Zonen von je 15° geographischer

Länge ein und ließ dann in der Zone (allerdings durch die Landesgrenzen z. T. verschoben) für alle Orte die Zeit des mittleren Meridians der Zone gelten. Man nennt die durch den Nullmeridian, der durch Greenwich geht, festgelegte Zeit die Weltzeit, die durch den 15. östlichen Meridian, der etwa durch Görlitz geht, festgelegte die mitteleuropäische Zeit (MEZ). Diese gilt für Deutschland, sie unterscheidet sich von der Weltzeit um 1 Stunde, um die die Uhren mitteleuropäischer Zeit gegen die der Weltzeit vorgehen. Alle unsere Uhren in Deutschland gehen nach mitteleuropäischer Zeit (MEZ).

Wollen wir jetzt die mittlere Ortszeit *MZ* in die *MEZ* umrechnen, so haben wir zuvor den Längenunterschied des Beobachtungsortes gegen den 15. östlichen Meridian festzustellen. Da der Unterschied der geographischen Länge von 15° einer Stunde entspricht, macht 1° Unterschied 4^m , $0,25^\circ$ Unterschied 1^m Zeitunterschied aus. Wir nennen diesen Zeitunterschied *Zeitdifferenz* (*ZD*) und haben allgemein in Minuten:

$$ZD = \frac{\text{Längenunterschied gegen } 15^\circ \text{ östl. Länge in Grad}}{4}$$

Liegt der Beobachtungsort westlich vom 15. Meridian, so ist die *ZD* positiv; liegt er östlich, so ist sie negativ zu rechnen. Den Längenunterschied entnehmen wir einem Atlas und können dabei auf $0,25^\circ$ abrunden.

Da wir aus der Sternkarte die *WZ* entnehmen, können wir nun die *MZ* ausschalten und erhalten dann folgende Umrechnungsformeln, die wir beim Arbeiten mit der Sternkarte zu verwenden haben.

$$MEZ = WZ - ZG1 + ZD \text{ und}$$

$$WZ = MEZ + ZG1 - ZD$$

Wir setzen in jeder Formel die beiden Korrekturen in Klammern und erhalten dann:

$$MEZ = WZ - (ZG1 - ZD) \dots\dots (1) \text{ und}$$

$$WZ = MEZ + (ZG1 - ZD) \dots\dots (2).$$

Auf der Vorderseite der Grundplatte sind unten links und rechts die beiden Umwandlungsformeln, vorläufig noch unvollständig, angegeben; es fehlt der Wert für *ZD*, der für jeden Längengrad anders ist. Die Formeln sind durch den Wert der *ZD*, der nach der oben gegebenen Formel zu berechnen ist, zu ergänzen. Die Umwandlung ist dann mit Hilfe der aus dem zweiten Ring von außen auf dem Sternträger zu entnehmenden *ZG1* für jeden Tag leicht durchzuführen.

Zusammenfassend sei gesagt:

1. Entnehme ich eine Zeit der Sternkarte, so habe ich sie in *MEZ* umzuwandeln, um die Uhrzeit zu erhalten.
2. Will ich mit einer vorgegebenen Uhrzeit in die Sternkarte hineingehen, so habe ich diese zuvor in *WZ* umzuwandeln.

Ein Beispiel möge das Gesagte erläutern. Der Beobachtungsort sei Erfurt. Aus einem Atlas entnehme ich seine geographische Länge zu 11° östlich, mithin Längenunterschied gegen den 15. Meridian 4° , also $ZD = 16^m$. Da Erfurt westlich des 15. Meridians liegt, ist die *ZD* positiv. Also lauten die beiden für Erfurt geltenden Umwandlungsformeln:

$$MEZ = WZ - (ZG1 - 16^m) \dots\dots (1a) \text{ und}$$

$$WZ = MEZ + (ZG1 - 16^m) \dots\dots (2a).$$

So ergänzt man für Erfurt die Formeln auf der Grundplatte und hat sie dann stets zur Hand.

Lese ich nun für irgendein astronomisches Ereignis (Sonnenaufgang o. ä.) in Erfurt nach evtl. Breitenkorrektur (vgl. Abschnitt IV, 5) aus der Sternkarte

am 2. April die $WZ = 6^h 13^m$

ab, so entnehme ich dem Sternträger zunächst die ZG1. Diese beträgt für den angenommenen Tag -4^m . Somit folgt nach Formel 1a:

$$MEZ = 6^h 13^m - (-4^m - 16^m) = 6^h 13^m + 20^m = 6^h 33^m.$$

Will ich umgekehrt in Erfurt

am 18. Oktober mit der Uhrzeit (MEZ) $19^h 38^m$

in die Sternkarte hineingehen, so habe ich zuvor auf WZ umzurechnen. Die ZG1 dieses Tages beträgt $+15^m$, also erhalte ich nach Formel 2a:

$$WZ = 19^h 38^m + (+15^m - 16^m) = 19^h 38^m - 1^m = 19^h 37^m.$$

Dies ist alles ohne schriftliche Rechnung möglich. Dazu entnimmt man die ZG1, vereinigt sie in der Klammer mit der für den Beobachtungsort immer gleichen ZD und bringt dann die Gesamtkorrektur an der WZ oder MEZ an. Zu achten hat man stets auf die Vorzeichen, und man beachte ferner, daß bei Formel 1a, wenn der Klammerwert negativ ist, sich wegen des Minuszeichens vor der Klammer eine Addition ergibt, wie im ersten Beispiel gezeigt ist.

Will sich der Benutzer die Umrechnungen vereinfachen, so kann er sich leicht eine Tabelle anlegen, aus der er für jeden Tag des Jahres die Korrektur entnehmen kann. Die Anlegung einer solchen Tabelle empfiehlt sich vor allem für die Sonnenuhr, um aus ihren Angaben bequem die MEZ zu erhalten.

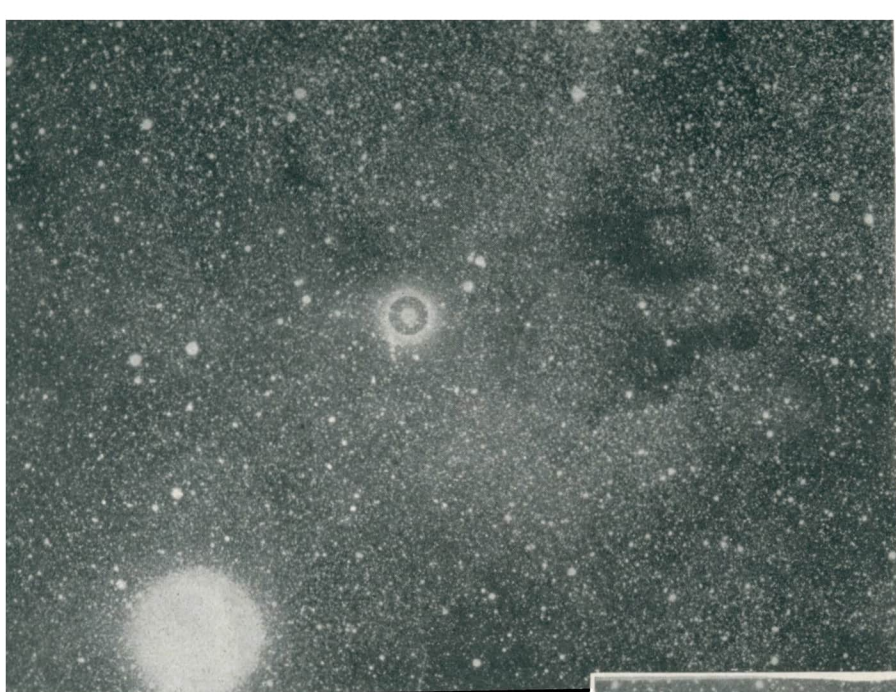
Wir wollen noch auf eine Tatsache eingehen, die sich aus den Zeitformeln ergibt. Sie zeigen, daß das Geschehen am Himmel nicht mehr mit unseren Uhren übereinstimmt. Das tritt besonders kraß in Erscheinung, wenn das Vorzeichen der ZG1 so ist, daß ZG1 und ZD sich verstärken. Für Orte westlich des 15. Meridians gilt das z. B. im Februar. Für den größten Teil dieses Monats beträgt die ZG1 -14^m , also ist etwa für Erfurt die gesamte Zeitkorrektur -30^m , d. h. die Vorgänge am Himmel differieren mit der Uhrzeit um eine halbe Stunde. Um so viel steht die Sonne dort später im Meridian, als die Uhren zeigen. Der Tag wird dadurch unsymmetrisch, es äußert sich dies darin, daß im Februar die Vormittage kurz, die Nachmittage lang sind. Daraus erklärt sich die Tatsache, die wohl jedem schon aufgefallen ist, daß es westlich des 15. Meridians im Februar an den Vormittagen noch lange dunkel ist, während es an den Nachmittagen schon merklich länger hell bleibt. Unsere Formeln setzen uns in den Stand, diesen Unterschied für alle Orte zu ermitteln.



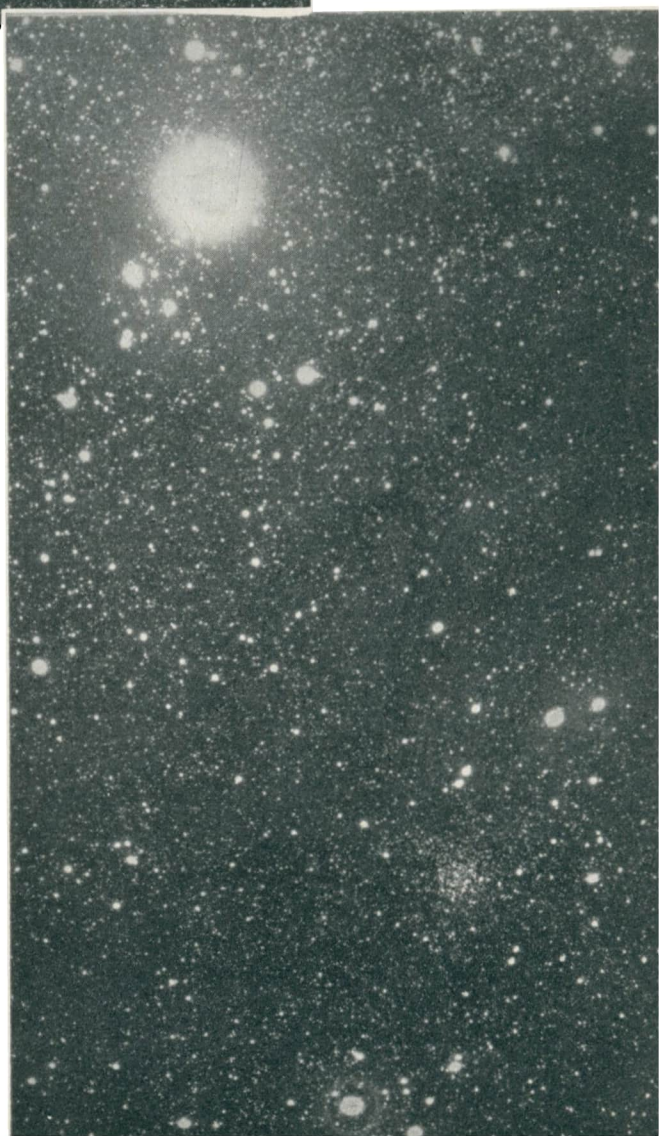
Orionnebel



Andromedanebel



Milchstraße im Adler
(der helle Stern links unten ist Atair,
Mitte rechts „Kohlensäcke“)



Milchstraße in der Cassiopeja

VII. Beobachtungen am Sternhimmel mit optischen Hilfsmitteln

Der Sternfreund wird gern, wenn er sich den Ablauf des Geschehens am Sternhimmel an Hand der Sternkarte und der vorliegenden Schrift klar gemacht hat, nun selbst auch etwas tiefer ins Weltall blicken mögen, als es ihm mit unbewaffnetem Auge möglich ist. Dazu gibt es verschiedene Möglichkeiten.

Beobachter, die über ein Prismenglas von wenigstens 6facher Vergrößerung verfügen, können mit diesem schon die großen Ringgebirge auf dem Mond und die 4 hellen Jupitermonde sehen. Auch ein Blick nach den in der Sternkarte verzeichneten Sternhaufen, vor allen Dingen nach den Plejaden, lohnt. Vor einer Betrachtung der Sonne muß dringend gewarnt werden, schwere Schädigungen des Auges wären die Folge. Man kann die Sonne im Fernglas nur durch dunkle oder berußte Gläser beobachten. In jedem Fall ist es einfacher, mit dem Feldstecher ein Bild der Sonne auf einen weißen Schirm zu projizieren. Man verfährt dann so, daß man sich eine größere Pappe zurechtschneidet und sie mit zwei Löchern für die Augengläser des Feldstechers versieht. Die Pappe steckt man dann auf den Feldstecher. Nun stellt man sich einen weißen Schirm auf, der senkrecht zu den Sonnenstrahlen stehen muß, und hält den Feldstecher in etwa 1 m Abstand mit der Schutzpappe so, daß seine optische Achse die Richtung der Sonnenstrahlen hat. Das eine Glas des Feldstechers verdeckt man dabei mit der Hand. Die Schutzpappe muß so groß sein, daß sie den Projektionsschirm beschattet. Sobald der Feldstecher gerichtet ist, erblickt man auf dem Schirm ein Bild der Sonne, das man durch Drehen des Augenglases scharf stellt. Bei einem Zeissfeldstecher von 6facher Vergrößerung erreicht man Bildschärfe, wenn bei 1 m Schirmabstand das Augenglas auf +1, bei 2 m auf +0,5 eingestellt wird. Das Sonnenbild hat dann bei 1 m Abstand einen Durchmesser von etwa 6 cm. Die Sonne tritt im Projektionsbild um so besser hervor, je sorgfältiger fremdes Licht abgeblendet ist. Hat der Beobachter Glück, so kann er größere Sonnenflecke entdecken und ihre Wanderung über die Sonnenscheibe im Laufe mehrerer Tage verfolgen. Über die Größe beobachteter Sonnenflecke kann er sich ein Bild machen, wenn er bedenkt, daß ein solcher vom Durchmesser der Erde bei 6 cm Durchmesser des Sonnenbildes auf diesem nur etwas über einen halben mm Durchmesser hat.

Wer nicht im Besitz eines Feldstechers ist und größere Kosten scheut, kann sich schon mit einigem Geschick aus einem Brillenglas und einer Lupe ein KEPLERsches (astronomisches) Fernrohr bauen. Zu diesem Zweck kaufen wir uns ein einfaches bikonvexes rundes Brillenglas von 1 oder besser von 0,75 Dioptrien. Das erste hat dann 1 m, das zweite 1,33 m Brennweite. Diese Linse ist unser Objektiv. Als Augenglas oder Okular benutzen wir die Bikonvexlinse einer Lupe oder eines Leseglasses, die etwa 4 cm Durchmesser und 10 cm Brennweite haben soll. Beides, Objektiv wie Lupe, erhält der Bastler bei jedem Optiker. Nun fertigen wir uns ein Papprohr von geeignetem Durchmesser

und ein zweites kürzeres, das in dem ersten gleitet. Das lange Rohr soll etwa 5 cm kürzer sein, als die Brennweite des Objektivs beträgt; das kurze Rohr kann etwa 30 cm lang sein. Die Rohre schwärzt man innen am besten. In das lange Rohr setzen wir am einen Ende das Objektiv fest ein. An der Objektivfassung befestigen wir eine Kartonscheibe mit einem zentrischen Loch von 1 cm Durchmesser und blenden durch diese das Objektiv ab. Hierdurch vermeiden wir die verzerrenden Randstrahlen. Wir haben zwar nun eine Lichteinbuße, aber schärfere Bilder. Die Lichteinbuße wirkt sich außerdem nicht sonderlich aus, da wir helle Objekte, wie den Mond oder die Planeten, betrachten. Nun setzen wir die Lupe in das kürzere Rohr ein, so daß sie um so viel von deren hinterer Öffnung absteht, wie ihre Brennweite beträgt. Jetzt brauchen wir nur noch zwei Blenden, die erste soll ein zentrisches Loch von 3 cm Durchmesser haben, die zweite ein solches von 1 cm. Die erste setzen wir vor die Lupe (also nach dem Objektiv hin), die zweite mit dem Augenloch dahinter, jede um die Brennweite von der Lupe entfernt. Es ist gut, die Blenden verschiebbar zu machen, um sie nach dem Zusammenbau genau einzuregulieren. Die vordere Blende muß so stehen, daß der Rand ihrer Öffnung durch die Lupe scharf begrenzt erscheint. Um die genaue Lage der hinteren Blende, der Augenöffnung, zu erhalten, führen wir das engere Rohr in das weitere ein und richten das Fernrohr mit seinem Objektiv gegen den Himmel. Dann entwirft die Lupe ein kleines kreisrundes Bildchen vom Objektiv, durch das alle austretenden Lichtstrahlen dringen. Wo das Bildchen scharf ist oder ein wenig davor soll die Augenblende stehen. Wenn wir beim Bauen darauf geachtet haben, daß die Mittelpunkte der Linsen und Blenden genau in einer geraden Linie stehen – daß Linsen und Blenden zentriert sind – so ist jetzt unser Fernrohr fertig. Zum Beobachten bringen wir das Auge nahe an die Öffnung der Augenblende. Die Bilder, die wir sehen, sind umgekehrt, das spielt bei astronomischen Beobachtungen keine Rolle. Die Vergrößerung des Instruments errechnen wir, indem wir die Objektivbrennweite durch die Okularbrennweite dividieren. Sie beträgt für die beiden angenommenen Objektivs also 10 bzw. 13. Was eine 10fache Vergrößerung bedeutet, kann man an folgendem ermesen. Der Mond, der einen Winkeldurchmesser von etwa $0,5^\circ$ hat, erscheint uns in der deutlichen Sehweite von 30 cm wie ein Scheibchen von etwa 2,5 mm Durchmesser, bei 10facher Vergrößerung also von 25 mm Durchmesser. Es ist klar, daß man dann schon Einzelheiten erkennen kann. Glaubt der Liebhaberastronom, daß sein Fernrohr eine stärkere Vergrößerung als die angegebene hergibt, so kann er diese durch Einbau einer stärkeren Lupe zu erreichen versuchen. Die oben geschilderte Projektion der Sonne kann auch mit diesem Fernrohr vorgenommen werden. Natürlich kann man ein Fernrohr wie das geschilderte nicht frei halten. Der Bastler wird sich leicht mit Hilfe eines Photostativs mit einem Kugelgelenk eine Aufstellvorrichtung schaffen können, bei der er das Fernrohr allseitig bewegen kann.

Wenn wir bedenken, daß GALILEI und seine Zeitgenossen wichtige astronomische Entdeckungen mit einfachen Fernrohren aus unkorrigierten Linsen, so wie wir sie hier auch benutzen, machten, so sollen wir ruhig wagen, ihnen auf diesem Wege zu folgen, auch wenn wir nicht mehr mit unseren Beobachtungen die Wissenschaft bereichern können.

Ist der Liebhaberastronom bereit, mehr Geld für sein Fernrohr aufzuwenden, so kann er von VEB Optik CARL ZEISS in Jena ein Optiksystm für ein astronomisches Fernrohr

beziehen. Das Objektiv dieses Systems hat 52 mm Durchmesser und 540 mm Brennweite. Beigegeben werden zwei Okulare, die 12- und 22fache Vergrößerungen geben. Da die Linsen korrigiert sind, liefert das aus ihnen hergestellte Fernrohr natürlich bessere und lichtstärkere Bilder als das aus Brillenglas und Lupe. Eine Bauanweisung für Rohr und Stativ wird beigegeben. Man lasse sich den entsprechenden Prospekt schicken. Der Preis für dieses Optiksystm beträgt zur Zeit 78,50 DM. Für etwa 400 DM bekommt man schon einen kleinen Reflektor¹⁾, der bis 81fache Vergrößerung gibt. Für 1500 bis 2000 DM liefert ZEISS einen parallaktisch aufgestellten Refraktor²⁾ von 63 mm Öffnung und 840 cm Brennweite, der bis auf 140fache Vergrößerung geht und durch mannigfache Zusatzapparate ergänzt werden kann, das ideale Instrument für den Liebhaberastronomen zur Himmelsbeobachtung.

Es sei hier noch darauf hingewiesen, daß Besitzer einer Photokamera mit lichtstarkem Objektiv schöne Sternaufnahmen machen können. Hierzu sucht man sich eine vollkommen klare und mondlose Nacht aus und einen Aufnahmeort, an den kein fremdes Licht (Straßenlaterne o. ä.) dringt. Man richtet den Photoapparat, es kann eine Kleinbildkamera sein, auf die gewünschte Stelle des Himmels, öffnet die Blende bis zum größten zulässigen Wert und belichtet 1 bis 2 Stunden. Man findet beim Entwickeln die Kurven der Sternspuren und wird erstaunt sein, welche große Anzahl von Spuren auftreten. Tafel 6 zeigt eine solche Aufnahme. Sie wurde mit einer Leica (Objektiv Elmar 1:3,5) gemacht, wobei das Objektiv genau zum Zenit gerichtet war. Die Belichtungszeit betrug 2 Stunden, die beiden Unterbrechungen der Kurven sind durch zeitweiligen Verschuß des Objektivs zur Herstellung von Zeitmarken entstanden. Der Originalfilm zeigt noch Sterne 7. Größe. In der Mitte des mittleren Spurteils sind durch kleine Kreise einige Sterne markiert, die deutlich das vertraute Bild des Großen Bären mit den Sternen α bis η ergeben. Daß die Gestalt des Sternbildes etwas von der auf dem Sternträger abweicht, liegt an der andersartigen Projektion, die das photographische Objektiv gibt gegenüber der für den Sternträger gewählten. Man kann aus der Breite der Spuren auf die verschiedene Helligkeit der Sterne schließen. Die Spur des Sternes Mizar (ζ) ist besonders stark, da sie mit der des dicht benachbarten Alkor (vgl. Seite 25) zusammenfällt. Daß dieser Begleiter vorhanden ist, erkennt man deutlich bei den Zeitmarken an der kurzen schmalen Verlängerung der Hauptspur. Die Aufnahme stammt aus einer Serie von ähnlichen, die der Sohn des Verfassers herstellte, um aus ihnen die geographische Breite und Länge des Beobachtungsortes zu ermitteln. Benutzer, die die Sternkarte gründlich studiert und sich in die Abschnitte V und VI vertieft haben, können nach einiger Überlegung einen Weg finden, um aus Sternaufnahmen wie der abgebildeten unter Berücksichtigung der Uhrzeit ihre geographische Breite und Länge ohne trigonometrische Rechnung zu ermitteln. Auf Einzelheiten hierüber einzugehen, würde an dieser Stelle zu weit führen.

Photographisch Interessierte seien weiter darauf hingewiesen, daß man auch das Projektionsbild der Sonne, dessen Erzeugung oben geschildert wurde, mit einer lichtstarken Kamera aufnehmen kann. Ferner kann man direkt die Phasen einer Sonnen- und Mondfinsternis photographieren. Blende und Belichtung probiert man vorher aus. Bei

1) Fernrohr, mit einem Hohlspiegel als Objektiv.

2) Fernrohr, mit einer Linse als Objektiv.

der Sonne wird auch bei sehr kurzer Belichtungszeit noch ein starkes Gelbfilter erforderlich sein.

Zum Schluß sei auf die für Himmelsbeobachtungen sehr empfehlenswerte Schrift von RUDOLF BRANDT, Himmelswunder im Feldstecher, 3. Auflage, Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1952, hingewiesen. Sie wird den Liebhaberastronomen bei der Aufsuchung von interessanten Objekten am Himmel und über optische Einzelheiten der Fernrohre gut beraten und zeichnet sich durch reichliche Bildbeigaben aus. Sehr aufschlußreich ist weiterhin der alljährlich erscheinende Kalender für Sternfreunde von P. AHNERT aus dem gleichen Verlag. Bei diesem werden auch jene Sternfreunde auf ihre Rechnung kommen, die gelegentlich die Anwendung von etwas elementarer Mathematik zur Errechnung himmlischer Erscheinungen nicht scheuen.

Und nun Glückauf beim Forschen am Sternhimmel!

VIII. Verzeichnisse und Übersichten

1. Fixsterne

Das nachfolgende Verzeichnis enthält die Sternbilder, die sich auf der Deckscheibe vorfinden, mit ihrem deutschen und dem lateinischen Namen, der allgemein von den Astronomen gebraucht wird, und der bei diesen üblichen Abkürzung für den letzteren. Auf der Deckscheibe finden sich nur die Sternbilder, die durch mindestens zwei Sterne auf dem Sternträger vertreten sind. Folgende Sternbilder, die nur mit einem Stern auf dem Sternträger vorkommen, findet man also nicht auf der Deckscheibe:

Füchsen = Vulpecula = Vul
Haupthaar der Berenice = Coma Berenices = Com
Kranich = Grus = Gru
Luftpumpe = Antlia = Ant
Pferdchen = Equuleus = Equ
Sextant = Sextans = Sex.

Die wichtigsten Sterne der Sternbilder werden seit alters her von den Astronomen mit kleinen griechischen Buchstaben, einige mit lateinischen Buchstaben oder Zahlen bezeichnet. Diese Bezeichnungen werden vor den Genetiv des lateinischen Namens gesetzt, z. B. α Aquilae, wobei Aquilae der Genetiv von Aquila ist, oder abgekürzt α Aql. Eine Anzahl von Sternen haben besondere Namen, die meist aus dem Arabischen stammen. Alle diese Sterne, soweit sie auf dem Sternträger eingezeichnet sind, sind mit Buchstaben oder Zahlenbezeichnung, Helligkeit und Namen in das nachfolgende Verzeichnis aufgenommen worden. Die Helligkeit ist in Größenklassen bis auf Zehntel gegeben.

Ferner enthält das Verzeichnis alle veränderlichen Sterne, die im Sternträger vorhanden und auf der Deckscheibe eingetragen sind. Ihre größte und kleinste Helligkeit ist angegeben, gleichfalls auf Zehntel der Größenklasse.

A d l e r = A q u i l a (A q u i l a e) ¹⁾ = A q l

α 0,9 ^m	Atair
β 3,9	Alschain
γ 2,8	Tarazed
η 3,7; 4,4	— — —

A n d r o m e d a = A n d r o m e d a (A n d r o m e d a e) = A n d

α 2,2	Sirah
β 2,4	Mirach

¹⁾ In der Klammer befindet sich die Genetivform der lateinischen Bezeichnung.

Bär, großer = Υ rsa Maior (Ursae Maioris) = UMa

α	2,0 ^m	Dubhe
β	2,4	Merak
γ	2,5	Plekda
δ	3,4	Megrez
ϵ	1,7	Alioth
ζ	2,2	Mizar
η	1,9	Benetnash
g	4,0	Alkor

Bär, kleiner = Υ rsa Minor (Ursae Minoris) = UMi

α	2,5; 2,7	Polarstern
β	2,2	Kochab
γ	3,1	Pherkad

Becher = Crater (Crateris) = Crt

α	4,2	Alkes
----------	-----	-------

Bildhauer = Sculptor (Sculptoris) = Scl

Bootes = Bootes (Bootis) = Boo

α	0,2	Arkturus
β	3,6	Meres
ϵ	2,6	Izar (Mirac)
η	2,8	Muphrid

Cassiopeja = Cassiopeia (Cassiopeiae) = Cas

α	2,1; 2,6	Schedir
γ	1,6; 2,3	---
δ	3,0; 3,1	---
ρ	4,4; 5,1	---

Centaur = Centaurus (Centauri) = Cen

Cepheus = Cepheus (Cephei) = Cep

α	2,6	Alderamin
β	3,3; 3,4	---
δ	3,7; 4,4	---
μ	4,0; 4,8	Granatstern

Delphin = Delphinus (Delphini) = Del

Drache = Draco (Draconis) = Dra

α	3,6	Thuban
γ	2,4	Etamin

Dreieck = Triangulum (Trianguli) = Tri

Eidechse = Lacerta (Lacertae) = Lac

Einhorn = Monoceros (Monocerotis) = Mon

Eridanus = Eridanus (Eridani) = Eri

Fische = Pisces (Piscium) = Psc

Fisch, südlicher = Piscis Austrinus (Piscis Austrini) = PsA

α 1,3^m Fomalhaut

Fuhrmann = Auriga (Aurigae) = Aur

α 0,2 Capella

β 2,1; 2,2 - - -

ε 3,3; 4,1 - - -

Giraffe = Camelopardalis (Camelopardalis) = Cam

Hase = Lepus (Leporis) = Lep

β 3,0 Nihal

Herkules = Hercules (Herculis) = Her

α 3,1; 3,9 Ras Algethi

β 2,8 Rutilicus

ο 4,1; 4,2 - - -

g 4,4; 5,6 - - -

Hund, großer = Canis Maior (Canis Maioris) = CMa

α -1,6 Sirius

γ 4,1 Muliphein

δ 2,0 Wezen

ζ 3,1 Phurud

29 4,4; 5,6 - - -

Hund, kleiner = Canis Minor (Canis Minoris) = CMi

α 0,5 Prokyon

Jagdhunde = Canes Venatici (Canum Venaticorum) = CVn

Jungfrau = Virgo (Virginis) = Vir

α 1,2 Spica

β 3,8 Alaraph

Kompaß = Pyxis (Pyxididis) = Pyx

Krebs = Cancer (Cancri) = Cnc

δ 4,2 Asellus Austrinus

Krone, nördliche = Corona Borealis (Coronae Borealis) = CrB

α 2,3; 2,4 Gemma

β 3,7 Nusakan

Krone, südliche = Corona Austrina (Coronae Austrinae) = CrA

Leier = Lyra (Lyrae) = Lyr

α	0,1 ^m	Wega
β	3,4; 4,3	Sheliak
γ	3,3	Sulaphat
R	4,0; 4,5	---

Löwe = Leo (Leonis) = Leo

α	1,3	Regulus
β	2,2	Denebola
γ	2,2	Algieba
δ	2,6	Zosma

Löwe, kleiner = Leo Minor (Leonis Minoris) = LMi

Luchs = Lynx (Lyncis) = Lyn

Ofen = Fornax (Fornacis) = For

Orion = Orion (Orionis) = Ori

α	0,1; 1,2	Beteigeuze
β	0,3	Rigel
γ	1,7	Bellatrix
δ	2,5; 2,6	---
π^5	3,6; 3,7	---

Pegasus = Pegasus (Pegasi) = Peg

α	2,6	Markab
β	2,6	Scheat
ϵ	2,5	Enif
η	3,1	Matar

Perseus = Perseus (Persei) = Per

α	1,9	Algenib
β	2,2; 3,5	Algol
ϵ	3,2; 4,2	---

Pfeil = Sagitta (Sagittae) = Sge

Rabe = Corvus (Corvi) = Crv

α	4,2	Alchita
β	2,8	Algorab

Schiff = Puppis (Puppis) = Pup

κ	3,9	Markeb
----------	-----	--------

Schild = Scutum (Scuti) = Sct

R	4,5; 9,0	---
---	----------	-----

Schlange (Haupt) = Serpens (Serpentis) = Ser

Schlange (Schwanz) = Serpens (Serpentis) = Ser

Schlangenträger = Ophiuchus (Ophiuchi) = Oph		
	α 2,1 ^m	Ras Alhague
	δ 3,0	Yed
	κ 4,1; 5,0	---
Schütze = Sagittarius (Sagittarii) = Sgr		
	μ 4,0; 4,2	---
Schwan = Cygnus (Cygni) = Cyg		
	α 1,3	Deneb
	β 3,1	Albireo
	χ 4,2; 14,0	---
Skorpion = Scorpius (Scorpii) = Sco		
	α 1,2	Antares
	λ 1,7	Lefath
	μ^1 3,1; 3,4	---
Steinbock = Capricornus (Capricorni) = Cap		
	γ 3,8	Deneb Algedi
	δ 3,0	Scheddi
Stier = Taurus (Tauri) = Tau		
	α 1,1	Aldebaran
	β 1,8	Nath
	λ 3,8; 4,1	---
Taube = Columba (Columbae) = Col		
	α 2,8	Phakt
Waage = Libra (Librae) = Lib		
	β 2,7	Zuben el genubi
	γ 4,0	Zuben el gubi
Walfisch = Cetus (Ceti) = Cet		
	α 2,8	Menkar
	β 2,2	Deneb Kaitos
	ζ 3,9	Baten Kaitos
	\omicron 2,0; 10,1	Mira
Wassermann = Aquarius (Aquarii) = Aqr		
	α 3,2	Sadalmelek
	β 3,1	Sadalsud
	γ 4,0	Sadalachbia
	δ 3,5	Scheat
	θ 4,3	Ancha
	R 3,5; 10,0	---
Wasserschlange = Hydra (Hydrae) = Hya		
	α 2,2	Alphard

Widder = Aries (Arietis) = Ari

γ 4,1^m Mesarthim

Wolf = Lupus (Lupi) = Lup

Zwillinge = Gemini (Geminorum) = Gem

α	1,6	Castor
β	1,2	Pollux
γ	1,9	Alhena
δ	3,5	Wasat
ε	3,2	Mebstata
ζ	3,7; 4,1	Mekbuda
η	3,2; 4,2	---

2. Sternhaufen

Im Sternträger und in der Deckscheibe sind die folgenden Sternhaufen enthalten. Die hinter dem Sternbild angegebene Bezeichnung bedeutet die Nummer im Neuen General-Katalog (NGC.) von DREYER.

Im Herkules NGC. 6205 und 6341.

Im Großen Hund NGC. 2287.

Im Krebs NGC. 2632, Krippe = Präsepe.

Im Stier Regengestirn = Hyaden.

Siebengestirn = Plejaden. Die hellsten Sterne der Plejaden sind:

Alkyone (3,0^m), Atlas (3,8^m), Celano (5,9^m), Elektra (3,8^m), Maja (4,0^m),

Plejone (5,5^m) und Taygeta (4,4^m).

In den Zwillingen NGC. 2168.

3. Nebel

Im Sternträger und in der Deckscheibe sind die folgenden Nebel enthalten. Bedeutung von NGC. siehe unter 2.

In der Andromeda NGC. 224.

Im Orion NGC. 1976.

4. Planetensystem

Sonne

Winkeldurchmesser	0,5°
Durchmesser	1,39 Millionen km
	109 Erddurchmesser
Masse	332 000 Erdmassen
Helligkeit in Größenklassen	-26,8 ^m

Erde

Mittlere Entfernung von der Sonne (halbe große Bahnachse)	149.5 Millionen km
Äquatordurchmesser	12 760 km
Poldurchmesser	12 710 km
Masse	5973 Trillionen Tonnen
Tropische Umlaufzeit ¹⁾	365,2422 ^{d6)}

Mond

Siderische Umlaufzeit ²⁾	27,32 ^d
Synodische Umlaufzeit ³⁾	29,53 ^d
Mittlere Entfernung von der Erde (halbe große Bahnachse)	384 400 km
	60,3 Erdradien
Exzentrizität ⁴⁾	0,055
Neigung der Bahn ⁵⁾	5,1°
Winkeldurchmesser	0,5°
Durchmesser	3476 km
	0,272 Erddurchmesser
Masse	0,0123 Erdmassen
Helligkeit des Vollmondes in Größenklassen	−12,6 ^m

Große Planeten

Bemerkungen zu den einzelnen Teilen der folgenden Übersicht.

Zu Zeile 1: Siderischer Umlauf ist der zur selben Stelle der Bahn zurück; angegeben in Jahren und Tagen⁶⁾.

Zu Zeile 2: Synodischer Umlauf ist der von oberer zu oberer oder von unterer zu unterer Konjunktion; angegeben in Jahren und Tagen.

Zu Zeile 3: Heliozentrische Bewegung.

Zu Zeile 4: Gleich der halben großen Bahnachse; angegeben in Bruchteilen der großen Erdbahnhalbachse.

Zu Zeile 5: Unter Exzentrizität versteht man das Verhältnis der Entfernung des Brennpunktes der Bahnellipse vom Bahnmittelpunkt zur halben großen Bahnachse.

Zu Zeile 6: Neigung gegen die Ekliptikebene.

Zu Zeile 7: Für das Jahr 1960.

Zu Zeile 8: Für das Jahr 1960.

¹⁾ Tropische Umlaufzeit = Umlauf von Frühlingspunkt zu Frühlingspunkt.

²⁾ Siehe unter Große Planeten, Bemerkung zu Zeile 1.

³⁾ Synodischer Umlauf ist der von Konjunktion zu Konjunktion, also von Neumond zu Neumond.

⁴⁾ Siehe unter Große Planeten, Bemerkung zu Zeile 5.

⁵⁾ Siehe unter Große Planeten, Bemerkung zu Zeile 6.

⁶⁾ Jahr = annus (lateinisch) = ^a; Tag = dies (lateinisch) = ^d.

	Merkur ☿	Venus ♀	Erde ♁	Mars ♂	Jupiter ♃	Saturn ♄	Uranus ♅	Neptun ♆	Pluto ♇
1. Siderische Umlaufzeit	0 ^a 88 ^d	0 ^a 225 ^d	1 ^a 0 ^d	1 ^a 322 ^d	11 ^a 315 ^d	29 ^a 167 ^d	84 ^a 8 ^d	164 ^a 282 ^d	248 ^a 157 ^d
2. Synodische Umlaufzeit	0 ^a 116 ^d	1 ^a 219 ^d	—	2 ^a 49 ^d	1 ^a 34 ^d	1 ^a 13 ^d	1 ^a 4 ^d	1 ^a 2 ^d	1 ^a 1 ^d
3. Mittlere tägliche Bewegung	4,092°	1,602°	0,986°	0,524°	0,083°	0,033°	0,012°	0,006°	0,004°
4. Mittlere Entfernung von der Sonne	0,387	0,723	1,000	1,524	5,203	9,555	19,218	30,110	39,518
5. Exzentrizität	0,206	0,007	0,017	0,093	0,048	0,056	0,046	0,009	0,249
6. Neigung der Bahn	7,0°	3,4°	—	1,9°	1,3°	2,5°	0,8°	1,8°	17,1°
7. Länge des Perihels	76,8°	131,0°	102,3°	335,3°	13,7°	92,3°	172,4°	47,6°	223,2°
8. Länge des aufsteigenden Knotens ♁	47,9°	76,3°	—	49,3°	100,0°	113,3°	73,8°	131,3°	109,6°
9. Durchmesser in km	4800	12 200	12 757	6800	142 700	120 800	49 700	53 000	5000
10. Durchmesser in Erd- durchmessern	0,38	0,96	1,00	0,53	11,18	9,48	3,89	4,16	0,39
11. Masse in Erdmassen	0,055	0,814	1,000	0,107	316,9	94,8	14,5	17,2	1,01
12. Zahl der Monde	—	—	1	2	12	9	5	2	—

u. Ringe

5. Astronomische Zeichen

♌ Konjunktion	● Neumond
♍ Opposition	☾ Erstes Viertel
♎ Aufsteigender Knoten	☽ Vollmond
♏ Absteigender Knoten	☾ Letztes Viertel

Tierkreiszeichen

♈ Widder
♉ Stier
♊ Zwillinge
♋ Krebs
♌ Löwe
♍ Jungfrau
♎ Waage
♏ Skorpion
♐ Schütze
♑ Steinbock
♒ Wassermann
♓ Fische

Himmelskörper

☉ Sonne
☾ Mond
☿ Merkur
♀ Venus
♁ Erde
♂ Mars
♃ Jupiter
♄ Saturn
♅ Uranus
♆ Neptun
♇ Pluto

6. Das kleine griechische Alphabet

α Alpha	η Eta	ν Ny	τ Tau
β Beta	θ Theta	ξ Xi	υ Ypsilon
γ Gamma	ι Jota	ο Omikron	φ Phi
δ Delta	κ Kappa	π Pi	χ Chi
ε Epsilon	λ Lambda	ρ Rho	ψ Psi
ζ Zeta	μ My	σ Sigma	ω Omega

7. Abkürzungen

A. E.	astronomische Einheit
MEZ	mitteleuropäische Zeit
MZ	mittlere Zeit
SZ	Sternzeit
WZ	wahre Zeit
ZD	Zeitdifferenz
ZG1	Zeitgleichung

Register

- Abendweite 23
Abkürzungen 77
Ableselinie 10, 53
ADAMS 20
Adler 26, 31
Äquator 48
Äquinoktium 54
AHNERT 68
Aldebaran 26
Algol 26, 31
Alkor 25, 67
Alphabet, griechisches 77
Andromeda 26, 30
Andromedanebel 26
Aphel 13
Aquariden 30
Arkturus 28
Astraea 21
astronomische Einheit
27, 41
astronomische Zeichen 77
Atair 26
Aufgangszeit 23, 31, 46
Azimut 31, 50
—, Linien von gleichem —
10
Bär, großer 25, 30, 67
—, kleiner 25
BESSEL 26, 27
Beteigeuze 28, 31
BODE-TITIUSsche Reihe
21
Bootes 28
BRANDT 68
Breite, ekliptikale 55
—, geographische 9, 46, 48,
51, 67
—, geozentrische 12, 17, 22,
35, 56
—, heliozentrische 56
Breitenkreis 48
Breitenzahl 14, 17
CAESAR 43
Capella 25
Cassiopeja 26, 31
Cepheus 26
Ceres 21
Circumpolarsterne 38
Dämmerungszonen 10
Datumteilung 11
Deckscheibe 13, 30, 69
Deklination 22, 51
Deklinationsteilung 10, 53
Doppelsterne 13, 30
Eigenbewegung 26
Ekliptik 12, 26, 55
—, Pol der — 55
—, Schiefe der — 55
Ekliptikebene 13
Elongation 37
Erdachse 48
Erde, Bahn 13, 17
—, Ort in der Bahn 14, 17
—, Übersicht 75
Erdmeridian 48
Exzentrizität 13, 75
FABRICIUS 30
Feldstecher 65
Fernrohr, astronomisches 65
—, KEPLERsches 65
Feuerkugel 29
Finsternispunkte 11, 39
Finsternisse 39
Fische 26
Fixsterne 11, 16
—, Entfernung 26
—, Verzeichnis 69
Fixsternhimmel 25, 38
Frühlingsäquinoktium 32
Frühlingspunkt 12, 26, 52,
55, 61
Frühlings-Tag- und Nacht-
gleiche 32, 54
Fuhrmann 25
GALILEI 23, 24, 29, 66
GALLE 20
GAUSS 21
Geminiden 30
Gestirne, wandernde 16,
31, 46
Gnomon 54
Gravitationsgesetz 20, 36
Greenwich, Meridian von
— 48
GREGOR XIII., Papst 44
Größenklassen 11, 31, 69
Grundplatte, Rückseite 13
—, Vorderseite 10
HALLEYscher Komet 22
Helle Nächte 32
HENCKE 21
HENDERSON 27
Herbstäquinoktium 32
Herbst-Tag- und Nacht-
gleiche 32, 54
HERSCHEL 19
Himmelsäquator 10, 51
Himmelsgegenden 10, 49
Himmelskörper, astrono-
mische Zeichen 77
Himmelsphotographie 67
Himmelspol 10, 25, 51
HIPPARCH 12, 35, 57
Höhe 31, 50
Höhe, Linien von gleicher
10
Horizont 10, 49
Horizontebene 49
Hund, großer 28
—, kleiner 28
HUYGENS 29
Hyaden 26
Jahr, tropisches 43, 75
Jungfrau 30
Juno 21
Jupiter 17 ff., 24
—, Bahn 13
—, Monde 24, 65
—, Ort in der Bahn 17, 18
Kastor 25
KEPLER 21, 31, 36, 65

- KEPLERsche Gesetze** 14, 36, 60
KEPLERsches Fernrohr 65
 Knoten 13, 39, 41
 Kohlensäcke 28
 Kometen 21, 31
 Konjunktion 24, 25, 37
 Konstellationen 38
 Koordinaten, astronomische 31
 Koordinatensystem, äquatoriales 50
 —, ekliptikales 54
 —, horizontales 49
 Koordinatensysteme, astronomische 48, 53
KOPERNIKUS 24, 36
 Korrekturen 43
 —, auf MEZ 46, 63
 —, für geographische Breite 46
 —, für Sonnenuhr 64
 —, für wandernde Gestirne 46
 —, Jahreskorrektur 43
 —, Tageskorrektur 43
 Kulminationspunkt 58

 Länge, ekliptikale 13, 56
 —, geographische 9, 46, 48, 62, 67
 —, geozentrische 12, 16 ff., 22, 25, 35, 56
 —, heliozentrische 18, 25, 56
 Längenteilung, ekliptikale 26
 —, geographische 48
LASSWITZ 29
 Leier 26, 30
LEVERRIER 20
 Lichtjahr 26, 27

MARIUS 24
 Mars 17 ff., 28
 —, Bahn 13
 —, Kanäle 28
 —, Ort in der Bahn 17, 18
 —, Schleife 35
 Materie, dunkle 28
 Meridian des Ortes 10, 50, 52
 Merkur 19
 —, Durchgang 42

 Meteor 29, 31
 Meteorströme 30
 Milchstraße 12, 27
 Milchstraßensystem 26
 Mira Ceti 31
 mitteleuropäische Zeit 11, 23, 46, 63
 mittlere Zeit 60
 Mizar 25, 67
Monat 14
 Mond 16, 24, 32, 38, 58, 65
 —, Ermittlung der Länge 16
 —, Mare 24
 —, mittlere Bewegung 16
 —, Phasen 32
 —, Ringgebirge 24, 65
 —, Übersicht 75
 Mondfinsternis 39, 67
 Morgenweite 23

 Nadir 49
 nautisches Dreieck 53
 Nebel 11, 12, 26
 —, Verzeichnis 74
 Neptun 20
 Neue Sterne 31
 Neumond 16, 24, 32
 Neuenus 25
NEWCOMB-ENGELMANN 23
NEWTON 20, 36
NEWTONsches Gravitationsgesetz 20, 36
 Nova 31
 Nullmeridian 48

 Opposition 24, 37
 Optische Hilfsmittel 65
 Orion 25, 28
 Orioniden 30
 Orionnebel 28
 Ortszeit 62

 Pallas 21
 Parallaktische Aufstellung 54
 Parallaxe 27
 Parallelenlineal 15, 17
 Parallelkreise 50
 Parsec 27
 Perihel 13
 Perseiden 30
 Perseus 26

 Phasen des Mondes 32
 —, der Venus 14, 19, 25
PIAZZI 21
 Planeten 13
 —, Bewegungen 34
 —, Entfernung von der Erde 14, 17
 —, Helligkeit 14
 —, Orte in der Bahn 14, 17
 —, Rechtläufigkeit 35
 —, Rückläufigkeit 35
 —, Schleifen 35
 —, Stillstände 35
 —, Übersicht 75
 —, Winkeldurchmesser 14
 Planetensystem, geozentrisches 24, 32
 —, heliozentrisches 24, 32
 —, Übersicht 74
 Planetentafel 13
 Planetoiden 21
 Platonisches Jahr 57
 Plejaden 26, 65
 Pluto 20
 Pol der Ekliptik 55
 Polarstern 25, 57
 Polhöhe 51
 Pollux 25
 Präzession 12, 25, 54, 56
 Prismenglas 65
 Prokyon 28
PTOLEMÄUS 35

 Quadrantiden 30

 Rechtläufigkeit 35
 Reflektor 67
 Refraktor 67
 Reiterchen 25
 Rektaszension 22, 52, 61
 Rektaszensionsteilung 11, 26, 52
 Rigel 28
 Rückläufigkeit 35

 Saroszyklus 40
 Saturn 17 ff., 29
 —, Bahn 13
 —, Ort in der Bahn 17, 18
 —, Ringe 29
 Schaltjahr 11, 44, 46
 Schaltordnung, Gregorianische 44
 —, Julianische 43

SCHIAPARELLI 28, 29
Schiefe der Ekliptik 55
Schlange 30
Schlangenträger 31
Schwan 26
SCHWARZSCHILD 29
Sirius 28
Solstitium 32, 54
Sommersolstitium 32
Sommersonnenwende 32
Sonne 16, 23, 32, 58, 65, 67
—, Beobachtung 65
—, Ermittlung der Länge 16
—, mittlere 60
—, Übersicht 74
Sonnenferne 13
Sonnenfinsternis 39, 67
Sonnenflecke 23, 65
Sonnennähe 13
Sonnenuhr 58, 64
Sonnenzeit 58
Spica 30
Spiralnebel 28
Sternbedeckungen 40
Sternbilder 13
Sternhaufen 11, 12
—, Verzeichnis 74
Sternscheibchen 11
Sternschnuppe 29
Sternträger 11, 16, 69
Sternweite 27
Sternzeit 61

Stier 26
Stillstand 35
Störungen 20
Strahlenbrechung,
atmosphärische 10
STRUVE 26, 27
Stundenkreis 51
Stundenteilung 10
Stundenwinkel 52, 59
Täfelchen 14, 19
Tageszeit 59
Tierkreislinie 12
Tierkreissternbilder 12
Tierkreiszeichen 12, 77
TOMBAUCH 20
TYCHO BRAHE 31, 36
Übersichten 69
Uhrzeit 23, 46, 63
Umlaufzeit,
siderische 38, 75
—, synodische 38, 75
—, tropische 43, 75
Untergangszeit 23, 31, 46
Uranus 19
Venus 17 ff., 24, 48
—, Bahn 13
—, Durchgang 41
—, Ort in der Bahn 17, 18
—, Phasen 14, 19, 25
Venusscheibe 15, 17
Veränderliche Sterne 13, 30

Vertikalkreis 50
Verzeichnisse 69
Vesta 21
Vollmond 24, 32
Waagepunkt 55
Wagen, großer 25
wahre Zeit 23, 59, 63
Wega 26, 27
Weltachse 51
Weltbild, geozentrisches 35
—, heliozentrisches 36
Weltzeit 63
Wintersolstitium 32
Wintersonnenwende 32
Zeiger 15, 17, 18
ZEISS 66
Zeit 58
—, mitteleuropäische 11,
23, 46, 63
—, mittlere 60
—, Ortszeit 62
—, Sternzeit 61
—, Uhrzeit 23, 46, 63
—, wahre 23, 59, 63
—, Zonenzeit 62
Zeitdifferenz 63
Zeitgleichung 11, 60, 62, 63
Zeitumrechnung 10, 23, 63
Zenit 10, 49
Zonenzeit 62
Zwillinge 25

