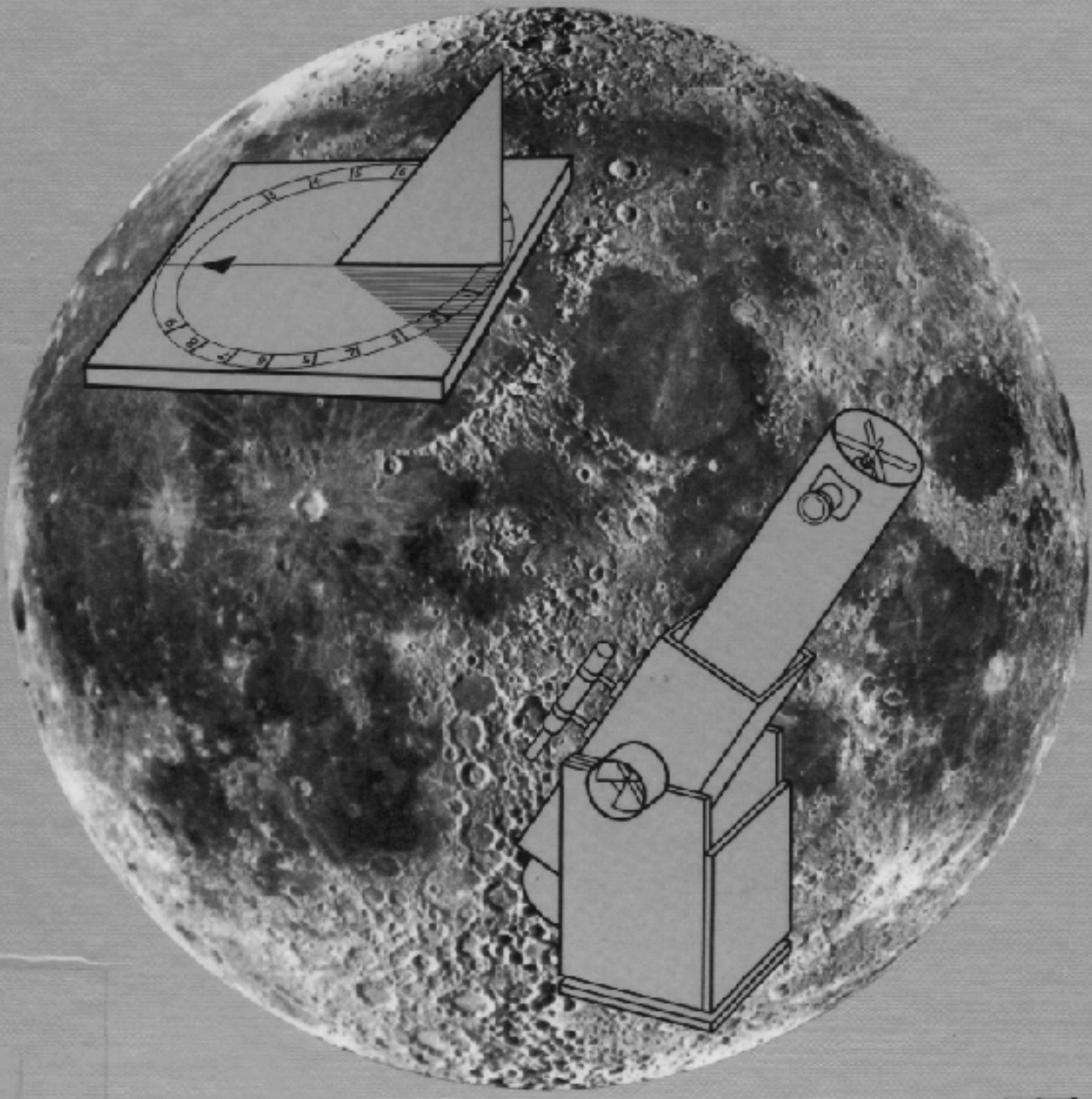
Percy Seymour

Astronomie ganz einfach

Bauen und Beobachten – Von der Sonnenuhr zum Spiegelfernrohr



KOSMOS FRANCKH

Percy Seymour

Astronomie ganz einfach

Bauen und Beobachten -Von der Sonnenuhr zum Spiegelfernrohr

Kosmos
Gesellschaft der Naturfreunde
Franckh'sche Verlagshandlung
Stuttgart

Inhalt

Astronomie - die älteste Wissenschaft	5
Einleitende Hinweise	9
Projekt 1: Sonnenstand und Schattenwurf	10
Projekt 2: Die Länge des kürzesten Schattenwurfes im Verlauf eines Jahres	12
Projekt 3: Die geographische Breite näher betrachtet	14
Projekt 4: Sonnenuhren	16
Projekt 5: Orientierung nach dem Sonnenstand	19
Projekt 6: Wie bewegen sich die Sterne über den Himmel?	20
Projekt 7: Die zirkumpolaren Sternbilder der nördlichen Hemisphäre	23
Projekt 8: Eine Sternuhr	26
Projekt 9: Die Sternbilder der verschiedenen Jahreszeiten	28
Projekt 10: Eine einfache drehbare Sternkarte	30
Projekt 11: Bewegung und Phasen des Mondes	32
Projekt 12: Die Bewegung der Planeten	34
Projekt 13: Einführung in die Optik der Linsen und Teleskope	36
Projekt 14: Bau eines einfachen astronomischen Fernrohrs	39
Projekt 15: Der Einsatz des Fernrohrs bei der Sonnen-beobachtung	41
Projekt 16: Die Beobachtung des Mondes	44
Projekt 17: Beobachtungen mit dem Fernglas	46
Projekt 18: Der Hohlspiegel	48
Projekt 19: Bau eines Dobson-Teleskops	49
Projekt 20: Der Einsatz des Dobson-Teleskops	55
Projekt 21: Astrofotografie	57
Projekt 22: Ein Modell des Erde-Mond-Sonne-Systems	64
Anhang 1: Glossar	68
Anhang 2: Bezugsquellen	69
Anhang 3: Nützliche Anschriften	69
Anhang 4: Bücher und Zeitschriften	70
Anhang 5: Die Bewegung der Planeten	71
Register	73

Astronomie - die älteste Wissenschaft

Lange bevor irgendeine andere Naturwissenschaft wie Physik, Chemie oder Medizin betrieben wurde, in vorgeschichtlicher Zeit, studierte man den Sternenhimmel. Warum waren die Menschen so sehr an der Beobachtung der Sterne interessiert, wenn es doch viel dringlichere Dinge hier auf der Erde zu tun gab? Sicher war es doch wichtiger, nicht zu frieren, ausreichend ernährt und vor wilden Tieren geschützt zu sein. In jenen längst vergangenen Tagen lebten die Menschen von der Jagd und von Pflanzen. Man wußte, daß diese „lebendige Nahrung" nicht zu jeder Zeit zur Verfügung stand; unsere Vorfahren hatten indessen keinen Kalender, so wie wir ihn heutzutage kennen, mit dem sie ihre Jagd- und Sammeltätigkeit nach den Zeiten organisieren konnten, zu denen es bestimmte Tiere und Pflanzen gab. Sie erkannten jedoch schon bald, daß sich der Nachthimmel im Wechsel der Jahreszeiten beständig veränderte.

Die vorgeschichtlichen Jäger und Sammler müssen zum Beispiel bemerkt haben, daß zu der Zeit, in der gewisse Sterngruppen unmittelbar nach Sonnenuntergang am Osthorizont zu sehen waren, immer bestimmte Beeren zum Essen reif waren. Sie dürften ebenso festgestellt haben, daß einige Vögel und andere Tiere für eine Weile aus der Gegend verschwanden, um erst dann wieder zu erscheinen, wenn andere Sterngruppen sich nach Sonnenuntergang im Osten zeigten. Auf diese Weise entwickelten sie die Fähigkeit, den Himmel als Kalender zu benutzen; und als sich schließlich diese urzeitlichen Menschen als Bauern niederließen, gebrauchten sie den Himmelskalender als Entscheidungshilfe, wann die Saat auszubringen war und um sich auf die kommenden Jahreszeiten einzustellen. Dieser Kalender gilt für uns noch heute, die Sterngruppen verändern ihre Sichtbarkeitszeiten das ganze Jahr hindurch langsam von Nacht zu Nacht, wie sie es schon jahrtausendelang getan haben.

Am Stand der Sonne lasen die antiken Astronomen die Zeit während des Tages ab, die Sterne nahmen sie zur Zeitbestimmung während der Nacht. An ihren Tempeln und Pyramiden ist zu erkennen, daß sie sich nach dem Stand von Sonne und Sternen orientieren konnten. Die Erstellung des Kalenders, die Angabe der Tageszeit und die Orientierung waren vorrangige Aufgaben der frühen Astronomen. Zu unserem Wissen über Erde, Fixsterne und Planeten haben diese früher Himmelsbeobachter sehr viel beigetragen.

Alle diese frühen Beobachtungen wurden mit bloßem Auge gemacht. Ohne technische Instrumente jedoch konnten kaum Informationen über die Entfernung von Sonne, Mond und Sternen gewonnen werden, und so gab es über die Anordnung dieser Körper im Raum viele verschiedene Vorstellungen. Eine von ihnen war, daß alle Sterne an der Innenseite einer großen Kugel angebracht sind, in deren Mittelpunkt sich unsere Erde befindet. Die vorgeschichtlichen Astronomen entdeckten aber auch einige merkwürdige Gestirne, die zwischen den anderen Sternen umherwanderten. Diese „Wanderer" nennen wir heute Planeten, nach dem griechischen Wort für „umherirren". Man dachte, daß jeder der fünf Planeten, die mit freiem Auge zu sehen sind, an einer eigenen durchsichtigen Sphäre befestigt ist. Man stellte sich also das Weltall als eine Folge von durchsichtigen Kugeln vor, wobei die Erde im Zentrum steht, jede weitere Kugel mit jeweils einem Gestirn besetzt ist und die äußerste Sphäre schließlich die sogenannten „Fixsterne" -das heißt jene Gestirne, die sich gegeneinander nicht zu bewegen scheinen - trägt. Dieses Weltbild wurde über Jahrhunderte hinweg als zutreffend angesehen; es lieferte immerhin ein brauchbares Modell, mit dem vielerlei Entdek-kungen gemacht werden konnten.

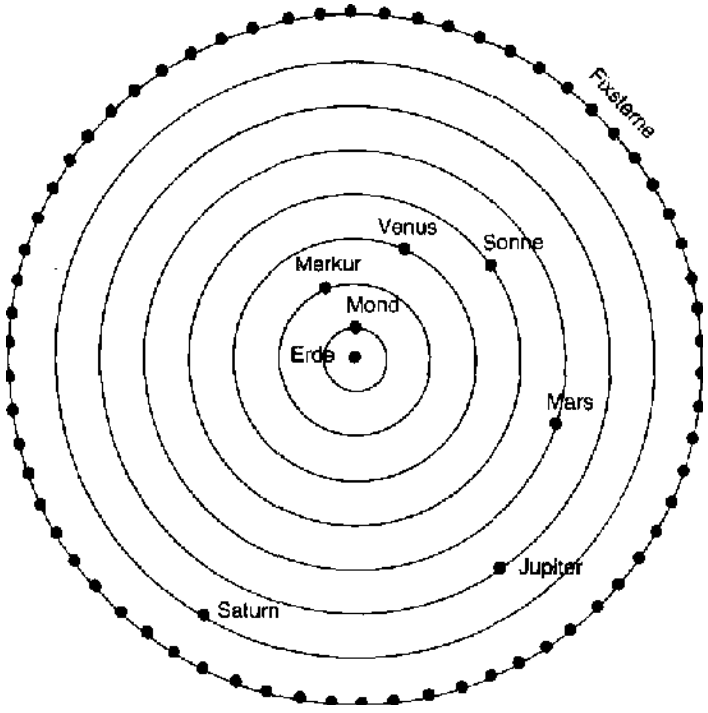


Abb. 1 EinealteVorstellungvomAufbaudesUniversums

Abb. 2 Nikolaus Kopernikus (1473-1543) gilt als der Begründer des modernen Weltbilds

Das Werk von Männern wie Kopernikus, Brahe, Galilei und Newton und die Erfindung des Fernrohrs führten zu unserem modernen Bild vom Sonnensystem. Dieses Sonnensystem ist ganz einfach eine kleine Gruppe von Himmelskörpern einschließlich der Erde, die ein Zentralgestirn, unsere Sonne, umkreisen. Wir kennen heute neun größere Planeten, die sich nicht auf exakten Kreisen, sondern auf sogenannten Ellipsen um die Sonne bewegen. Einige dieser Planeten zeigen Phasen wie unser Erdmond, und mehrere andere Planeten haben ebenfalls Monde. Des weiteren kreisen um unsere Sonne eine große Anzahl wesentlich kleinerer Planeten, die sogenannten Asteroiden, sowie Schwärme von festen Partikeln und Gesteinsmaterial, die Meteoritenströme; dazu kommen noch gewaltige „Schneebälle" mit langen Gasschweifen, die als Kometen bekannt sind.

Unsere Sonne ist ein ganz normaler Stern wie zahllose andere Sterne auch, doch ist sie der Erde so nahe, daß sie nicht als kleiner Lichtpunkt, sondern als heißer Feuerball am Himmel steht. Die meisten Fixsterne sind sehr große, heiße Gaskugeln, von denen viele bedeutend größer sind als unsere Sonne. Die einen stehen für sich, andere bilden Gruppen von zwei oder mehr Sternen, und wieder andere sind Bestandteil gewaltiger Sternhaufen. Die Entfernungen zu den Sternen sind so groß, daß sie in Lichtjahren gemessen werden; Ein Lichtjahr stellt die Strecke dar, die ein Lichtstrahl in einem Jahr zurücklegt - das sind knapp 10 Millionen Millionen (9,4605 Billionen) Kilometer.

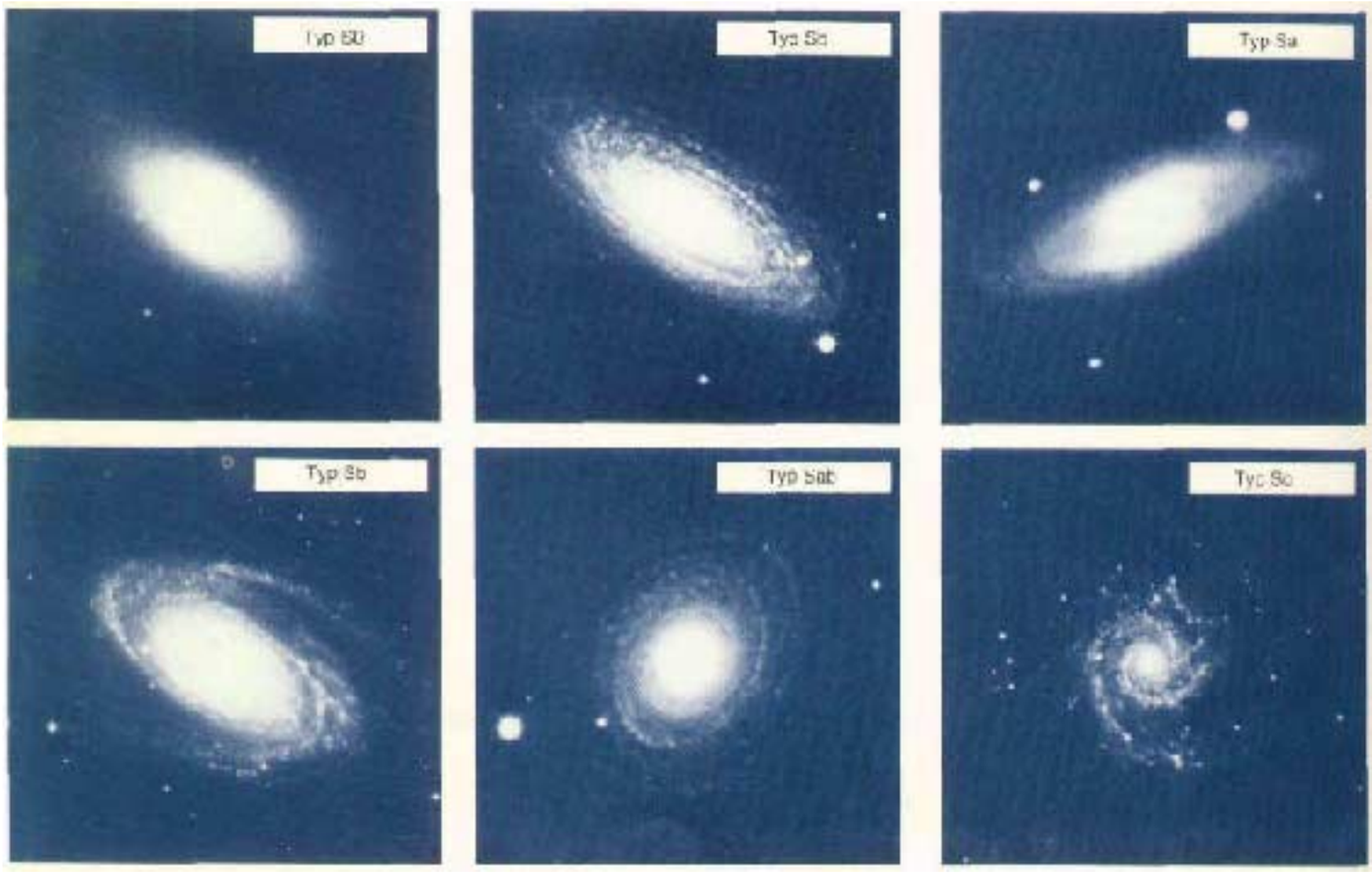


Abb. 4 Verschiedene Typen von Galaxien. a. Normale Spiralgalaxien

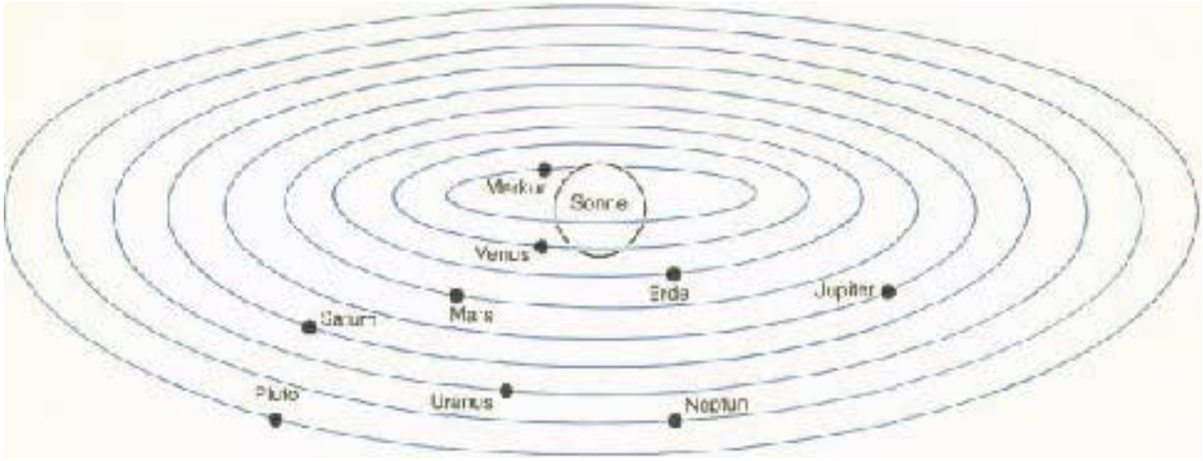
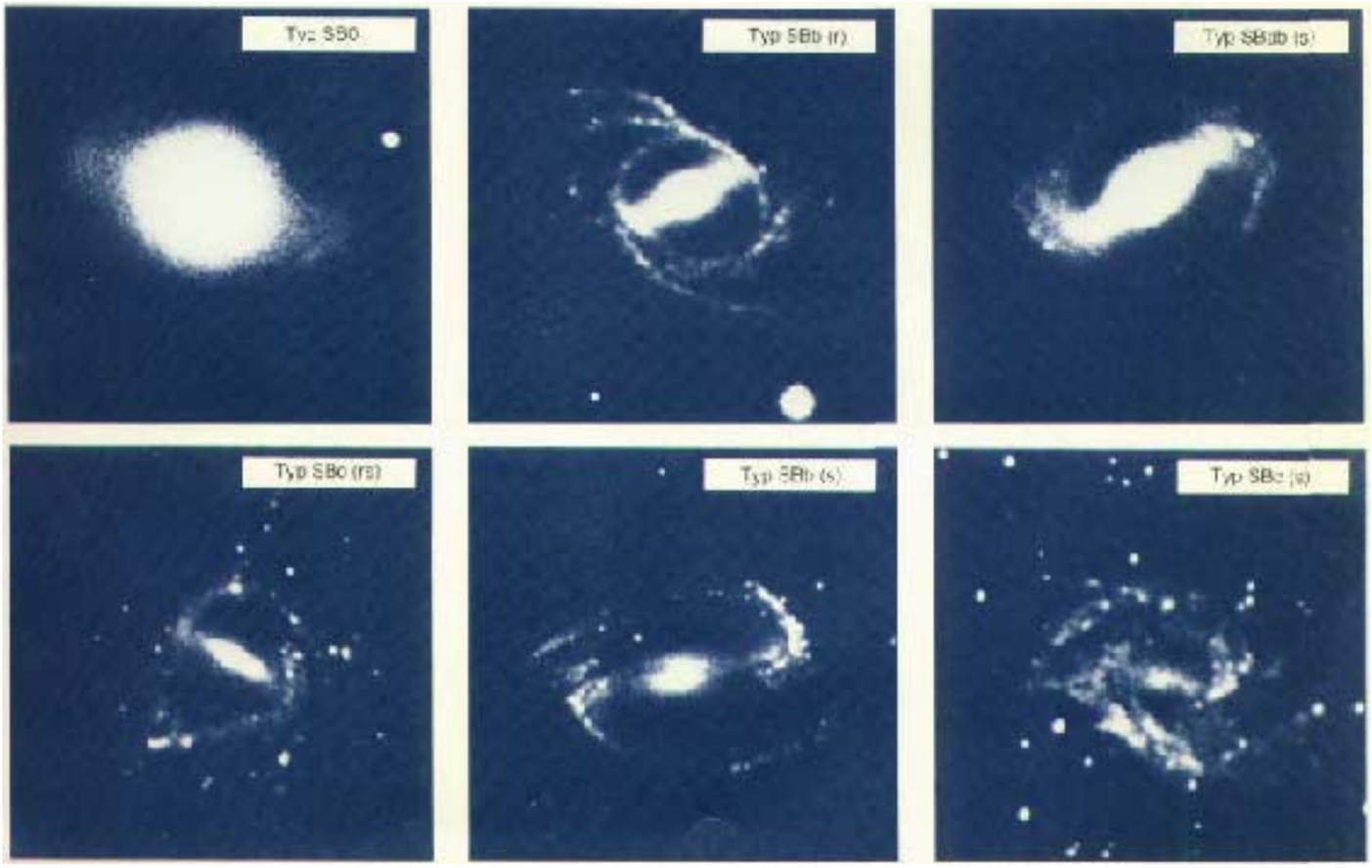


Abb. 3 Unsere heutige Vorstellung vom Aufbau des Sonnensystems

Blickt man in einer klaren Nacht fernab von den störenden Lichtern einer Stadt nach oben, sieht man ein etwas verschwommenes, sich über den ganzen Himmel erstreckendes, prachtvoll leuchtendes Band: die Milchstraße. Langjährige Beobachtungen mit Teleskopen ergaben, daß sie aus etwa 100 Milliarden einzelnen Sternen besteht. Einige dieser Sterne können innerhalb ausgedehnter Gaswolken gefunden werden, doch gibt es auch Gas- und Staubwolken zwischen den Sternen. Unsere Milchstraße gleicht einer Stadt mit einem „Zentrum", dem galaktischen Zentrum, und spiralig gewundenen „Straßen", die vom Zentrum wegführen. Unsere Sonne ist eine der vielen Sterne an einer solchen Straße, ungefähr bei zwei Drittel des Weges vom Zentrum in Richtung „Stadtrand". Vor allem in den ersten Jahrzehnten unseres Jahrhunderts entdeckte man neben unserer Milchstraße noch viele



b. Balkenspiralen

andere Galaxien. Milchstraßensysteme oder Galaxien besitzen die verschiedensten Formen und Größen, und sie sind größtenteils in Haufen gruppiert. Die Entfernungen zwischen den Galaxien innerhalb eines Haufens sind ungeheuer groß; sie betragen annähernd das Zehnfache eines Galaxiendurchmessers, d. h. ungefähr 7 Billionen (7×10^{18}) Kilometer, doch sind sie immer noch gering im Vergleich mit den Distanzen zwischen den Galaxienhaufen. So kann das Universum als eine Ansammlung einer gewaltigen Zahl von Galaxienhaufen angesehen werden, wobei jeder Haufen zwischen 20 und 100 Galaxien und jede Galaxie wiederum eine unübersehbare Zahl von Sternen enthält. Innerhalb unserer Milchstraße sind wir besonders mit einem Stern vertraut, der ein Planetensystem besitzt (also unsere Sonne). Wir wissen auch eine ganze Menge über unseren eigenen Planeten, und wir sind im Begriff, die anderen Planeten im Sonnensystem mit Hilfe von Raumsonden genauer kennenzulernen.

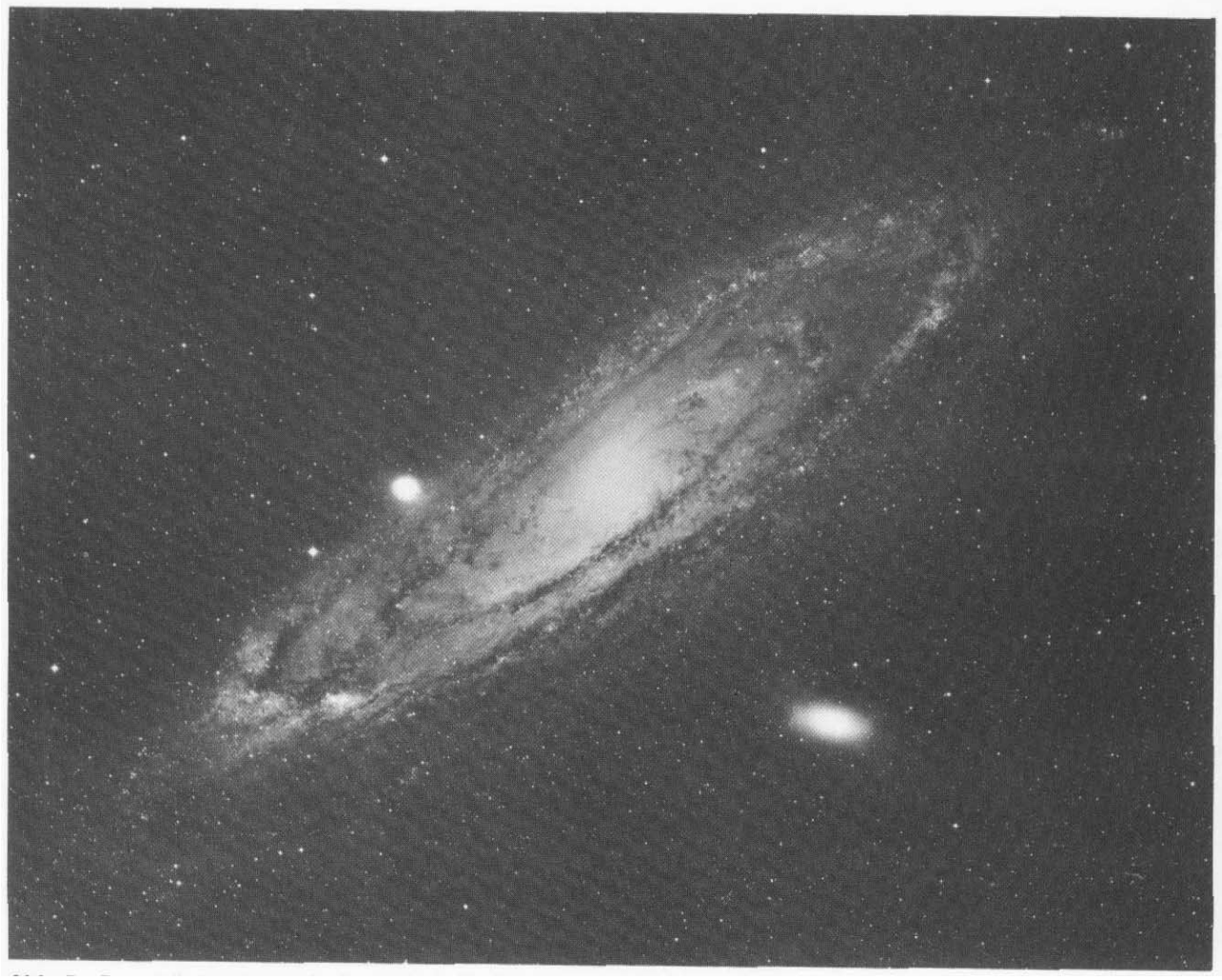


Abb. 5 Der Andromedanebel, eine Galaxie ähnlich unserem Milchstraßensystem

Einleitende Hinweise

Die Projekte in diesem Buch sind bewußt in einer bestimmten Reihenfolge angeordnet, aber es ist nicht unbedingt notwendig, sich an diese Reihenfolge zu halten. Man nehme ruhig die Aufgaben in Angriff, die besonders interessieren. Einige spätere Projekte hängen von Informationen oder Ausrüstungsteilen ab, die schon weiter vorne angesprochen wurden. In diesem Fall müßte man dort nachschlagen. Etliche Informationen sind auch auf anderem Weg zu erhalten. So ist beispielsweise die geographische Breite des Beobachtungsorts einem Atlas oder einer Landkarte zu entnehmen. Eine Vorstellung von den Himmelsrichtungen erhält man durch den Umgang mit einem Kompaß.

Es tauchen einige technische Fachausdrücke auf, die größtenteils im Lauf des Texts erklärt werden. Am Ende des Buches steht aber auch noch eine kurze Liste von Begriffserklärungen, auf die, wenn nötig, zurückgegriffen werden kann (Anhang 1).

Die meisten Baumaterialien können preiswert in Eisenwarengeschäften, in Schreibwarenhandlungen und Heimwerkerläden erworben werden, doch für Fernrohre und Feld-Stecher benötigt man Fachgeschäfte. Ein kurzes Verzeichnis entsprechender Firmen ist im Anhang 2 zu finden. Das Hobby Astronomie kann sehr viel Freude machen, doch noch mehr Vergnügen macht es, wenn man sich einer örtlichen Gruppe von Amateurastronomen anschließt- dort läßt sich eine ganze Menge lernen. Anhang 3 enthält nähere Angaben über astronomische Vereinigungen, die in der Lage sind, die Anschrift der in der Umgebung tätigen Gruppe mitzuteilen.

Vielleicht hat die Arbeit mit diesem Buch den Effekt, daß ein bestimmter Bereich der Astronomie besonders interessiert: Anhang 4 informiert über Bücher, die dabei behilflich sein können.

Nur wenige Schriften geben Hilfestellung dabei, auf dem Weg des Selbstbaus der Ausrüstung und der eigenen Beobachtung sich in die Astronomie einzuarbeiten. Daher ist zu hoffen, daß dieses Buch viele Anregungen für interessante astronomische Tätigkeiten enthält. Zu erinnern ist hier an eine aufregende Tatsache: Obwohl Berufsastronomen komplizierte Instrumente und eine große Vielfalt spezieller Teleskope einsetzen, kann der Amateur mit einfachen Instrumenten immer noch wichtige Beiträge liefern. Novae und Supernovae etwa sind besondere Sterne, die unvermittelt - innerhalb weniger Tage - ihre Helligkeit gewaltig steigern, und einige dieser Erscheinungen wurden zuerst von Amateuren beobachtet. Auch zahlreiche Kometen wurden von Amateurastronomen entdeckt. Deshalb kann man mit den einfachen Methoden, die in diesem Buch beschrieben werden, nicht nur eine ganze Menge über Astronomie lernen, sondern sich unter Umständen auch auf den Weg zu einer bedeutenden astronomischen Entdek-kung machen.

Viele glückliche Stunden mit Basteln, Bauen und Beobachten, und viel Glück für die eigene Entdeckung!

Projekt 1 Sonnenstand und Schattenwurf

Jahrhundertelang verwendeten die Menschen den vom Sonnenlicht verursachten Schatten, um die Zeit anzugeben. Einige verwendeten Sonnenuhren, andere konnten die Zeit mit der Länge ihres eigenen Schattens bestimmen. Bei dieser Aufgabe werden wir sehen, wie sich im Laufe des Tages Richtung und Länge des Schattens eines senkrecht stehenden Stabes verändern.

Was wird gebraucht?

Eine ebene Fläche an einer sonnigen Stelle im Freien (vorzugsweise gepflastert oder betoniert), auf der ein Quadrat mit 2 m Seitenlänge markiert werden kann, Ist dies nicht verfügbar, nehme man eine quadratische Sperrholzplatte (5 mm stark) mit 2 m Kantenlänge. Dazu brauchen wir einen dünnen, geraden, ca. 50 cm langen Holzstab; einen kleinen Blumentopf, mit Erde gefüllt; Lot, Wasserwaage, Maßband, Millimeterpapier, Uhr, Winkelmesser, Kreide oder Bleistift, ein Stück Bindfaden.

Was ist zu tun?

Erster Schritt: Wie verändert sich die Schattenlänge im Lauf eines Tages?

1 Man mißt den Radius des Blumentopfbodens und notiert den Wert.
2 Die waagrechte Lage der Projektionsfläche wird mit Hilfe einer Wasserwaage geprüft. Wenn sie nicht gewährleistet ist, benutzt man die Sperrholzplatte, die mit Holzstückchen o. ä. waagrecht ausgerichtet wird.
3 Der Stab wird in die Mitte des Blumentopfs gesteckt und mit dem Lot genau senkrecht ausgerichtet (Abb. 1.1).

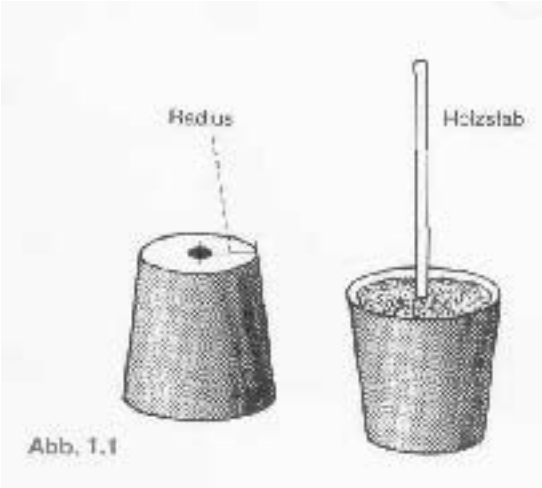
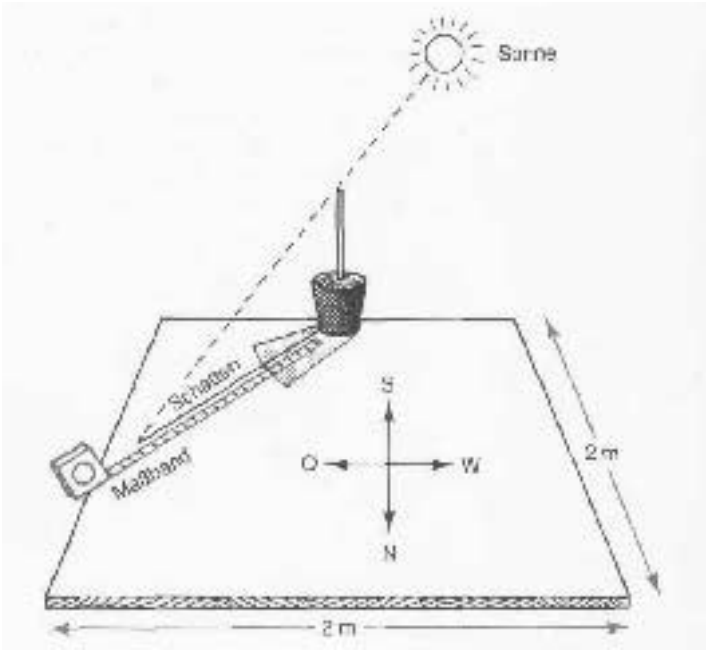


Abb. 1.1

4 Wir wissen, wo ungefähr die Sonne auf- und untergeht; auch ein Blick auf eine Landkarte der Umgebung dürfte eine grobe Vorstellung der Ost-West- und Nord-Süd-Richtung vermitteln können. Man markiert ein Quadrat mit 2 m Seitenlänge auf der ebenen Fläche oder richtet die Sperrholzplatte so aus, daß die Kanten annähernd in Nord-Süd- bzw. Ost-West-Richtung verlaufen. Die



Fläche muß dabei waagrecht bleiben. Dann stellt man den Blumentopf auf die Mitte der Südkante der Projektionsfläche (Abb. 1.2).

Abb. 1.2

5 Wir beginnen gegen 9 Uhr mit der Messung der Schattenlänge in stündlichen Intervallen. Unsere Zeit ist die Mitteleuropäische Zeit (MEZ); nicht vergessen, eine Stunde abzuziehen, wenn Sommerzeit gilt (MESZ)! Wir messen die Schattenlänge ab dem Boden des Blumentopfs (Abb. 1.2) und addieren jedesmal den Radius des Blumentopfbodens zu dem Meßwert.
6 Die Ergebnisse tragen wir auf Millimeterpapier ein (1 mm entspricht 1 cm Schattenlänge; Abb. 1.3). Aus der Zeichnung wird man entnehmen können, daß die Schattenlänge zunächst bis gegen 12 Uhr Mittag abnimmt und während des Nachmittags wieder wächst.

Zweiter Schritt: Jetzt läßt sich die Nord-Süd-Linie exakt festlegen.

7 Wir halten den Blumentopf fest und ziehen auf der Projektionsfläche einen Kreis um seinen Boden. Dann nehmen wir den Blumentopf weg und markieren den Mittelpunkt des Kreises. Diesen Punkt bezeichnen wir mit C. Dann kommt der Blumentopf wieder an seinen Platz.

8 Gegen11 Uhr messen wir den Schatten des Stabes und markieren sein Ende auf der Projektionsfläche. Diesen Punkt bezeichnen wir mit A (siehe Abb. 1.4a}.

9 Wir nehmen den Blumentopf weg und binden ein Stück Kreide oder einen Bleistift an das Ende eines Bindfadens. Der Faden wird am Mittelpunkt des Blumentopfkreises festgehalten und ein Halbkreis auf der Projektionsfläche gezogen, wobei der Faden straff gespannt bleiben soll (Abb. 1.4b). Blumentopf wieder zurückstellen.

10 Es ist festzustellen, daß der Schatten zu Mittag hin immer kürzer wird und dann wieder länger. Beobachten wir den Schatten, bis er mit seinem Ende den Halbkreis, den wir vorhin gezogen haben, berührt. Markieren wir diesen Punkt und bezeichnen ihn mit B.

11 Wenn wir jetzt den Winkel ACB halbieren und seine Mittelachse mit einer Linie markieren, wird die Linie genau in Nord-Süd-Richtung verlaufen.

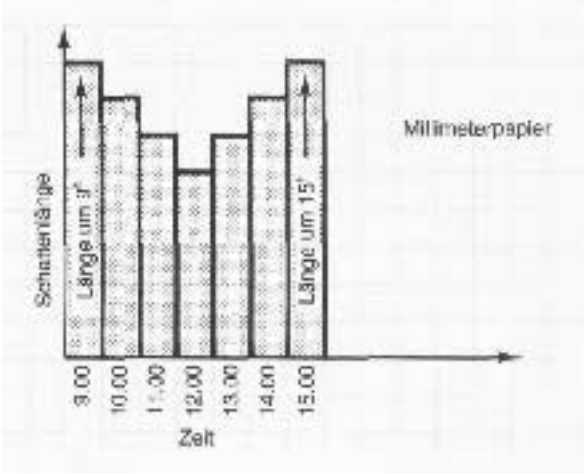


Abb. 1.3

12 Wenn man den Schattenverlauf an anderen Tagen beobachtet, wird man bemerken, daß er immer dann am kürzesten ist, wenn er diese Nord-Süd-Linie überquert. Der kürzeste Schatten wird aber nicht notwendig immer genau zu Mittag erreicht. Warum wohl?

Es wäre gut, diese Nord-Süd-Linie dauerhaft zu markieren, denn wir werden sie noch für einige Aufgaben brauchen.

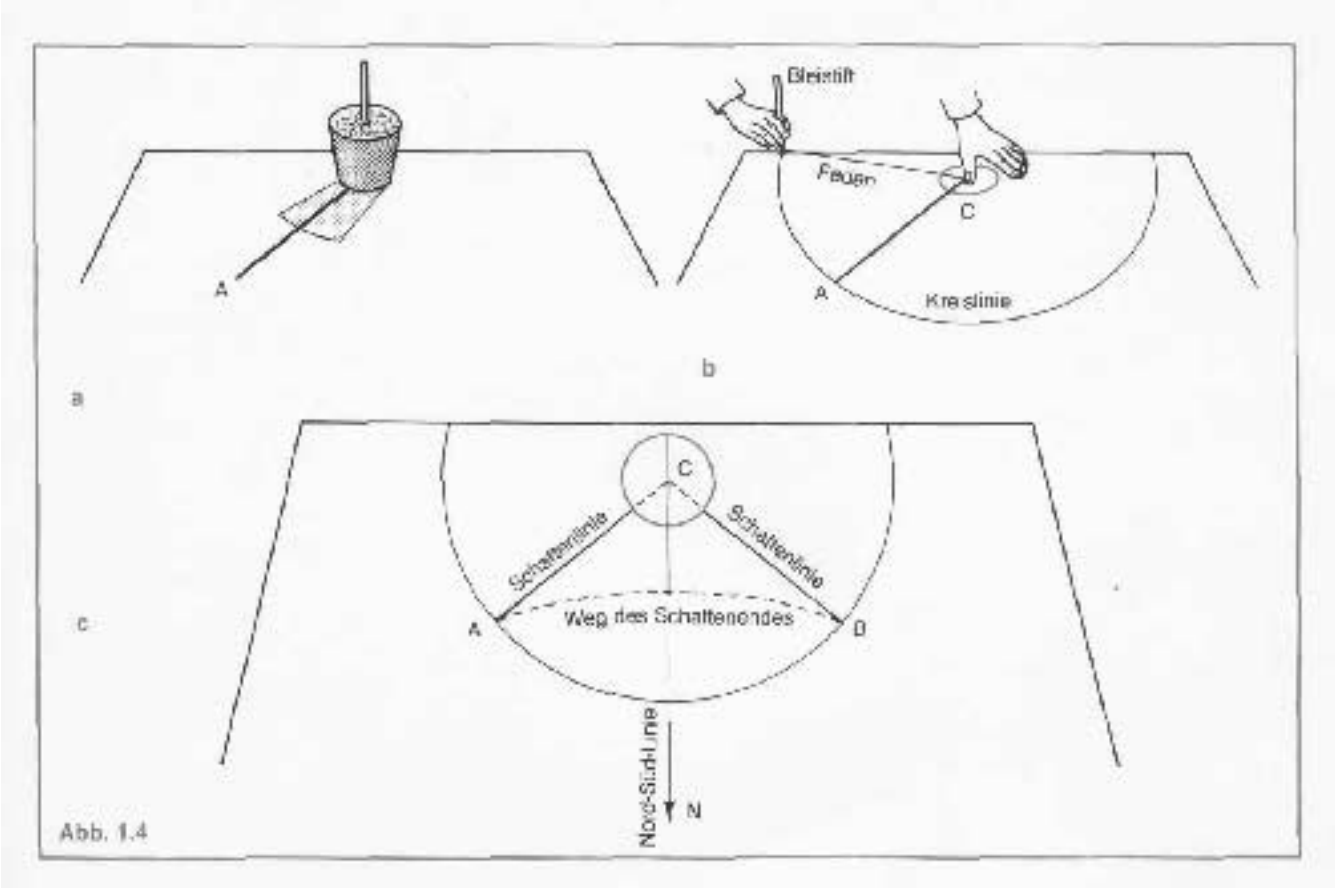


Abb. 1.4

Projekt 2 Die Länge des kürzesten Schattenwurfs im Verlauf eines Jahres

Die Länge des (jeweils innerhalb eines Tages) kürzesten Schattens wird im Lauf des Jahres verschieden ausfallen. Dies ist seit Jahrtausenden bekannt, und wahrscheinlich wurde diese veränderliche Schattenlänge vor langer Zeit als eine Art Kalender gebraucht. In diesem Projekt werden wir verfolgen, wie sich die Länge des Schattens mit den Jahreszeiten verändert. Es wird bis zu seinem Abschluß ein ganzes Jahr erfordern.

Was wird gebraucht?

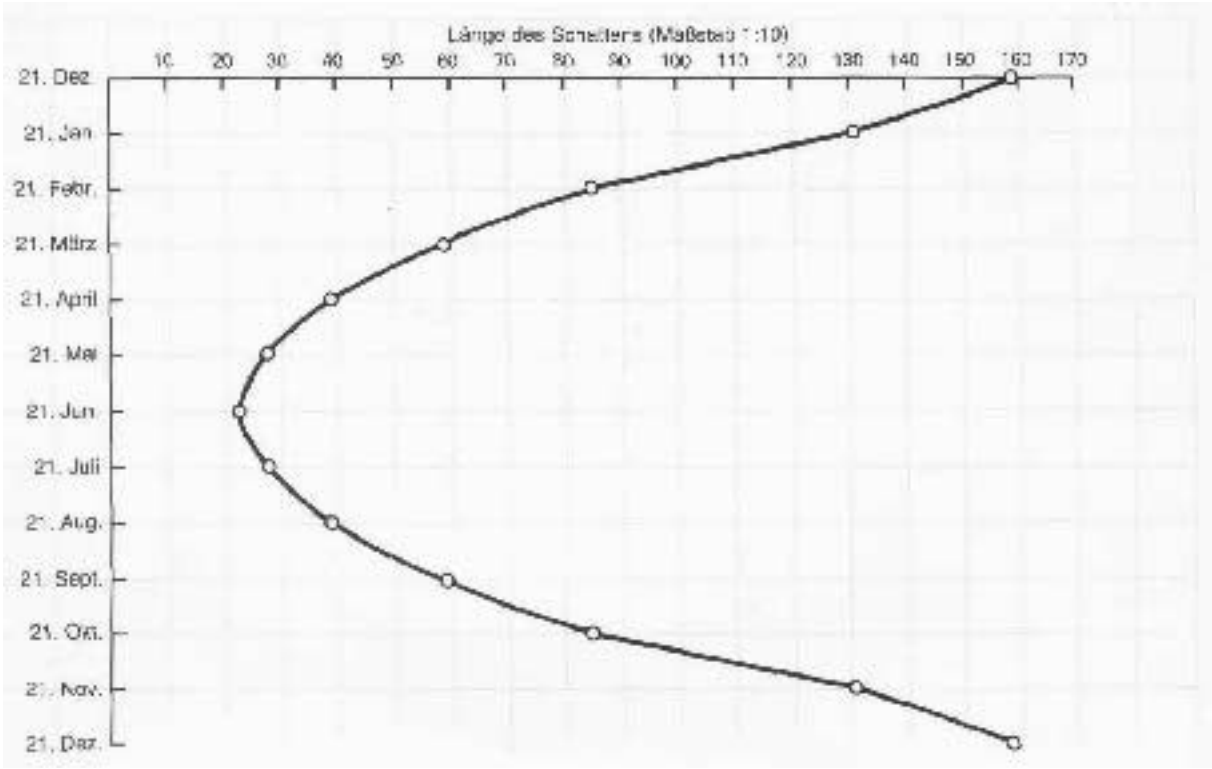
Material vom vorhergehenden Projekt.

Was ist zu tun?

1 Wir bauen das Experiment genauso auf wie in Projekt 1 - die Nord-Süd-Linie ist schon markiert.
2 Jetzt messen wir die Länge des Schattens beim Überqueren der Nord-Süd-Linie auf dieselbe Weise wie in Projekt 1. Diese Messung mindestens einmal im Monat, möglichst am 21. Tag, durchführen.
3 Die Ergebnisse tragen wir in die Tabelle ein.
4 Auf Millimeterpapier die Schattenlänge eintragen (Abbildung 2.1; 1 mm entspricht 1 cm Schattenlänge). Wann ist nun der Schatten am kürzesten, wann am längsten?

Datum	21. Jan.	21. Febr.	21. März	21. April	21. Mai	21. Juni	21. Juli	21. Aug.	21. Sept.	21. Okt.	21. Nov.	21. Dez.
Schatten-länge												

Abb. 2.1



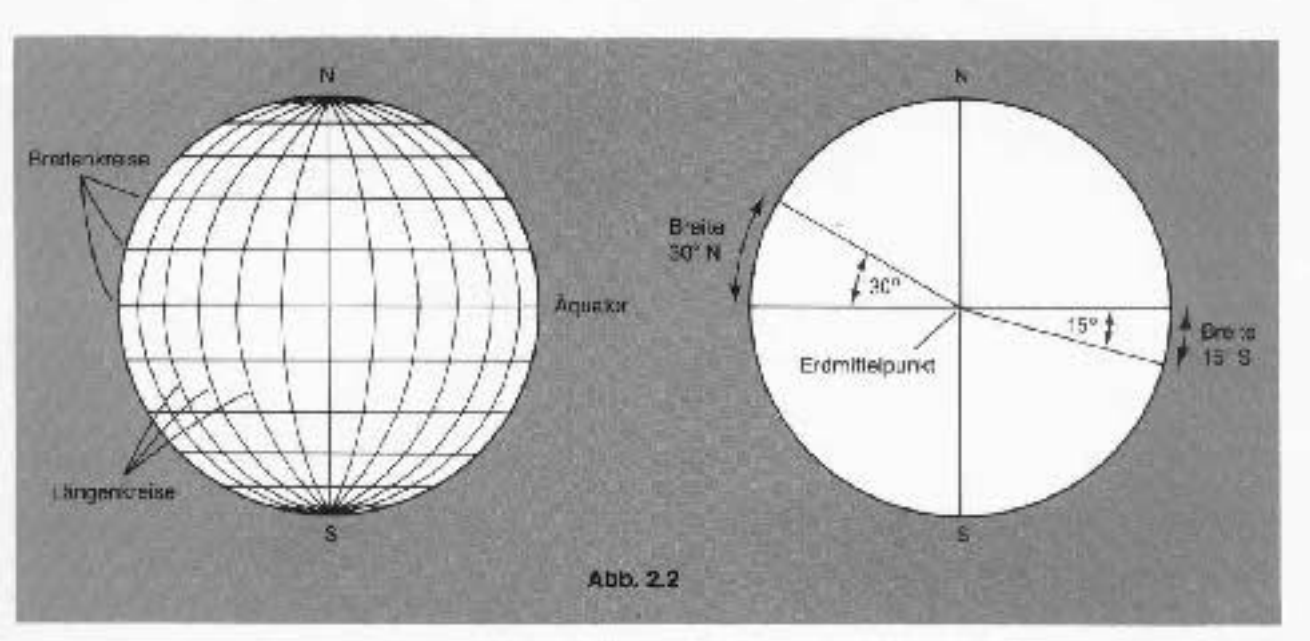


Abb. 2.2

Die Bestimmung der geographischen Breite

Sieht man sich einen Erdglobus an, wird man Linier bemerken, die sich vom Nordpol zum Südpol hinziehen. Sie werden Längenkreise oder Meridiane genannt. Außerdem gibt es Kreise, die „quer", d. h. parallel zum Äquator, um den Globus herumlaufen, die sogenannten Breitenkreise. Die Breite gibt den Abstand vom Äquator nach Norden oder Süden in Winkelgraden an {Abbildung 2.2). Die Breite beträgt am Äquator 0°, am Nordpol 90° N, am Südpol 90° S, Die Länge wird ebenfalls in Winkelgraden gemessen und zwar östlich oder westlich der Linie, die durch Greenwich läuft, im sogenannten Meridian von Greenwich oder Nullmeridian

Wir können die geographische Breite unseres Standorts recht einfach herausbekommen. Messen wir die Länge des Schattens, den der Stab am 21. März oder am 23. September auf der Nord-Süd-Linie wirft, sowie die Länge des Schattenstabes ganz genau. Zeichnen wir nun mit den erhaltenen Daten ein rechtwinkliges Dreieck, wie es Abb. 2.3 zeigt {1 mm soll 1 cm in der Wirklichkeit entsprechen). Wie groß ist der Winkel an der oberen Ecke? Sein Betrag entspricht genau der Anzahl von Winkelgraden, die wir nördlich oder südlich des Äquators stehen - der geographischen Breite. Der größte Teil Mitteleuropas liegt zwischen 40° und 70° nördlich des Äquators; die geographische Breite von Mainz etwa beträgt genau 50° Nord. Veranschaulichen wir uns das Prinzip unserer Berechnung mit der Abb. 2.4. Am 21. März und am 23. September steht die Sonne zur Mittagszeit genau senkrecht über dem Äquator. Die Abbildung zeigt die Situation zu einem solchen Zeitpunkt. Da der Abstand Sonne - Erde im Vergleich zum Erddurchmesser sehr groß ist, können wir die Sonnenstrahlen ohne weiteres als parallel verlaufend ansehen, gleichgültig, wo sie auf die Erde treffen. Zu sehen ist nun, daß der Winkel zwischen dem Stand der Sonne und dem höchsten Punkt am Himmel (dem Zenit, dem Punkt senkrecht über dem Beobachter) identisch ist mit dem Winkel zwischen dem Äquator und dem Standort des Beobachters, gemessen vom Erdmittelpunkt aus, also der geographischen Breite.

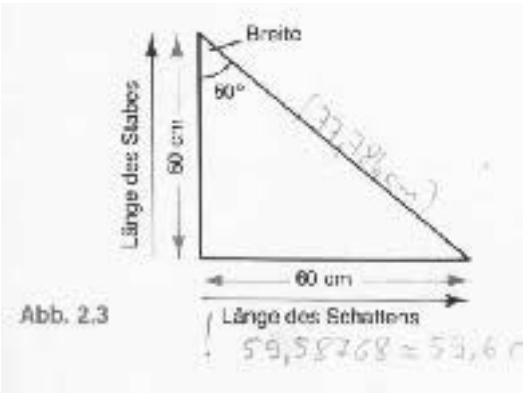


Abb. 2.3

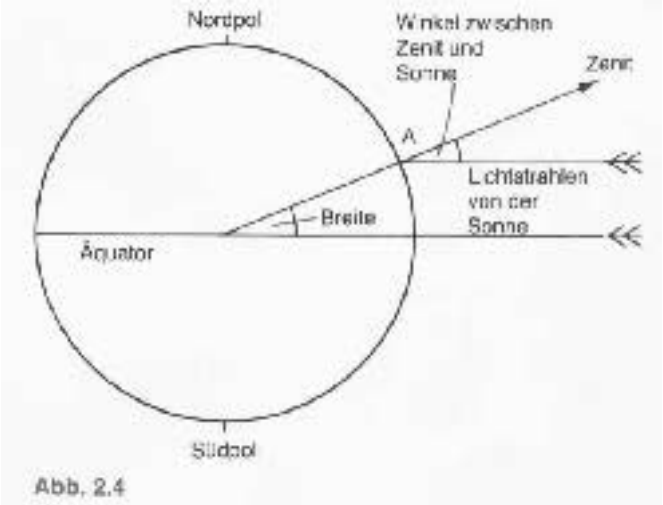


Abb. 2.4

Projekt 3 Die geographische Breite näher betrachtet

Ein einfaches Experiment soll dabei helfen, die Methode der Breitenbestimmung, wie sie in der vorangegangenen Aufgabe verwendet und beschrieben wurde, besser zu verstehen. Ein Diaprojektor soll die Sonne darstellen; weiterhin braucht man einen großen Raum oder Flur, um einen Abstand von ca. 4 m zwischen Globus und Projektor zu ermöglichen, damit die Lichtstrahlen vom Projektor einigermaßen parallel laufen. Bei dieser Aufgabe verwenden wir den auf dem Globus markierten Nullmeridian, doch man kann ohne weiteres auch einen anderen Längenkreis nehmen.

Was wird gebraucht?

Ein Globus, ca. 30 cm 0; ein Diaprojektor; eine Plexiglasscheibe, 10 cm 0 (z.B. ein kreisrunder Winkelmesser); Millimeterpapier; doppelseitiges Klebeband.

Was ist zu tun?

1 Die Zeichnung Abb. 3.1 mit den angegebenen Maßen auf Millimeterpapier übertragen und ausschneiden; auch die Linie DC einschneiden. Nun wird das Papier an den gestrichelten Linien in der Reihenfolge 1, 2, 3 gefaltet.

2 Das Quadrat DEFC wird umgefalzt und auf das Dreieck ACB geklebt; dadurch erhalten wir ein Gebilde, wie es Abb. 3.2 zeigt. Achten wir darauf, daß die Flächen BCG und CFG genau senkrecht zu der Fläche ACB, die einen Quadranten (einen Viertelkreis) bildet, stehen.

3 Den Quadranten ACB kleben wir auf die Plexiglasscheibe, wie aus Abb. 3.3 zu ersehen. Punkt C soll genau in der Mitte der Scheibe zu liegen kommen.

4 Wir stellen nun in dem großen Raum oder Flur Globus und Projektor auf, verdunkeln den Raum und schalten den Projektor ein.

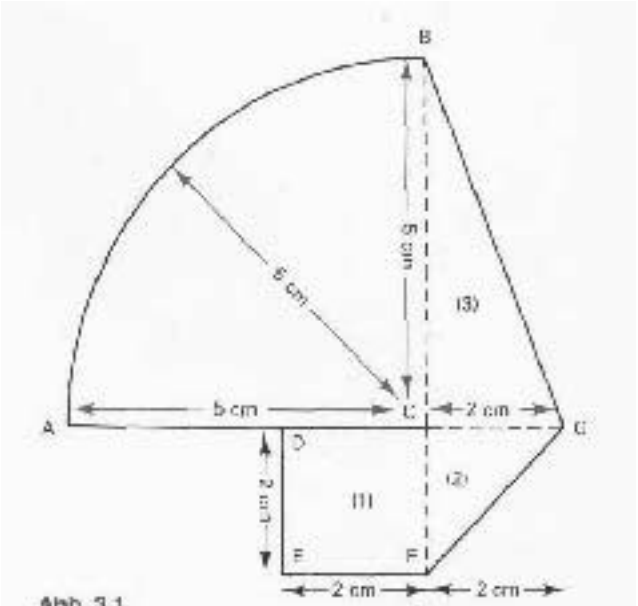


Abb. 3.1

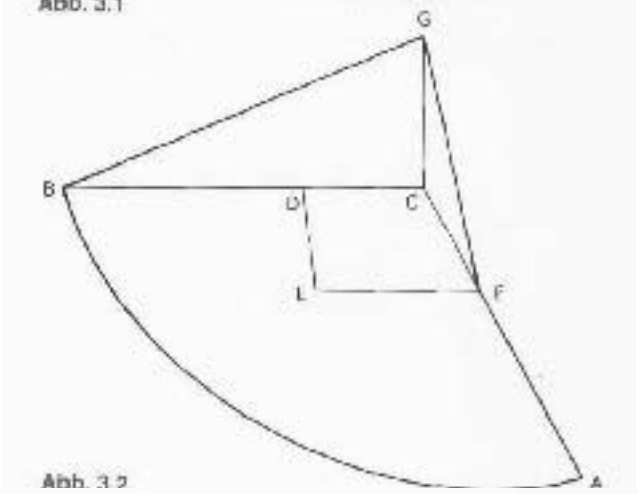


Abb. 3.2

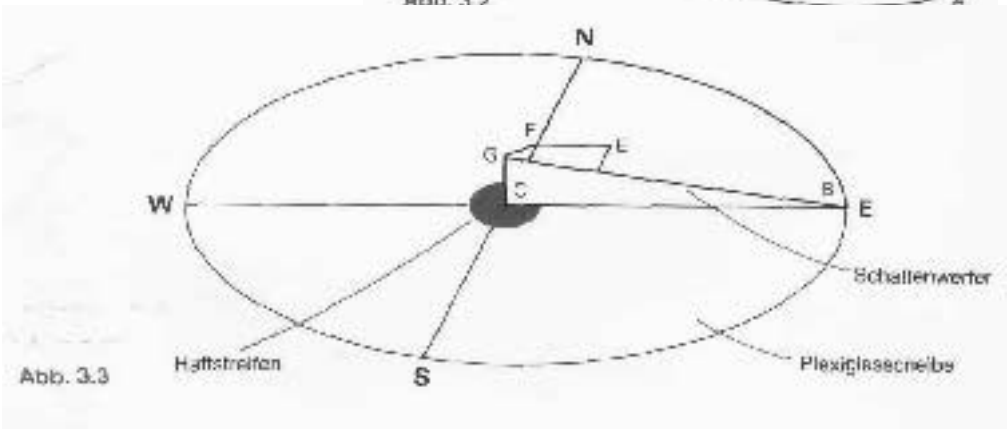


Abb. 3.3

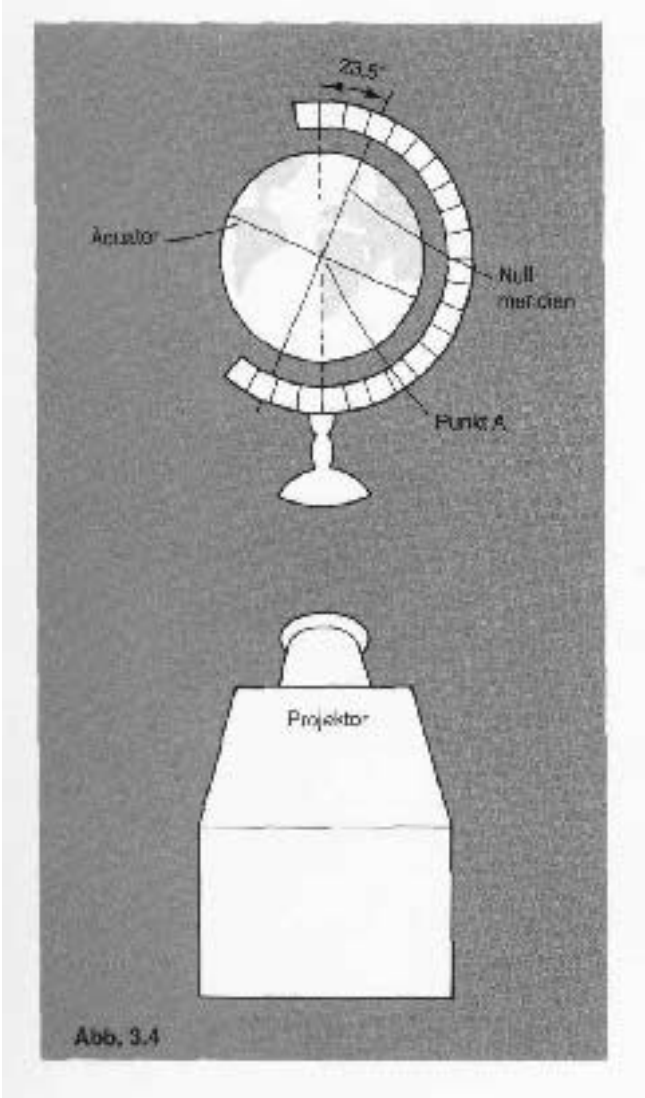


Abb. 3.4

5 Den Globus richten wir genau so aus, daß die Grenzlinie zwischen Licht und Schatten über die Pole sowie über die 90°-Ost- und 90°-West-Längenkreise (also jeweils im Abstand von 90° zum Nullmeridian) verläuft. Der Schnittpunkt des Nullmeridians mit dem Erdäquator müßte nun dem Projektor exakt gegenüberstehen. Diesen Punkt bezeichnen wir mit A.

6 Die Plexiglasscheibe wird mit Klebefilm am Globus befestigt, und zwar dort, wo der 15. Grad nördlicher Breite den Nullmeridian kreuzt. Nord, Süd, Ost und West auf der Plexiglasscheibe sollten mit den entsprechenden Himmelsrichtungen auf dem Globus übereinstimmen (Abb. 3.5). Bei genügender Sorgfalt dürfte das kleine Dreieck CFG nun keinen Schatten werfen.

7 Wir messen die Länge des Schattens, der von der Kante GC des größeren Dreiecks CGB (siehe Abb. 3.5) geworfen wird, und notieren den Meßwert.

8 Befestigen wir die Plexiglasscheibe jetzt an der Stelle auf dem Globus, an der die Breitenlinie 23,5° N (das ist der nördliche Wendekreis) den Nullmeridian kreuzt. Wieder die Länge des Schattens messen und notieren, der von der Kante GC verursacht wird.

9 Dies wiederholt man für die Breitengrade 30° N, 40° N und 60° N.

10 Zeichnen wir nun für jeden verwendeten Breitengrad ein rechtwinkliges Dreieck, wobei als Maße die von GC verursachte Schattenlänge zusammen mit der tatsächlichen **Kantenlänge GC dienen. Wir bestimmen in jedem Dreieck den Winkel an der oberen Ecke, wie in Abb. 3.6 dargestellt. Jedesmal sollte dieser Winkel der geographischen** Breite, **an der die Messung durchgeführt wurde, sehr nahe** kommen.

Verwendet man einen Globus mit 30 cm 0 und einen Abstand von etwa 4 m zwischen Globus und **Projektor,** sollte der **aus den Schattenmessungen ermittelte Breitengrad nicht mehr** als **2° vom** tatsächlichen **Breitengrad abweichen.**

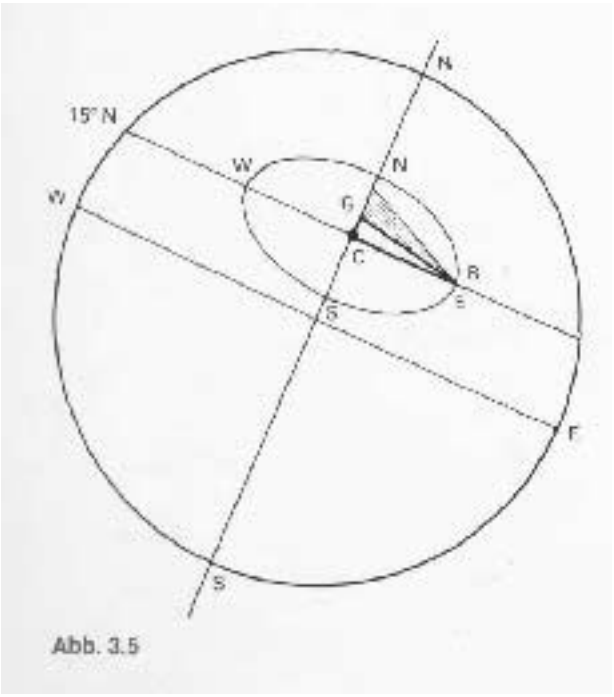


Abb. 3.5

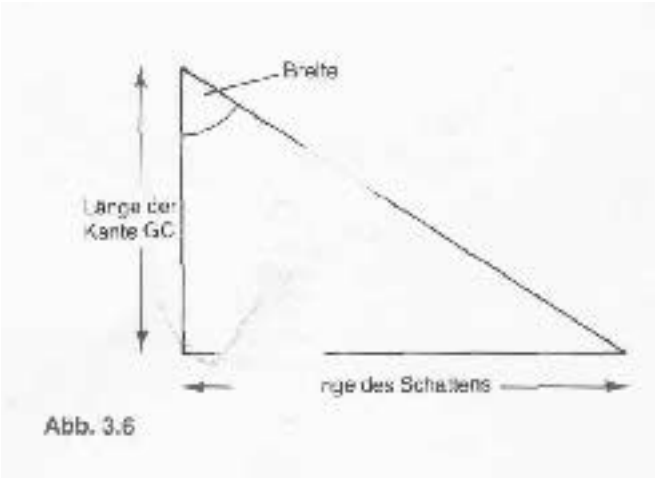


Abb. 3.6

Projekt 4 Sonnenuhren

Länge und Richtung der Schatten, die das Sonnenlicht verursacht, verändern sich im Laufe eines Tages, wie wir schon gesehen haben. Man kann daher den Schattenwurf zur Bestimmung der Tageszeit heranziehen, und genau das ist die Aufgabe der Sonnenuhr. Dieses Projekt soll Bau und Verwendung zweier verschiedener Typen von Sonnenuhren vor Augen führen.

Was wird gebraucht?

Ein Holzbrett 1 5 x 1 5 cm, ca. 1 cm stark; ein Holzklotz, 7,6 x 7,6 x 7,6 cm; Pappe, Winkelmesser, Plastiktrinkhalm, Handsäge, Klebstoff.

Was ist zu tun?

Sonnenuhr 1: Man überträgt das Zifferblatt von Abb. 4.2 auf Pappe. Darauf achten, daß die Abstände der Stundenmarkierungen genau den abgebildeten entsprechen. Die Pappe wird auf die Holzplatte geklebt. Entlang der Nord-Süd-Linie wird nun eine Rille durch die Pappe hindurch in das Holzbrett gesägt; sie soll ca. 3 mm über das Zentrum der Scheibe hinausgehen. Aus starker Pappe schneidet man ein Dreieck aus, dessen Größe und Form in Abb. 4.3 angegeben ist; achten wir aber darauf, daß der Winkel bei A der geographischen Breite unseres Standorts entspricht. Man klebt das Pappdreieck in den Schlitz, so daß sich die Ecke A genau im Zentrum des Zifferblatts befindet (Abb. 4.4). Dieses Dreieck, das den Schatten auf das Zifferblatt wirft, nennt man Gnomon. Zur Zeitbestimmung stellt man die Sonnenuhr auf eine ebene, waagrechte Unterlage und richtet sie so aus, daß ihre Nord-Süd-Liniegenau parallel zu der Nord-Süd-Linie läuft, die wir in Projekt 1 ermittelt haben. Der Schatten der Gnomon-Kante zeigt dann auf dem Zifferblatt die Uhrzeit, und zwar die Ortszeit, die im deutschen Sprachraum bis etwa eine halbe Stunde von der Mitteleuropäischen Zeit abweichen kann.

Sonnenuhr 2: Wir übertragen die Zeichnung 4.5 auf einen dünnen Karton und schneiden sie entlang der durchgezogenen Linien aus. Auch entlang der Linien zwischen den mit x bezeichneten Laschen einschneiden. An den Kreismittelpunkten bohren wir jeweils ein so weites Loch, daß ein Plastiktrinkhalm gerade hindurchpaßt. Die Laschen und dann die Kreise entlang der gestrichelten Linien nach oben biegen. Sodann biegt man die freien Enden des Rechtecks W, E, W', E' nach oben, so daß ein Halbzylinder entsteht; die Laschen werden an den Rändern des Halbzylinders festgeklebt, wie in Abb. 4.6 zu sehen ist.

Wir schneiden den Holzklotz so zu, daß der Winkel B unserer geographischen Breite entspricht (Abb. 4.7). Markieren wir einen Kreis mit einem dem des Halbzylinders entsprechenden Durchmesser; in die Mitte des Kreises bohren wir ein Loch, das groß genug ist, daß der Trinkhalm hineingesteckt werden kann. Ost und West wird auf einer horizontalen Linie, die genau durch diese Bohrung läuft, vermerkt, Jetzt kleben wir die Grundfläche des Halbzylinders auf den Holzklotz, so daß die Ost- und Westmarkierungen sowie die Bohrungen an der Zylinderbasis und dem Holzklotz übereinstimmen. Ein Ende des Trinkhalms erhält ein Tröpfchen Klebstoff und wird durch beide Bohrungen des Halbzylinders in das Loch im Holzklotz geführt (Abb. 4.8). Damit die Sonnenuhr richtig funktioniert, muß sie auf eine waagrechte, ebene Unterlage gestellt werden; die Ost-West-Linie muß rechtwinklig zu ihrer Nord-Süd-Linie verlaufen. Der Halbzylinder öffnet sich dann genau in Richtung Süden. Der Schatten des Röhrchens wird auf der gekrümmten Innenfläche des Halbzylinders die Ortszeit anzeigen. Der scheinbare Weg der Sonne am Himmel verläuft in einem Bogen; in einer Stunde wandert die Sonne um 15° weiter. Wenn wir einen Gnomon (wie hier das Trinkröhr-chen) senkrecht zum Lauf der Sonne ausrichten und der Schatten des Gnomons auf eine gleichmäßig gekrümmte Fläche fällt, dann wird sich der Schatten in einer Stunde ebenfalls um 15° weiterbewegen. Deshalb sind die Abstände zwischen den Stundenlinien bei der halbzylindrischen Sonnenuhr gleich groß (Abb. 4.1); wenn das Zifferblatt der Sonnenuhr eben ist und horizontal liegt, sind die Abstände zwischen den Stundenmarkierungen unterschiedlich groß (Abb. 4.2).

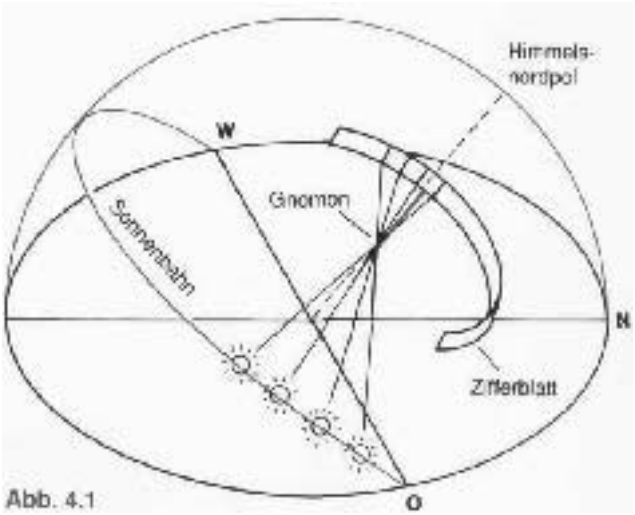


Abb. 4.1

Sonnenuhr 1

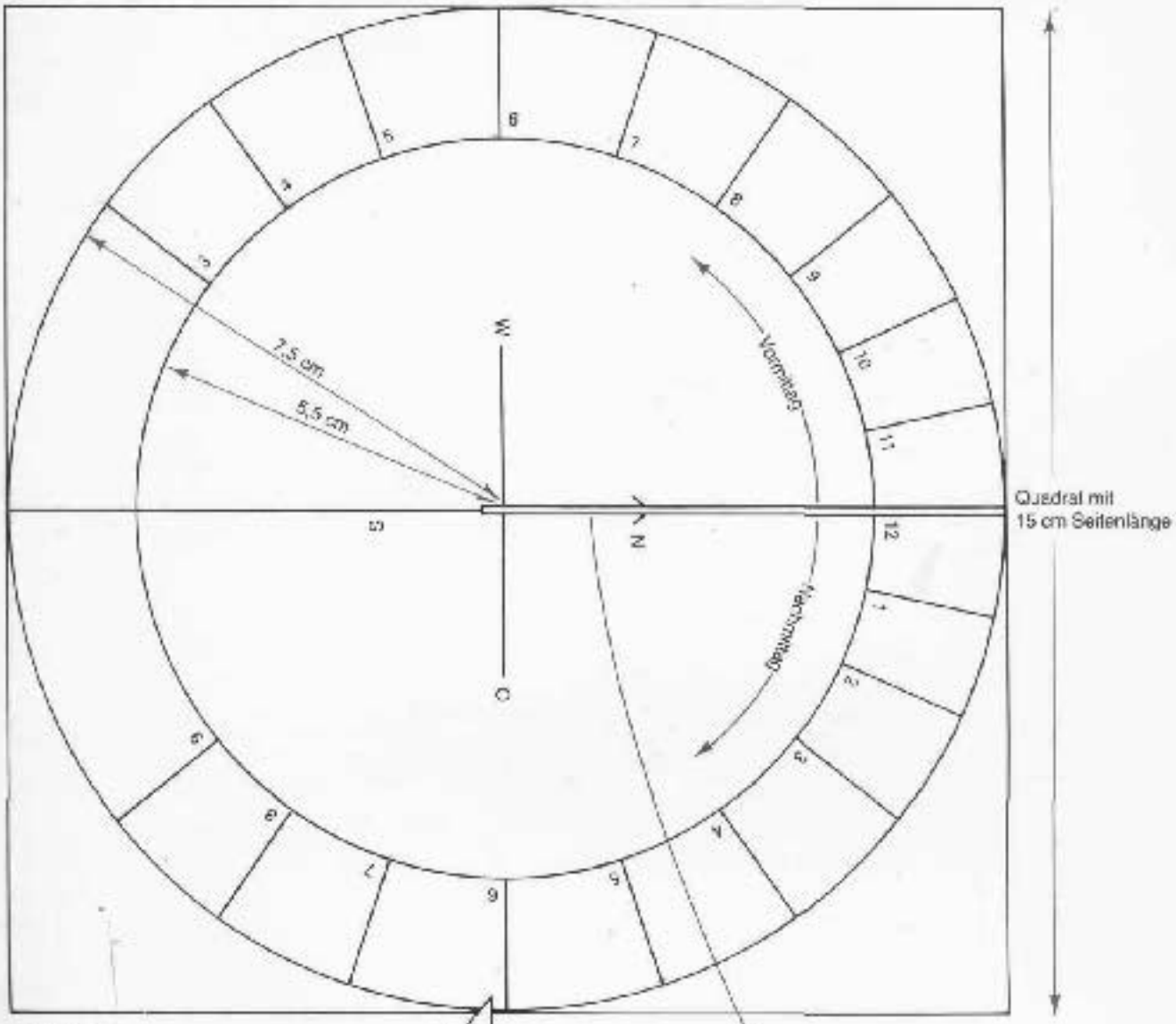


Abb. 4.2

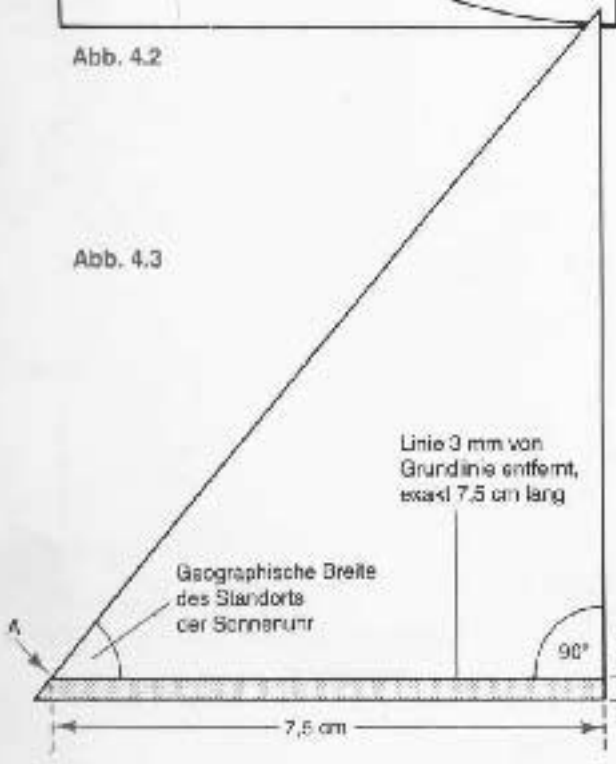
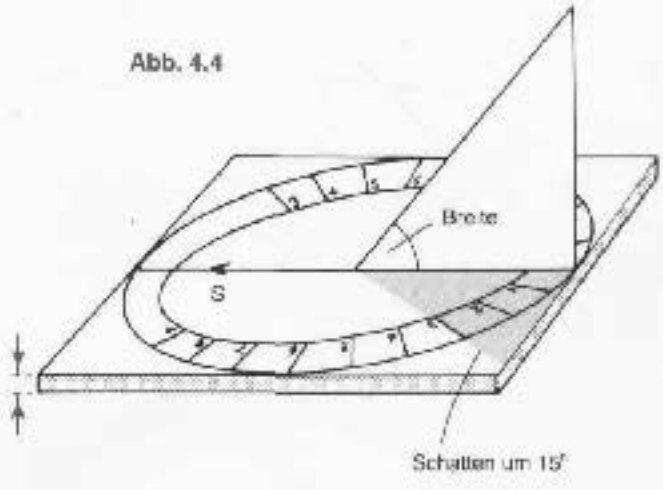


Abb. 4.3

Abb. 4.4



Sonnenuhr 2

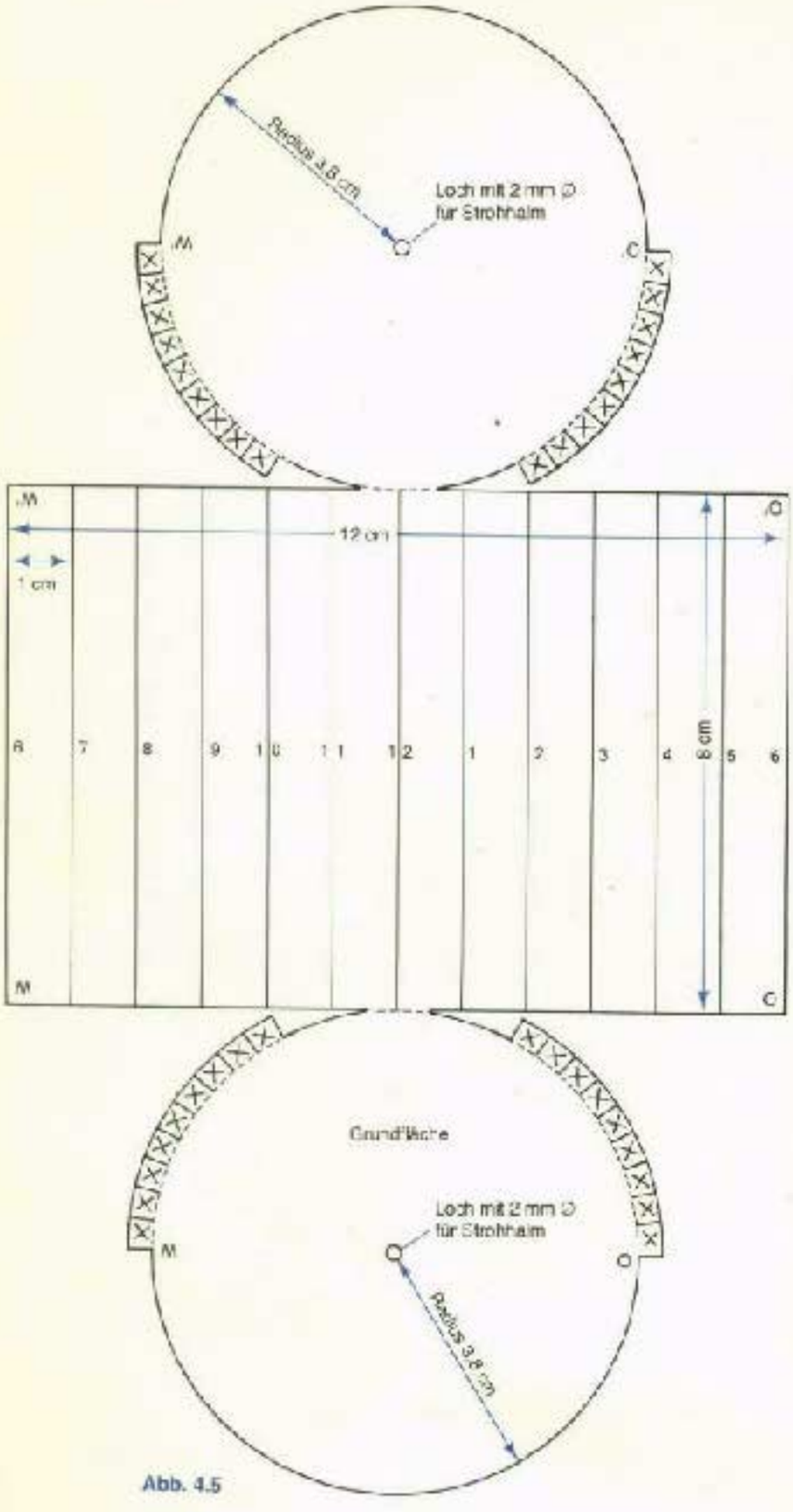


Abb. 4.5

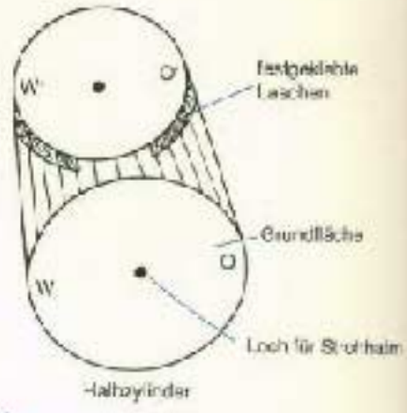


Abb. 4.6

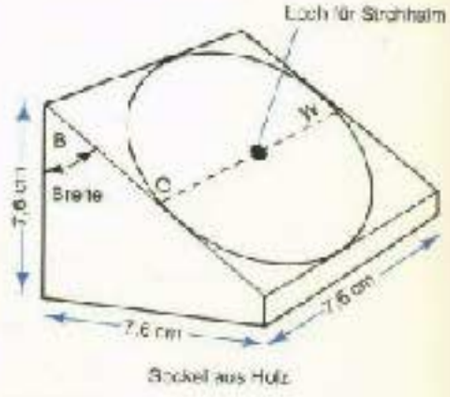


Abb. 4.7

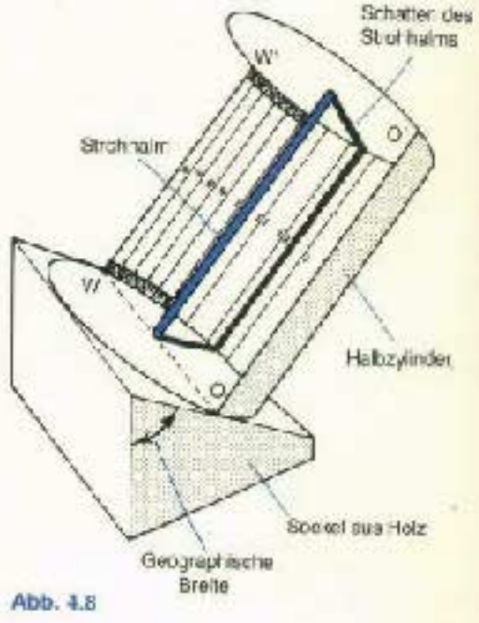


Abb. 4.8

Projekt 5 Orientierung nach dem Sonnenstand

Die Sonne verändert im Laufe des Tages nicht nur ihre Höhe über dem Horizont, sondern auch ihre Position in bezug auf die Himmelsrichtungen. Da die Erde sich ja um ihre eigene Achse dreht, scheinen die Himmelskörper aus unserer Sicht ihre Position zu verändern, Diese Aufgabe wird zeigen, daß die Sonne zur Orientierung dienen kann, vorausgesetzt, man besitzt eine Möglichkeit, die Zeit zu bestimmen. Die Zeiten beziehen sich immer auf MEZ; vergessen wir also nicht, daß wir während der Sommerzeit der MEZ um eine Stunde voraus sind.

Was wird **gebraucht?**

Armbanduhr, Sonnenuhr 1 (aus Projekt 4), Wasserwaage, Streichholz.

Was ist zu tun?

Methode 1: Diese Methode setzt eine „gewöhnliche" Analoguhr mit Zifferblatt voraus. Wir legen die Uhr auf eine waagrechte Fläche und halten ein Streichholz senkrecht zu dieser Fläche an den Rand der Uhr. Ohne das Streichholz • zu bewegen, drehen wir die Uhr so lange, bis der Schatten des Streichholzes genau auf dem Stundenzeiger der Uhr liegt. Die Spitze des Stundenzeigers deutet nun auf die Stelle, wo das Streichholz den Rand der Uhr berührt. Im Zentrum des Zifferblatts ergibt sich ein Winkel zwischen dem Schatten des Streichholzes und der Verbindungslinie zwischen der 12 und der Mitte (oder der 1, wenn Sommerzeit gilt). Die Linie, die diesen Winkel halbiert, verläuft in Nord-Süd-Richtung.
Zu Mittag ist Süden genau in Richtung der Ziffer 12, vormittags in Richtungen vor der 12, nachmittags und abends in Richtungen hinter der 12 {Abb. 5.1).

Methode 2: Dieses Verfahren ist wesentlich genauer, und man kann auch eine Digitaluhr verwenden. Stellen wir die Sonnenuhr auf eine ebene Fläche und richten den Schatten den Gnomons auf die Uhrzeit aus, die wir auf unserer Uhr ablesen, Die Markierung N auf der Sonnenuhr wird dann genau nach Norden deuten.
Beide Methoden können zur Überprüfung einer Richtung dienen, die man mit einem Kompaß festgestellt hat, oder als Ersatz für einen Kompaß.

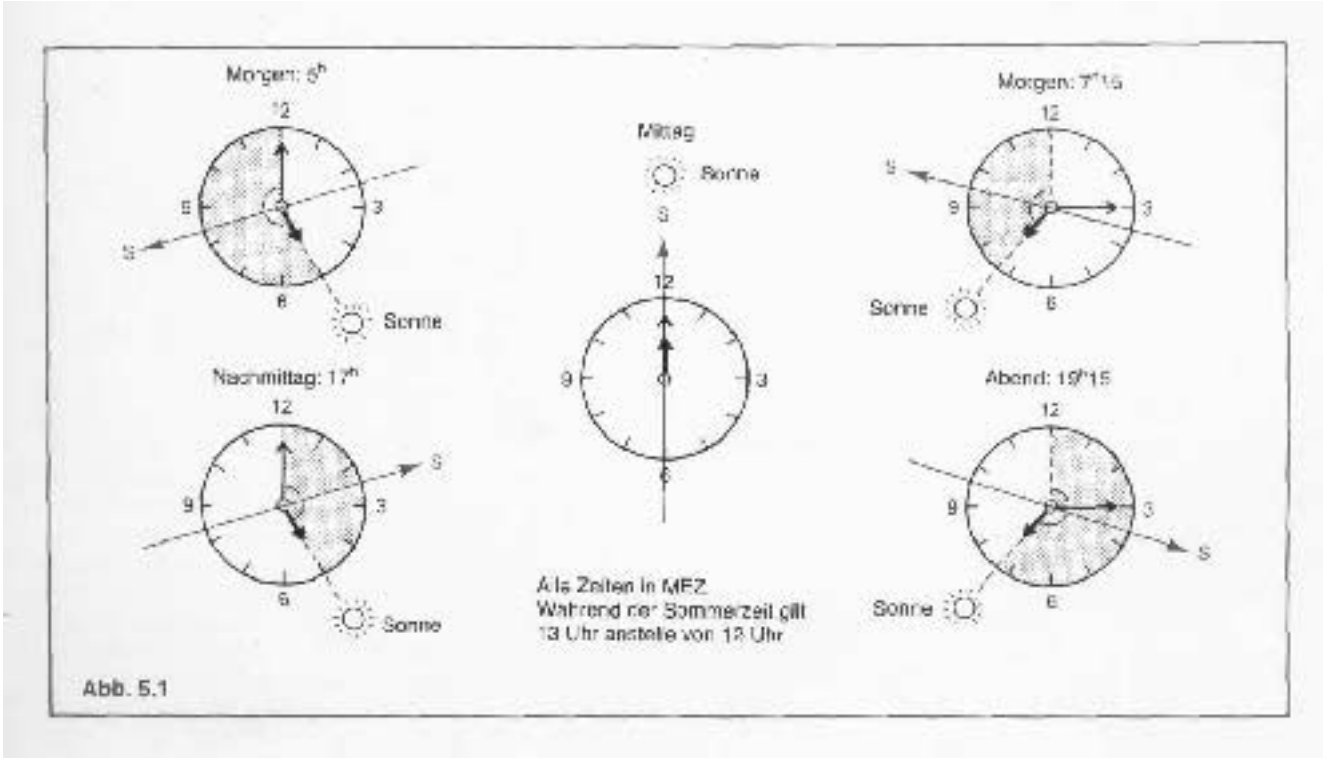


Abb. 5.1

Projekt 6 Wie bewegen sich die Sterne über den Himmel?

Wie die Sonne, so verändern auch die Sterne (im Laufe der Nacht) ihre Höhe über dem Horizont und ihren Ort in Ost-West-Richtung. Natürlich sind sie zu lichtschwach, um Schatten zu werfen; doch auch hier können wir mit einem sehr einfachen Instrument feststellen, wie sie sich über den Himmel bewegen. Wir bauen zunächst das Instrument und untersuchen dann die Bewegung der Sterne.

Was wird gebraucht?

Ein runder Winkelmesser, 10 cm 0; ein halbkreisförmiger Winkelmesser, 10 cm 0; eine Holzleiste, 2 cm x 2 cm x 12cm; ein Brett, 15 cm x 15 crn x 1 cm; Bohrer; steifer Karton; vier Schrauben, ca. 5 mm 0; 2 Reißzwecken; kräftiger Faden; ein kleines Gewicht; Millimeterpapier; Stahlstift; Klebestreifen.

Was ist zu tun?

1 Wir stellen aus dem Karton ein 10 cm langes Röhrchen her, indem wir ihn um einen Bleistift wickeln und mit Klebestreifen zusammenkleben.
2 In den halbkreisförmigen Winkelmesser bohren wir am Zentrum der Winkel ein kleines Loch, durch das der „Stift" einer Reißzwecke gerade noch hindurchpassen sollte.
3 Das Pappröhrchen befestigen wir am geraden Rand des Winkelmessers (Abb. 6.1 a).
4 Mit einer Reißzwecke den Winkelmesser am oberen Ende der Holzleiste befestigen, und zwar so, daß er sich noch leicht bewegen läßt, sich aber nicht von allein verstellen kann.
5 Wir bringen das Pappröhrchen in exakt horizontale Stellung und markieren auf der Holzleiste die Stelle mit einem Pfeil, die genau unter dem 0°-Punkt des Winkelmessers liegt.
6 Aus Karton schneiden wir einen ca. 5 cm langen Richtungspfeil und kleben ihn am Fuß der Holzleiste fest.
7 Aus dem Faden und einem kleinen Gewicht fertigen wir nun ein Lot und befestigen es mit dem Stahlstift auf der dem Winkelmesser gegenüberliegenden Seite der Leiste (Abb. 6.1 b).
8 In den runden Winkelmesser fünf Löcher bohren, wie in Abb. 6.2 a gezeigt. Die Bohrung in der Mitte sollte so groß sein, daß der Stift einer Reißzwecke gerade noch hindurchpaßt, und der Durchmesser der anderen Bohrungen sollte für die vier Schrauben ausreichen.

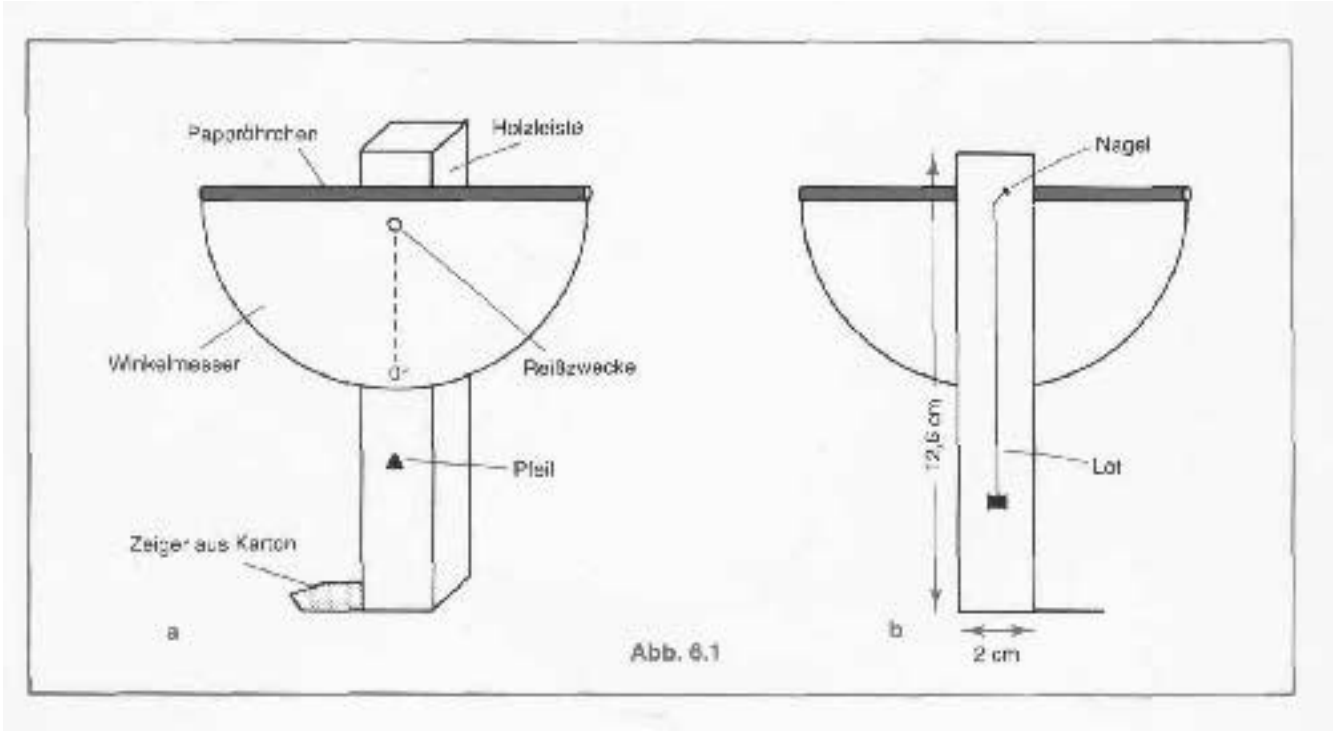


Abb. 6.1

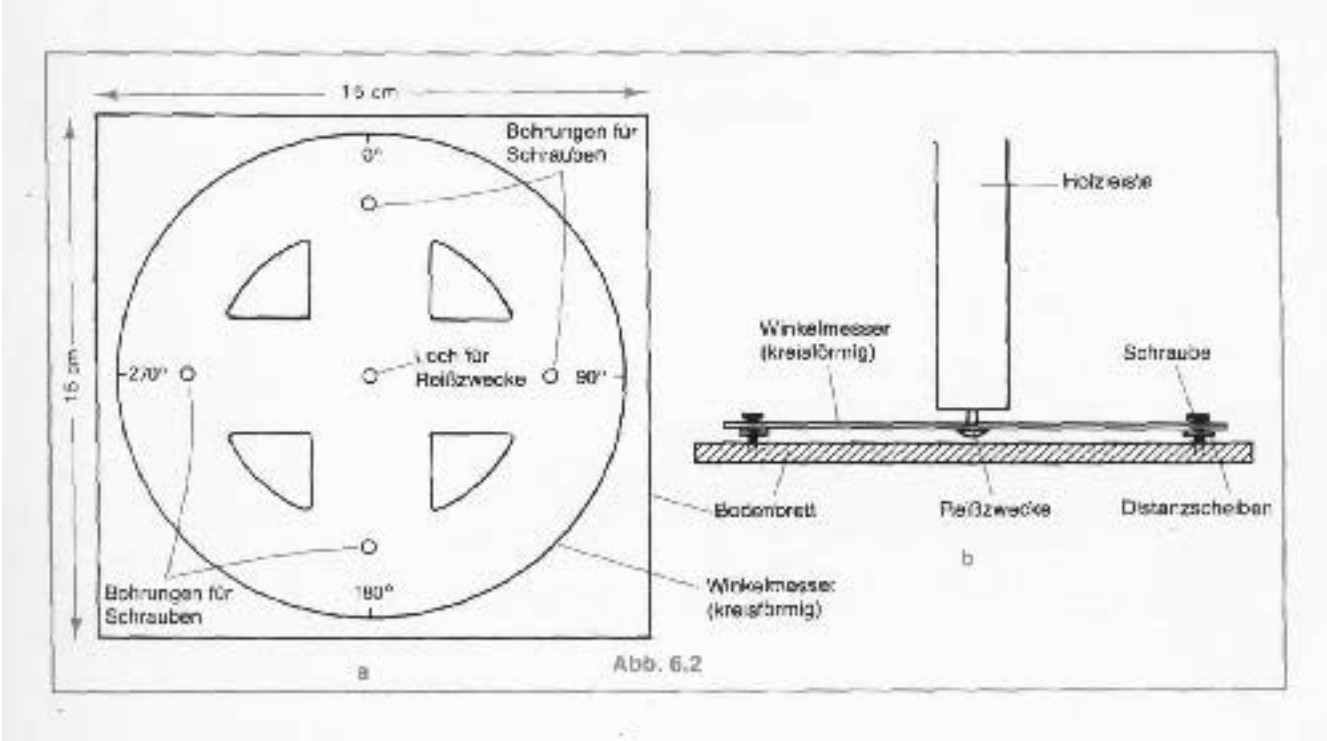


Abb. 6.2

9 Die Holzleiste senkrecht auf der Mitte des kreisförmigen Winkelmessers stehend befestigen; die Leiste sollte sich nicht zu schwergängig bewegen lassen.
10 Den runden Winkelmesser schrauben wir auf das Holzbrett; dabei verwenden wir Kartonstückchen als Distanzscheiben zwischen Winkelmesser und Holzbrett, damit die Reißzwecke sich nicht verklemmen kann.
11 Prüfen, ob die Holzleiste senkrecht steht, d. h. das Lot muß genau senkrecht nach unten hängen (Abb. 6.1 b).

Dieses Instrument ist ein Altazimut. Mit ihm kann man einerseits die Höhe (lat.: altitudo) eines Sternes, d. h. seine Höhe über dem Horizont, und andererseits seinen Azimut messen, d. h. den horizontalen Winkel, der zwischen ihm und dem Nord- bzw. Südpunkt liegt.

Wie arbeitet man mit dem Altazimut?

Stellen wir das Altazimut auf eine waagrechte Fläche, und lassen wir die O°-Marke auf dem runden Winkelmesser nach Norden, die 180°-Marke nach Süden weisen. Für den ersten Versuch wählen wir einen Stern, der am frühen Abend weit im Osten steht, und verfolgen ihn die Nacht hindurch, wobei wir alle halbe Stunde seinen Ort folgendermaßen feststellen:
Wir drehen die Holzleiste und schwenken den halbkreisförmigen Winkelmesser soweit nach oben, bis wir den gewählten Stern durch das Pappröhrchen hindurch sehen können. Die Höhe wird auf dem oberen Winkelmesser abgelesen, der Azimut auf dem waagrecht liegenden unteren Winkel-

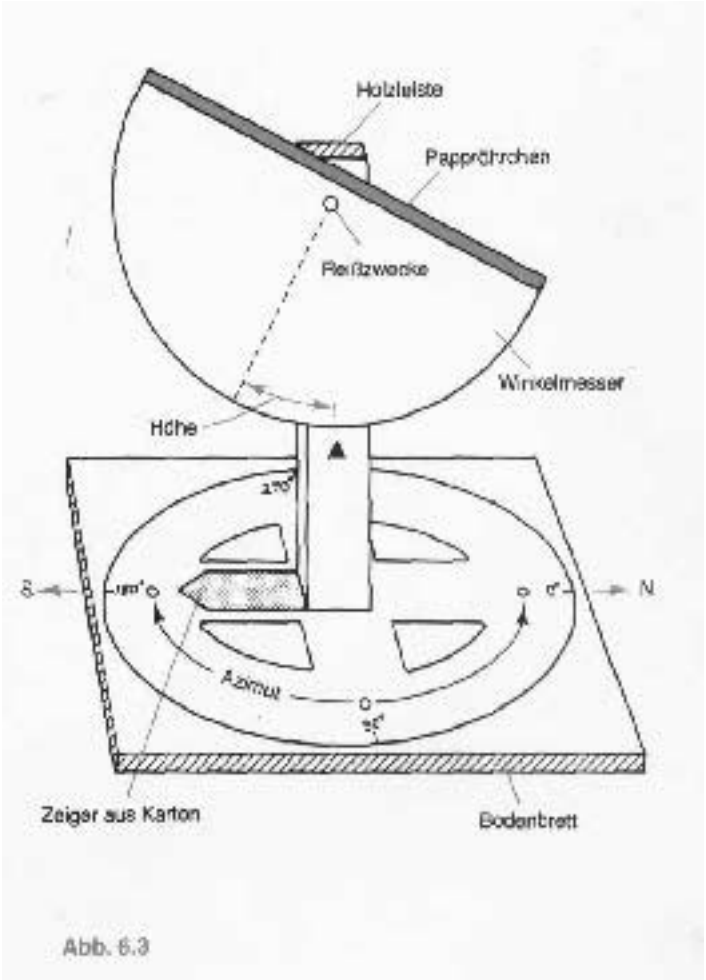


Abb. 6.3

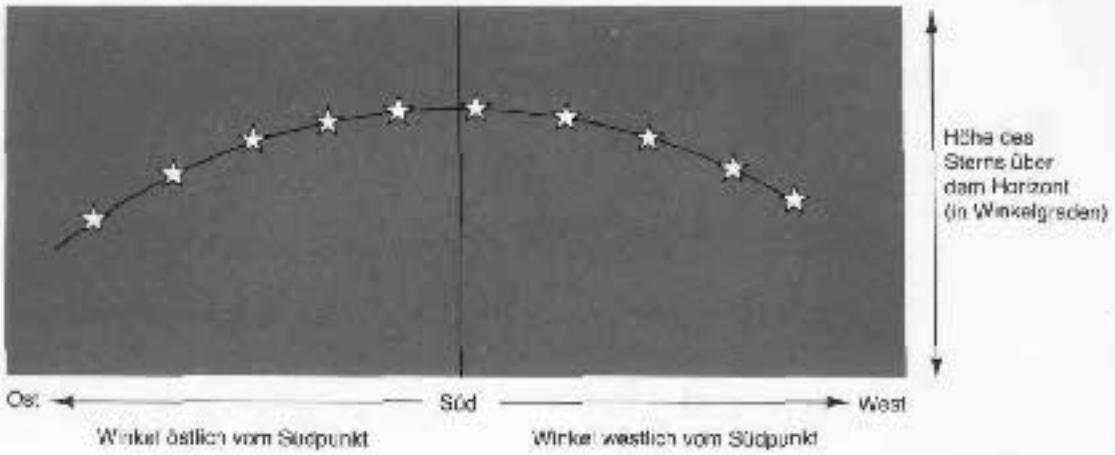


Abb. 6.4

messer (Abb. 6.3). Der Azimut ist der Winkel zwischen dem Markierungspfeil und dem Nordpunkt und auf dem Winkelmesser direkt abzulesen.

Zur Veranschaulichung können wir unsere Ergebnisse auf Millimeterpapier eintragen. Teilen wir unseren Bogen in zwei Hälften; die Mitte markieren wir als Süden, auf der linken Hälfte zeichnen wir die östlichen, auf der rechten Hälfte die westlichen Richtungen ein (Abb. 6.4}. Senkrecht dazu tragen wir die Winkel ein, unter denen der Stern zu einer bestimmten Zeit über dem Horizont stand. Wenn wir nun die Punkte, die die verschiedenen Stern Positionen darstellen, miteinander verbinden, erhalten wir eine Kurve, die bis zum Überqueren der Südlinie ansteigt, um danach wieder in Richtung Westen-abzufallen. Diese Kurve führt uns vor Augen, daß die Sterne irgendwo in östlicher Richtung aufgehen, über den Horizont steigen bis zum Erreichen der Südrichtung, und danach ihre Höhe wieder vermindern, bis sie irgendwo im Westen untergehen.

Wiederholen wir nun die Beobachtungen mit einem Stern, der am frühen Abend tief am Nordhorizont steht, und halten wir unsere Ergebnisse wieder auf einem Bogen Millimeterpapier zeichnerisch fest (Abb. 6.5). Man sollte nun feststellen, daß dieser Stern im Laufe der Nacht einen Teil eines Kreises beschreibt. Wenn wir diesen Stern 24 Stunden beobachten könnten, wäre zu sehen, daß er einen Kreis vollendet, dessen Mittelpunkt als Himmelspol bezeichnet wird. Wie wir in Projekt 7 sehen werden, steht der Polarstern diesem Mittelpunkt äußerst nahe. Alle Sterne am Himmel scheinen um diesen Punkt herumzuwandern, wenn wir sie die ganze Nacht hindurch beobachten. Eine Gruppe von Sternen, die dem Himmelspol benachbart sind, geht also niemals unter: Sie umläuft den Pol auf Kreisen, deren tiefster Punkt im Norden zwischen dem Himmelspol und dem Nordpunkt unseres Horizontes liegt. Sterne, die niemals untergehen, werden zirkumpolar genannt, weil sie um den Himmelspol herumlaufen.

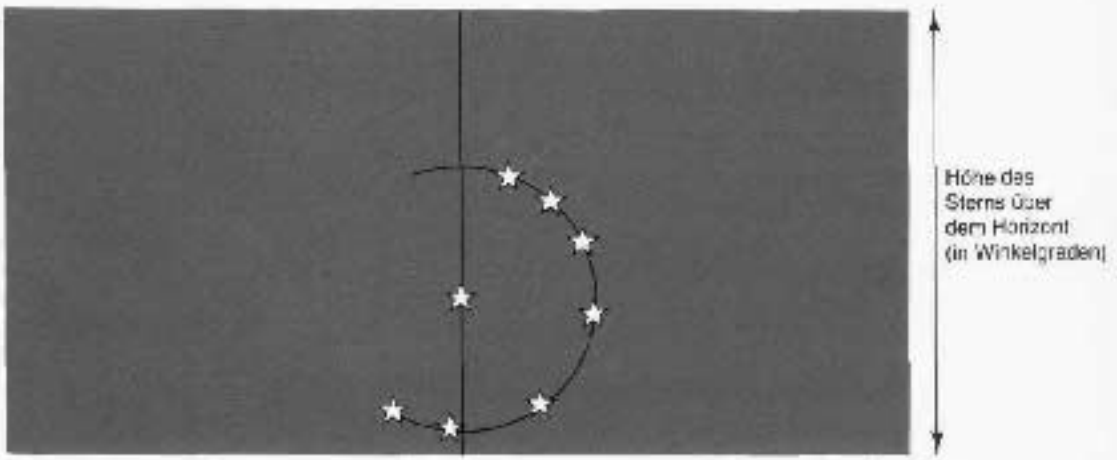


Abb. 6.5

Projekt 7 Die zirkumpolaren Sternbilder Der nördlichen Hemisphäre

Lange bevor die Menschen Landkarten anfertigten, zeichneten sie bereits Karten vom Himmel (Sternkarten). Tatsächlich wußten schon die Griechen, daß sie auf eine Sternkarte als Orientierungshilfe angewiesen waren, um überhaupt eine Landkarte anfertigen zu können. Die frühen Astronomen verbanden hellere Sterne zu phantasievollen Gestalten und Gruppierungen, die sie nach Tieren ihres Landes oder nach Sagenhelden und Göttern benannten. Die Sterne, aus denen diese Gruppierungen bestehen, bewegen sich zwar infolge der Erdrotation über den Himmel. Ihre Abstände voneinander aber scheinen sie, von der Erde aus gesehen, über lange Zeiträume hinweg nicht zu verändern. Daher heißen diese Sterne Fixsterne, und die Sterngruppierungen nennt man Sternbilder. Sterne leuchten am Himmel verschieden hell. Die Astronomen gaben den hellsten Fixsternen die Größenklasse 0, den schwächsten mit freiem Auge gerade noch sichtbaren Sternen die Größenklasse 6. In unsere Sternkarten (auf den ersten und letzten Seiten dieses Buches sowie auf den Seiten 21, 24 und 25) haben wir nur Sterne der Größenklasse 0 bis 5 aufgenommen. Dabei verwenden wir diese Symbole:

Wir beginnen damit, den Polarstern zu suchen. Mit seiner Hilfe können wir den Großen Wagen finden, zu jeder Jahreszeit, zu jeder Nachtstunde. Der Polarstern heißt so, weil er fast genau am Himmelspol steht, an der Stelle, um die sich die Zirkumpolarsterne bewegen. Der Polarstern (oder Polaris) wird auch Nordstern genannt, weil er stets über dem Nordpunkt des Horizonts steht. Dieser Tatsache werden wir uns bei der Suche nach ihm bedienen. Richten wir das Altazimut aus Projekt 6 auf einer waagrechten Fläche nach Norden aus (Abb. 7.1) und schwenken das Visierrohr so weit, bis sein Neigungswinkel der geographischen Breite des Beobachtungsorts entspricht. Durch das Röhrchen müßte jetzt der Polarstern zu sehen sein. Ist das nicht der Fall, peilen wir außen am Röhrchen entlang; wenn unser Instrument mit ausreichender Sorgfalt gebaut ist, müßte der Polarstern zu entdecken sein. Wenn wir uns nun ein Zifferblatt am Nordhimmel vorstellen, in dessen Mitte der Polarstern steht, ist mit Hilfe der Abb. 7.2 der Große Wagen leicht zu finden. Diese Zeichnungen skizzieren die

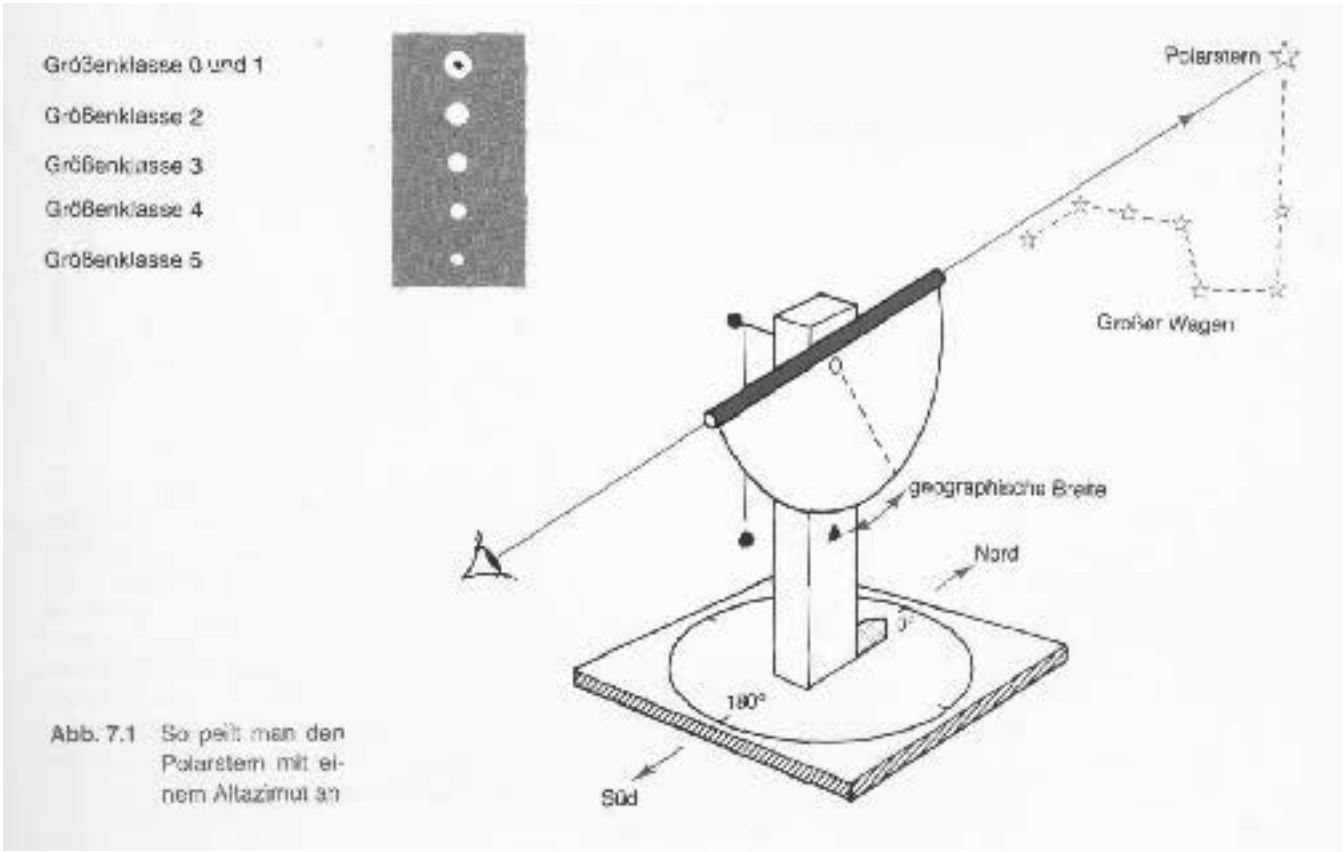


Abb. 7.1 So peilt man den Polarstern mit einem Altazimut an

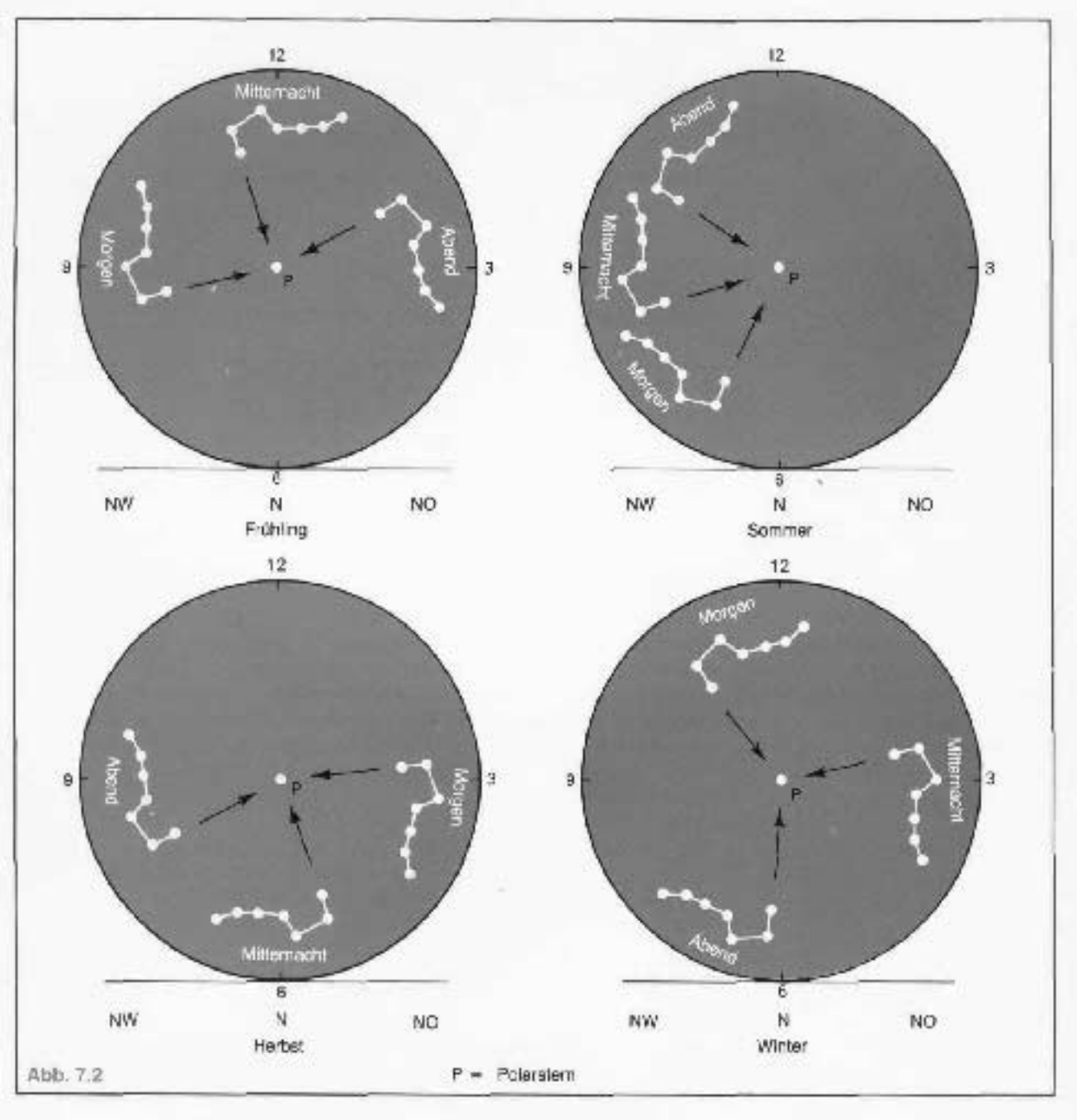


Abb. 7.2

Position des Großen Wagens relativ zum Polarstern jeweils für eine Jahreszeit, und zwar jeweils zu Beginn, in der Mitte und zu Ende einer Nacht.

Häufig wird der Große Wagen auch als Großer Bär bezeichnet. Genaugenommen ist der Große Bär aber ein größeres Sternbild (mit dem wissenschaftlichen Namen Ursa Maior); die sieben hellsten Sterne dieses Sternbilds bilden den Großen Wagen. Der Polarstern ist auch leicht zu finden, wenn man die Linie zwischen den beiden hinteren Kastensternen nach „oben" hin etwa fünfmal verlängert. Vom Großen Wagen ausgehend, können wir nun mit Hilfe der Sternkarte rechts (Abb. 7.3) weitere wichtige zirkumpolare Sternbilder identifizieren. Besonders einfach zu finden ist die Kassiopeia mit ihrer W-förmigen Gestalt; sie liegt, bezogen auf den Polarstern, dem Großen Wagen genau gegenüber. Recht leicht zu finden ist auch der Kleine Wagen oder Kleine Bär (Ursa Minor), dessen „Schwanzspitze" der Polarstern bildet. Die meisten anderen Sternbilder dieser Region sind etwas schwieriger zu identifizieren; aber die Sternkarte dürfte bei der Suche helfen, und mit einiger Übung wird man mit den Sterngruppierungen am Nachthimmel bald vertraut sein.

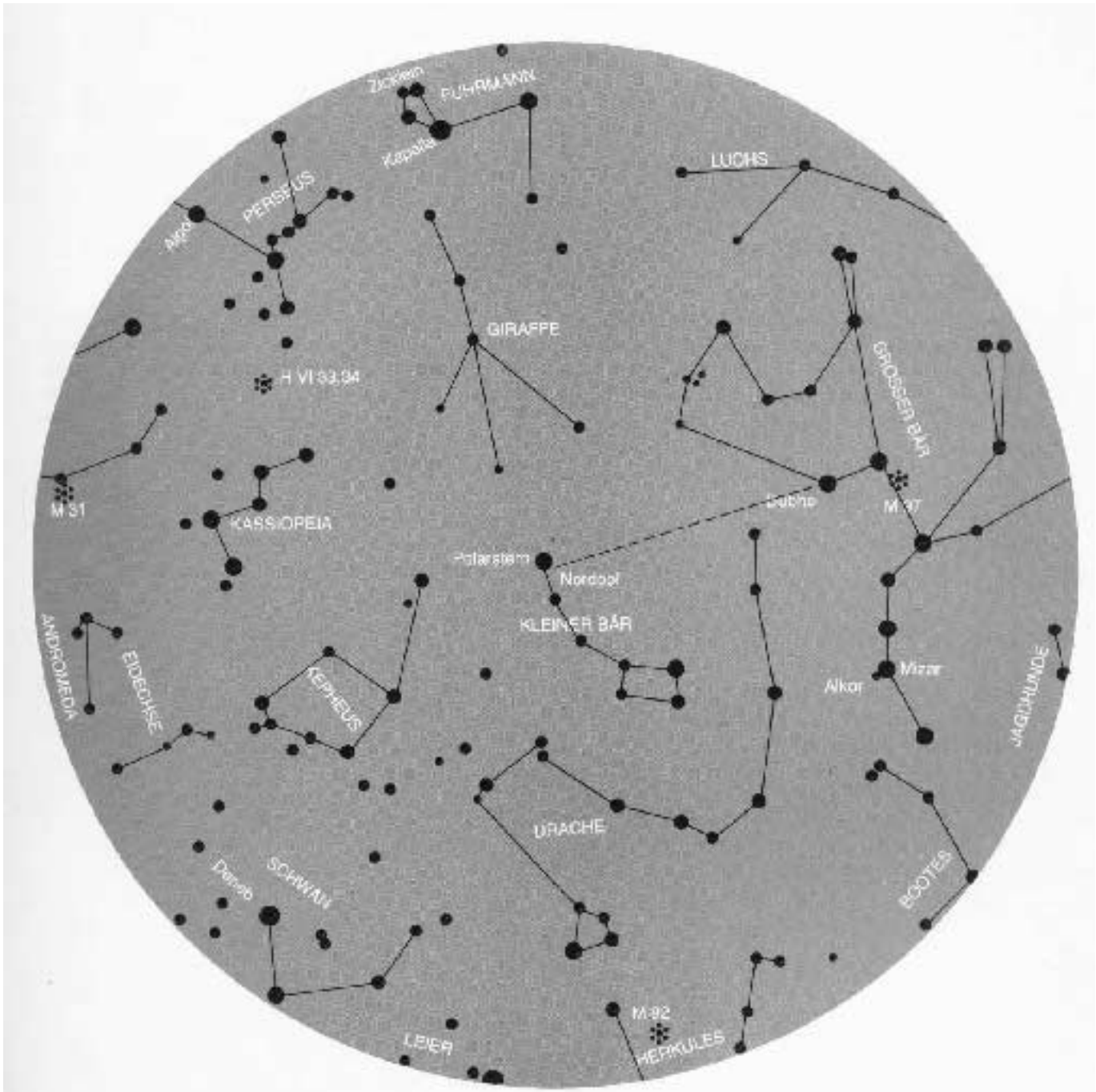


Abb. 7.3 Karte der nördlichen Zirkumpolarsternbilder

Projekt 8 Eine Sternuhr

In derselben Weise, wie wir die Sonne tagsüber zur Zeitbestimmung heranziehen können, läßt sich nachts anhand der Sterne die Zeit feststellen. In knapp 24 Stunden läuft der Große Wagen einmal um den Polarstern; pro Tag befindet er sich etwa vier Minuten früher an derselben Stelle. Der „Startpunkt" seiner nächtlichen Runde um den Polarstern verschiebt sich also im Laufe des Jahres. Der Bau eines Nokturnals, einer Sternuhr, muß diese Tatsache berücksichtigen.

Was wird gebraucht?

Glasklare Kunststoffolie, ca. 1 mm stark; eine Versandtaschenverschlußklammer mit rundem Kopf; farbiges Klebeband.

Was ist zu tun?

Man überträgt die Zeichnungen von Abb. 8.3 auf die Folie und schneidet die drei Teile aus. Durch die schwarz markierten Punkte auf jedem Bauteil bohrt man ein Loch, durch das die Verschlußklammer hindurchpaßt. Den in der Zeichnung schraffierten Teil des Zeigers überklebt man mit einem Streifen farbigem Klebeband. Die Teile werden übereinander gelegt und mit der Klammer verbunden (Abb. 8.1). Damit ist ein einfaches Nokturnal fertig.

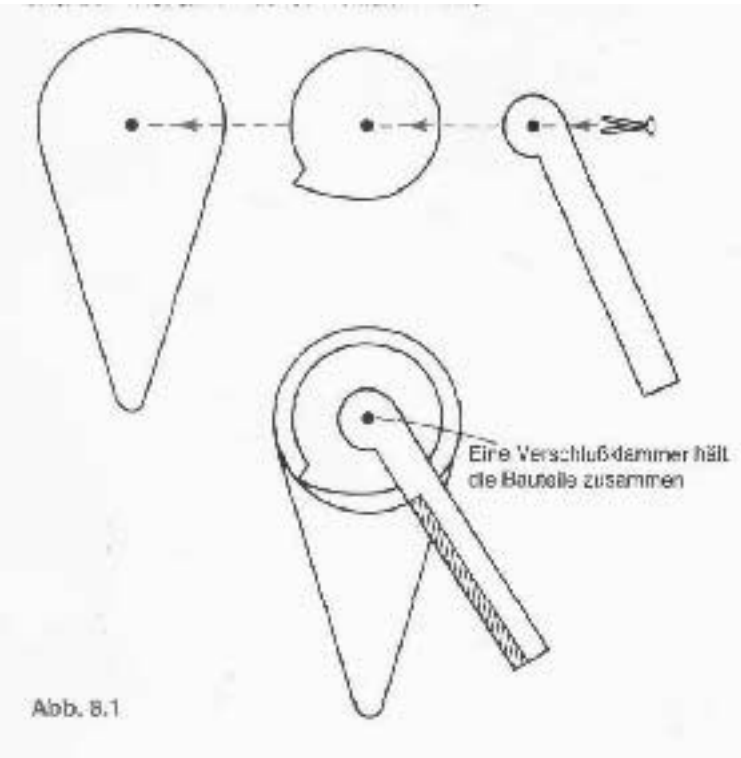


Abb. 8.1

Die Verwendung des Nokturnals

Zunächst ist die innere Skalenscheibe so zu drehen, daß ihr Zeiger auf der äußeren Skala auf das momentane Datum weist. Man hält nun das Nokturnal so genau wie möglich senkrecht, blickt in Richtung Norden und bedeckt den Polarstern mit dem Kopf der Klammer. Der Arm des Nokturnals wird so weit geschwenkt, bis seine untere Kante genau an den beiden hinteren Kastensternen des Großen Wagens anliegt (Abb. 8.2). Die innere Skala darf sich bei der Bewegung des Zeigers nicht mitdrehen! Auf der inneren Skalenscheibe kann nun an der unteren Kante des Zeigers die Uhrzeit abgelesen werden.

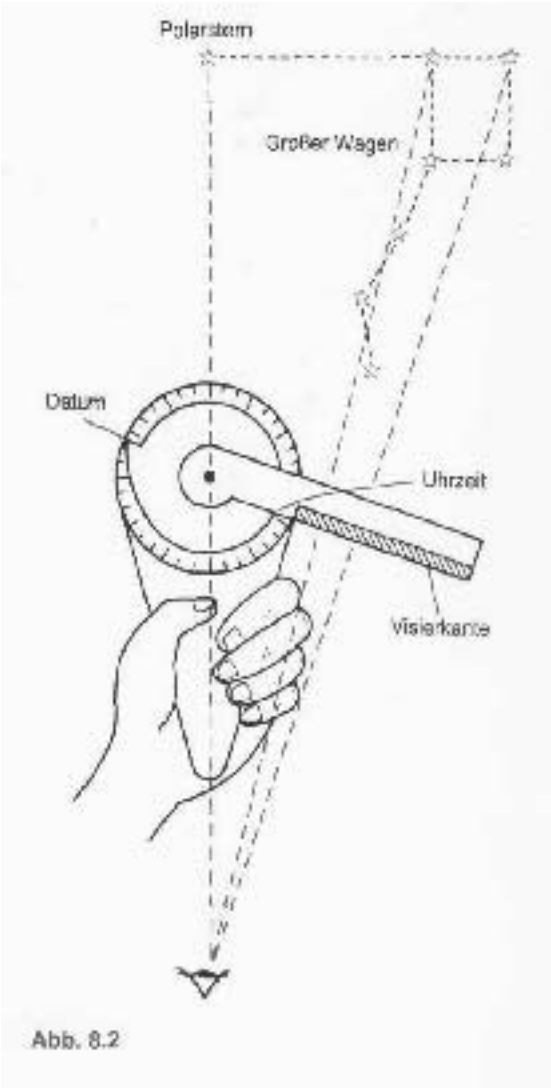


Abb. 8.2

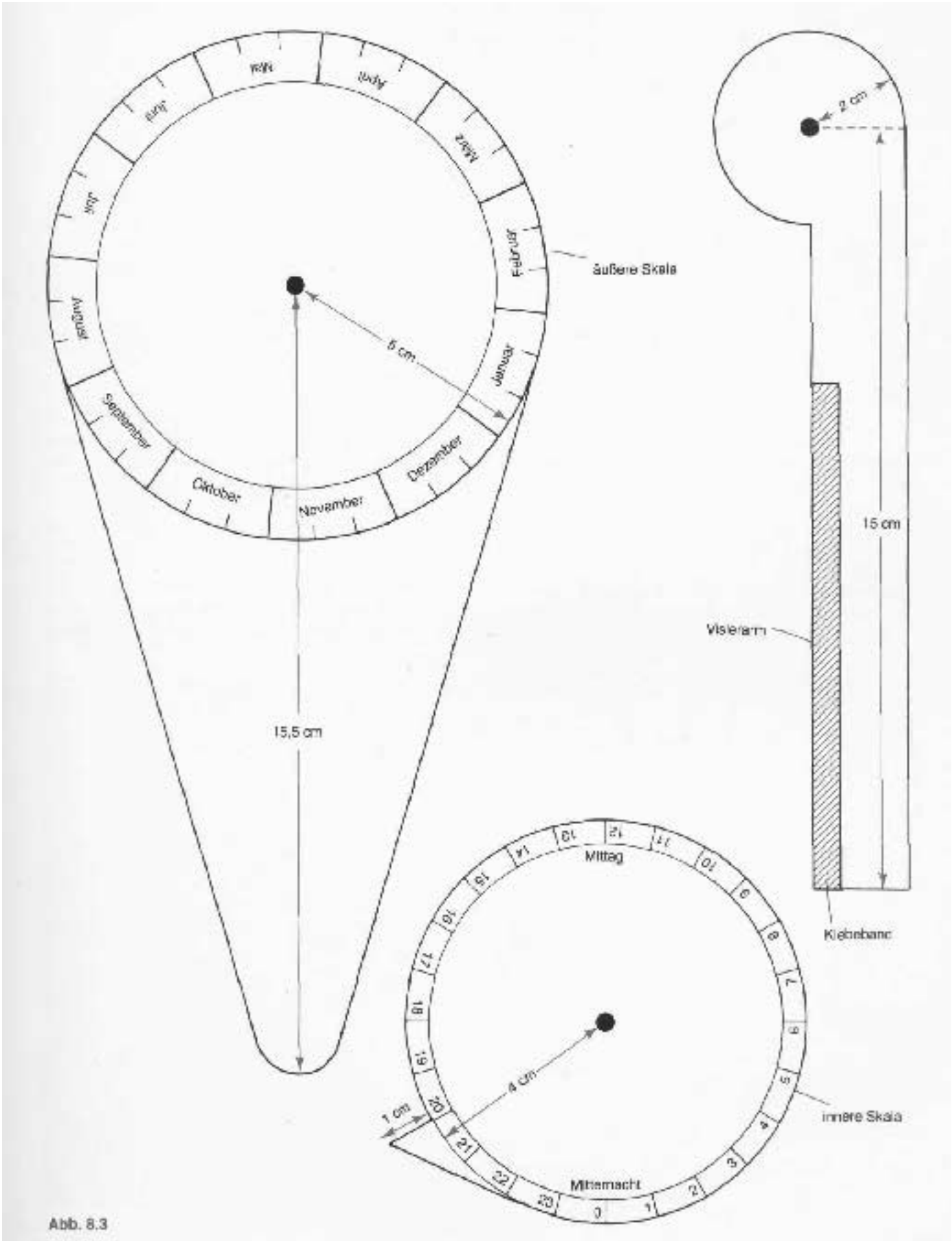

Februar
Januar
Dezember
November
Oktober
September
August
Juli
Juni
Mai
April
März
Äußere Skala
6 cm
15,5 cm
2 cm
15 cm
Visierarm
Klebebanc
Mittag
Mitternacht
4 cm
1 cm
Innere Skala

Abb. 8.3

Projekt 9 Die Sternbilder der verschiedenen Jahreszeiten

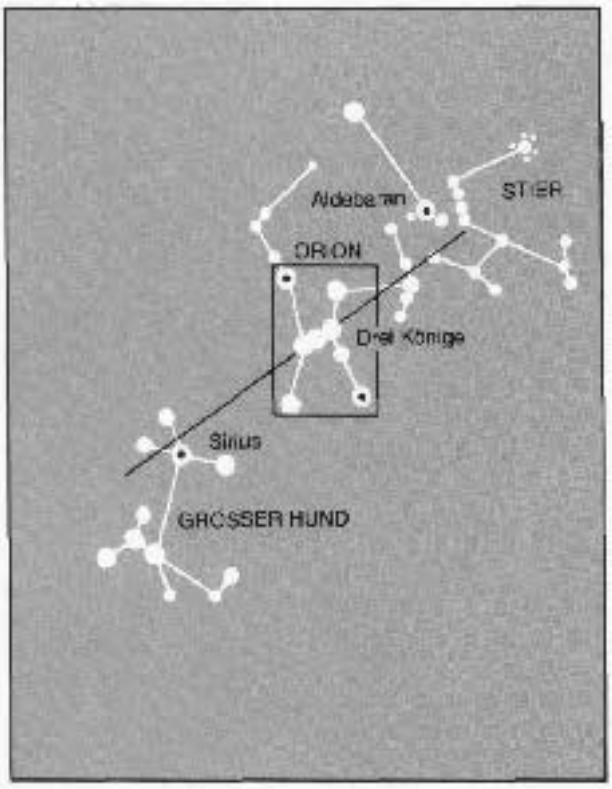
Die zirkumpolaren Sterne kann man das ganze Jahr hindurch beobachten. Andere Sternbilder sind jedoch nur zu bestimmten Jahreszeiten sichtbar. In dieser Aufgabe werden wir einige dieser Sternbilder aufsuchen. Die Beschreibungen, die hier gegeben werden, beziehen sich auf die Sternkarten auf den ersten und letzten Seiten.

Die Wintersternbilder

Wir beginnen mit dem Wintersternhimmel, weil er viel helle Sterne und mehrere einfach aufzufindende Sternbilder aufweist. Am leichtesten zu identifizieren ist Orion, der Himmelsjäger mit seinen drei Gürtelsternen, die fast gleich hell leuchten und in einer geraden Linie stehen; sie werden manchmal auch „Drei Könige" genannt. Sie umgibt ein hochkant stehendes Rechteck, das den Körper des Orion darstellen soll. Die Wintersternkarte dürfte zusammen mit Abb. 9.1 beim Auffinden des Orion eine gute Hilfe sein. Wenn man die Linie, die die Gürtelsterne des Orion bilden, nach links unten verlängert, trifft man auf den hellsten Stern des Himmels, den Sirius oder Hundsstern. Er wurde so genannt, weil er zum Kopf des Großen Hundes (Canis Maior) des Himmelsjägers Orion gehören sollte. Verlängert man dieselbe Verbindungslinie nach rechts, kann man etwas oberhalb ihrer einen rötlichen Stern entdecken, der Aldebaran heißt und ein Auge des Stieres (Taurus) darstellt. Versuchen wir, mit der Wintersternkarte und der Abb, 9.1 wettere Sterne und Sternbilder zu identifizieren.

Die Frühlingssternbilder

Der Große Wagen ist, wie wir schon gesehen haben, ein Teil des Sternbildes Großer Bär (Ursa Maior). Am oberen Rand der Sternkarte (Abb. 9.2) sind die „Beine" des Großen Bären zu erkennen. Knapp unterhalb davon kann man das Sternbild des Löwen (Leo) finden. Im Frühjahr steht der Große Bär sehr hoch am Himmel, und der Löwe befindet sich südlich von ihm. Er kann zusätzlich anhand einer auffälligen Sternkette, die wie ein seitenverkehrtes Fragezeichen aussieht und die Mähne des Löwen darstellen soll, identifiziert werden. Regulus ist, wie es Abb. 9.2 zeigt, der hellste Stern im Löwen. Links des Löwen und ein wenig



Die wichtigsten Sternbilder: Abb. 9.1 Winter

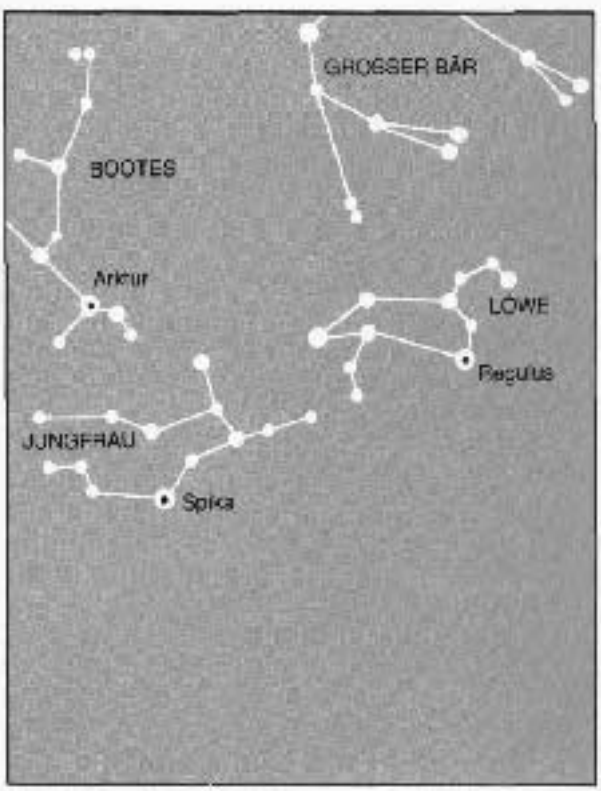


Abb. 9.2 Frühling

tiefer am Himmel steht die Konstellation Jungfrau (Virgo). Der hellste Stern dieses Sternbildes heißt Spika. Ein wenig links oberhalb von Spika trifft man auf einen recht hellen Stern, den Arktur, den hellsten Stern im Sternbild Bootes (Ochsentreiber). Die drei Sterne Spika, Arktur und Regulus bilden ein Dreieck am Frühlingshimmel, das sich beim Aufsuchen anderer Sternbilder als äußerst nützlich erweist („Ptolemäisches Dreieck").

Die Sommersternbilder

Der Sommerhimmel wird von einem ausgedehnten Sternendreieck beherrscht, dem sogenannten Sommerdreieck. Es geht am frühen Abend im Osten auf, steht gegen Mitternacht fast senkrecht über dem Beobachter und ist kurz vor Sonnenaufgang noch am Westhimmel sichtbar. Jeder seiner drei Ecksterne gehört zu einem anderen Sternbild (siehe Abb. 9.3). Deneb bildet den Schwanz des Schwans (Cygnus); Wega befindet sich im Sternbild Leier (Lyra), und Atair leuchtet im Adler (Aquila). An klaren Abenden können wir - fernab von störender Stadtbeleuchtung - erkennen, daß quer durch das Sommerdreieck die Milchstraße verläuft. Die Milchstraße ist, wie schon erwähnt, unsere eigene Galaxis. Östlich des Sommerdreiecks kann man das recht kleine und unscheinbare Sternbild Delphin entdecken.

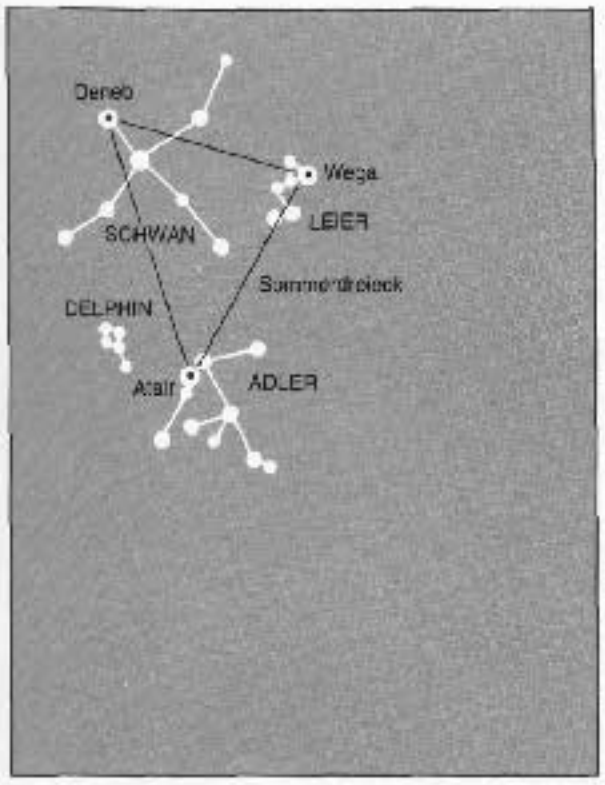


Abb. 9.3 Sommer

Die Herbststernbilder

Die auffälligste Erscheinung am Herbststernhimmel ist das große Quadrat des Pegasus (Abb. 9.4). Pegasus, das geflügelte Roß, liegt- blickt man in südliche Richtung - „auf dem Rücken". Östlich des Pegasus befindet sich das Sternbild Andromeda. Die Linie, auf der die beiden westlichen Sterne des Pegasusquadrats liegen, trifft in ihrer Verlängerung genau auf den Polarstern. Diese Beschreibungen sollen helfen, die bedeutendsten Sternbilder der verschiedenen Jahreszeiten zu finden. Wer einmal diese Sternbilder kennengelernt und sich eingeprägt hat, kann sich an die Aufgabe machen, die weniger geläufigen und auch schwerer identifizierbaren Sternbilder aufzusuchen.

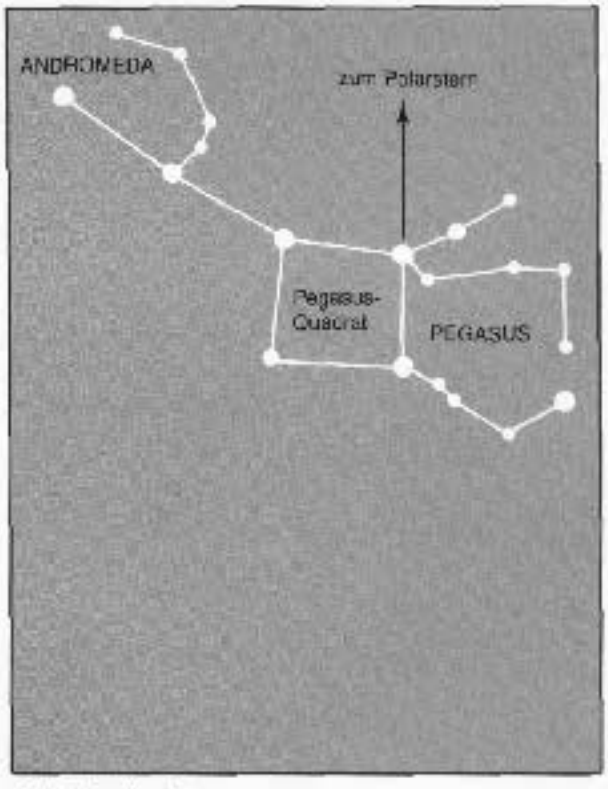


Abb. 9.4 Herbst

Projekt 10 Eine einfache drehbare Sternkarte

Eine drehbare **Sternkarte** oder Planisphäre wird verwendet, **um festzustellen,** welche Sternbilder an welchem **Datum** zu welcher Uhrzeit **zu sehen sind.** Im folgenden wird der **Bau einer solchen Planisphäre beschrieben. Sie** stellt keine echte, **exakte Sternkarte dar, sondern nur ein** einfaches **Hilfsmittel, um sich am Sternhimmel zurechtzufinden. Sie zeigt nur die wichtigsten Sterne eines Sternbilds, und** daher **unterscheiden sich die Sternbilder ein wenig von denen, wie sie die** exakten **wissenschaftlichen Sternkarten verzeichnen. Sternbilder werden oft unterschiedlich dargestellt. Man** lasse sich **nicht davon** verwirren, **denn es gibt** keine **einzig „richtige"** Methode, **Sternbilder darzustellen.**

Was wird gebraucht?

Dünner, fester Karton; eine glasklare Kunststoff- oder Zelluloidscheibe; eine Verschlußklammer; Klebstoff.

Was ist zu tun?

1 Wir übertragen die Sternkarte {Abb. 10.2) auf den Karton und schneiden sie aus.
2 Die runde Deckscheibe (Abb. 10.3) übertragen wir auf festes Papier und schneiden sie aus; ebenso muß die gerasterte Fläche sorgfältig ausgeschnitten werden.
3 Die Deckscheibe wird auf die Kunststoffolie geklebt, die überstehenden Teile der Folie werden sorgfältig abgeschnitten.
4 In die Mitte der beiden Scheiben bohren wir jeweils ein kleines Loch und verbinden sie mit der Verschlußklammer (Abb. 10.1).

Sehr bewährt haben sich die preiswerten drehbaren Sternkarten aus dem KOSMOS-Verlag, die jede gute Buchhandlung führt bzw. rasch besorgen kann (siehe Anhang 4).

Wie arbeitet man mit der drehbaren Sternkarte?

Um herauszufinden, welche Sternbilder an einem bestimmten **Datum zu einer bestimmten Nachtzeit zu** sehen sind, **bringt man die Zeitangabe auf der** Deckscheibe mit der **Datumsangabe auf der Sternkarte zur Deckung.** Da muß man **ein wenig „über den Daumen peilen", denn unsere Planisphäre** ist zu klein, als daß sie Datum und **Uhrzeit genau anzeigen könnte. Im** durchsichtigen **Fenster der Deckscheibe erscheinen dann die** Sternbilder, **die beobachtet** werden **können. Um** Richtung und Stellung der Sterne am **Himmel auszumachen,** hält man die Planisphäre senkrecht vor sich, und **zwar so, daß die auf der Karte eingetragene** zutreffende **Himmelsrichtung nach unten weist** (Beispiel: **Blickt man nach Westen,** muß das Wort **„Westen" am** Rand **des Fensters nach unten** weisen).

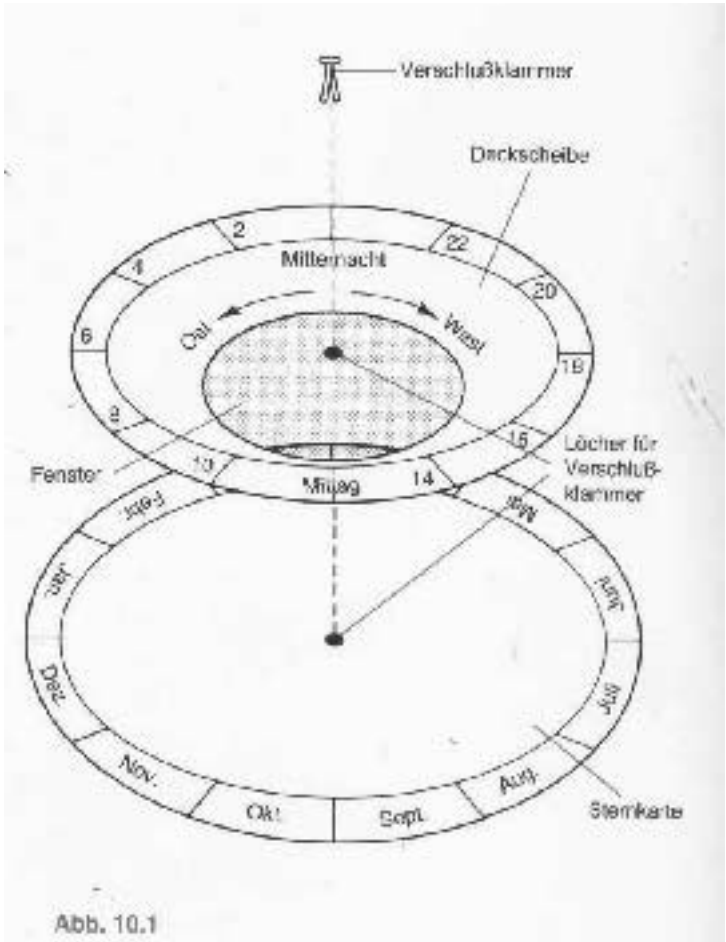


Abb. 10.1

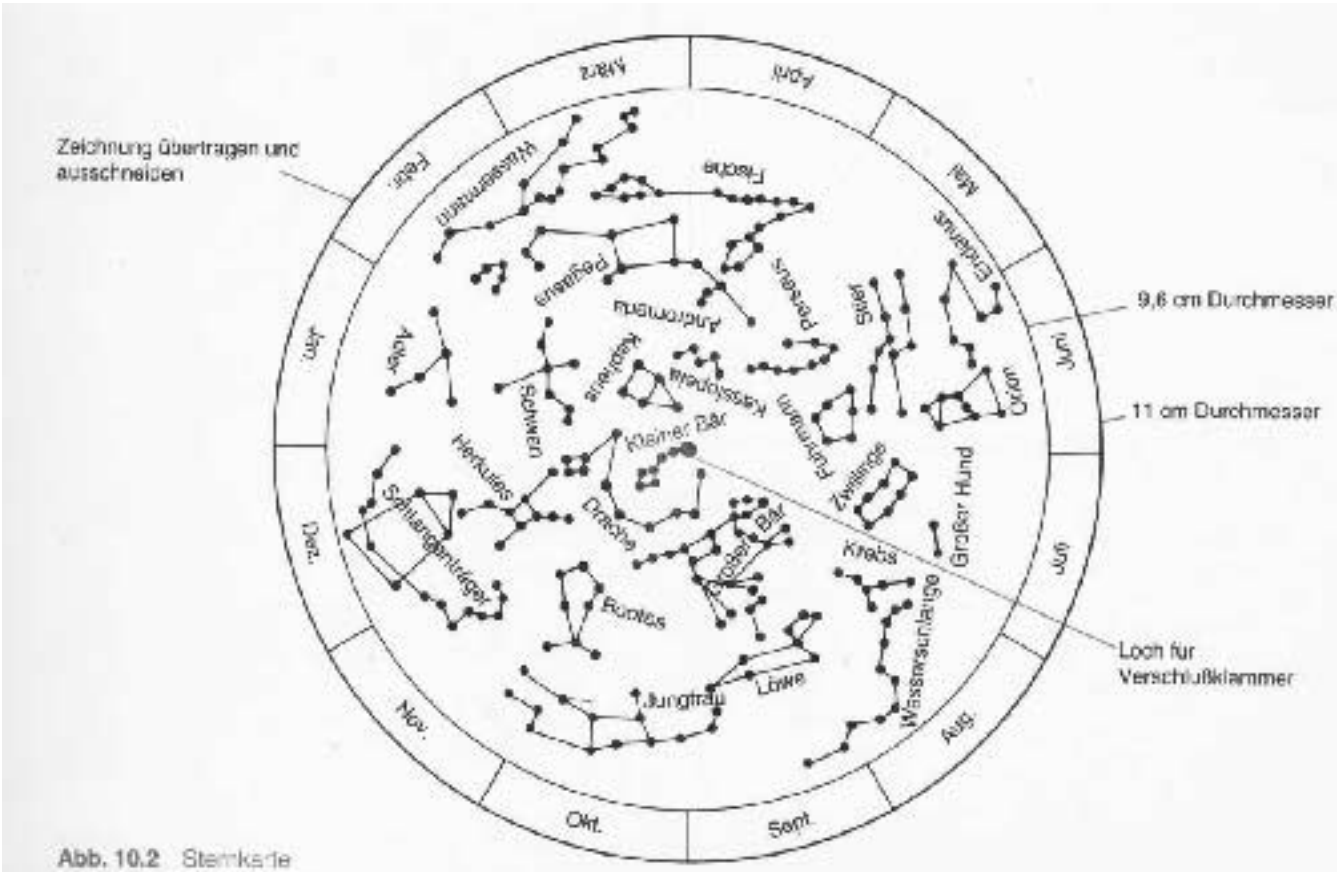


Abb. 10.2 Sternkarte

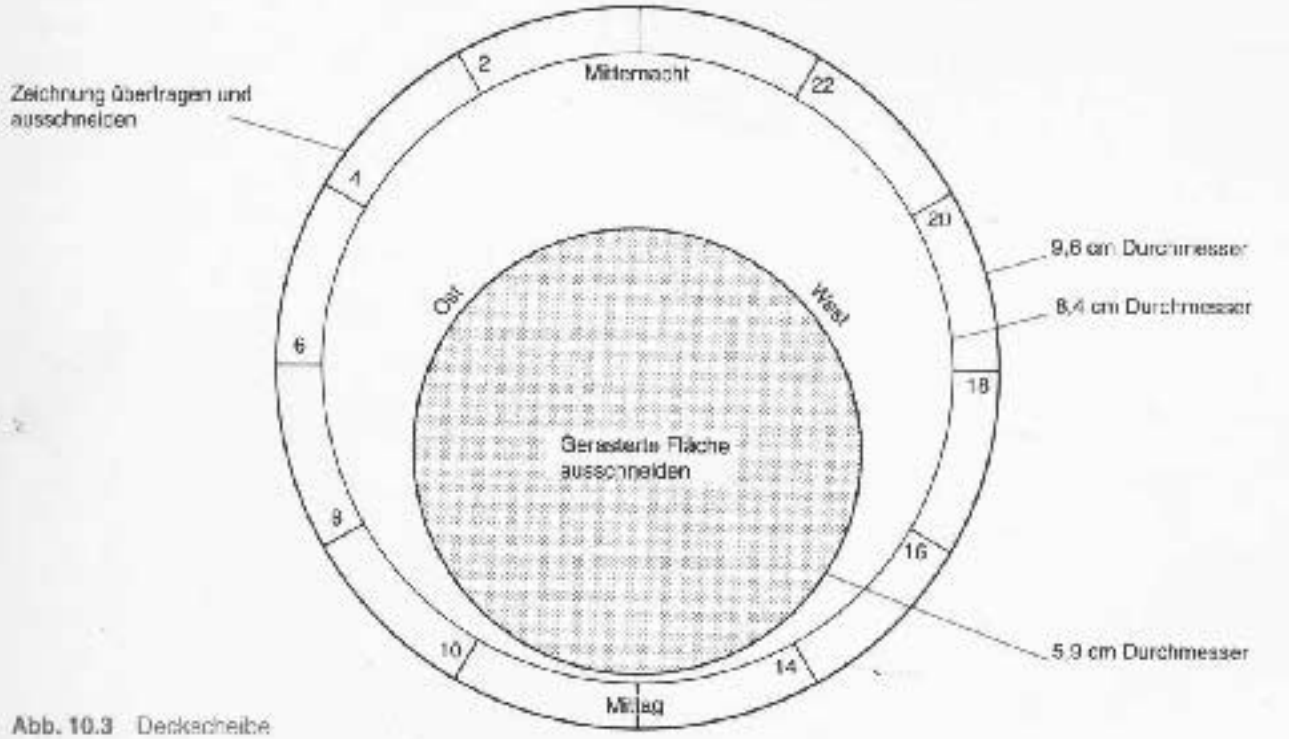


Abb. 10.3 Deckscheibe

Projekt 11 Bewegung und Phasen des Mondes

Sternkarten lassen sich anfertigen, weil die Fixsterne, von der Erde aus gesehen, ihre Stellung zueinander über lange Zeiträume hinweg nicht verändern. Der Mond jedoch verändert seine Position vor den Sternen, und zwar sowohl im Verlauf eines Monats wie auch eines Jahres. Außerdem zeigt der Mond Phasen, d. h. im Laufe eines Monats erstrahlen verschiedene Teil des Mondes im Sonnenlicht. In diesem Projekt stellen wir fest, wie sich der Mond vor den Sternen weiterbewegt und wie dabei seine Phasen wechseln. Diese Aufgabe nimmt ungefähr einen Monat in Anspruch.

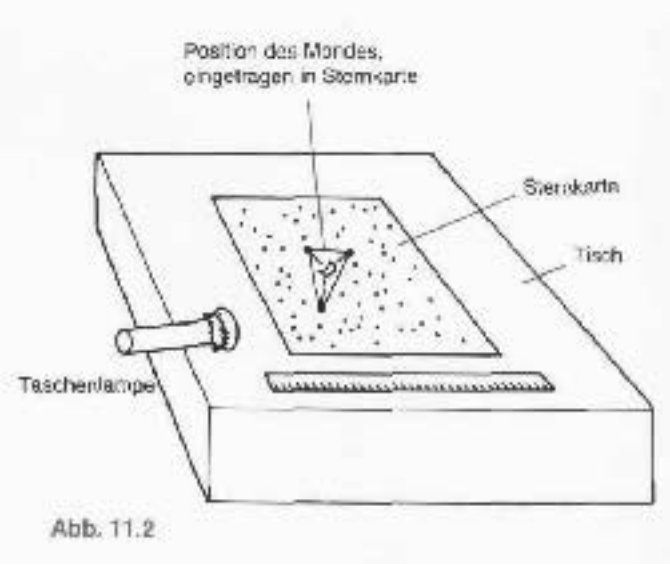


Abb. 11.2

Was wird gebraucht?

Kopien der für den Beobachtungszeitraum zutreffenden Sternkarten vom Anfang bzw. Schluß des Buchs; Taschenlampe; ein Stück roter Stoff; Gummiring; zwei transparente Lineale, ca. 30 cm lang; ein Rundholz 50 cm lang, 2 cm 0 (z. B. ein Stück von einem alten Besenstiel); Holzschraube und Bohrer.

Was ist zu tun?

1 Wir bauen ein Peilgerät, einen „Jakobsstab": In die Mitte des einen Lineals und in ein Ende des Rundholzes ein Loch bohren und das Lineal am Holz festschrauben (Abb. 11.1).

2 Die Taschenlampe wird mit dem roten Stoff (mit Gummiring festgehalten) abgeblendet.

3 Wir wählen einen Platz im Freien, von dem aus der Himmel gut überschaubar ist, und beginnen mit unseren Beobachtungen zwei oder drei Tage nach Neumond. Es soll schon so dunkel sein, daß genügend Sterne zu sehen sind. Diese Uhrzeit behalten wir während der ganzen Beobachtungen bei.

4 In welchem Sternbild steht der Mond gerade? Mit dem Jakobsstab bestimmen wir die Abstände zwischen den drei hellsten Sternen dieses Sternbilds. Dann messen wir auch den Abstand des Mondes von diesen Sternen {Abb. 11.1).

5 Unsere Beobachtungen tragen wir in der Sternkarte ein (mit einfachen Verhältnisrechnungen müssen die Meßwerte auf den Maßstab der Sternkarte gebracht werden) und zeichnen die Position des Mondes genau ein. Die präparierte Taschenlampe soll bei der Arbeit helfen, ohne andererseits bei der Beobachtung des Nachthimmels zu blenden.

6 Wir halten fest, wieviel von der Mondscheibe sichtbar ist. Zum Schluß versehen wir die Kopie der Sternkarte mit dem Datum.

7 Diese Messungen wiederholen wir über vier Wochen hinweg täglich. In der Neumondphase ist der Mond unsichtbar, weil er nahe bei der Sonne steht und uns seine unbeleuchtete Seite zuwendet. Noch ein Hinweis: Es ist möglich, daß man im Verlauf der Beobachtungsperiode zur „nächsten" Sternkarte übergehen muß.

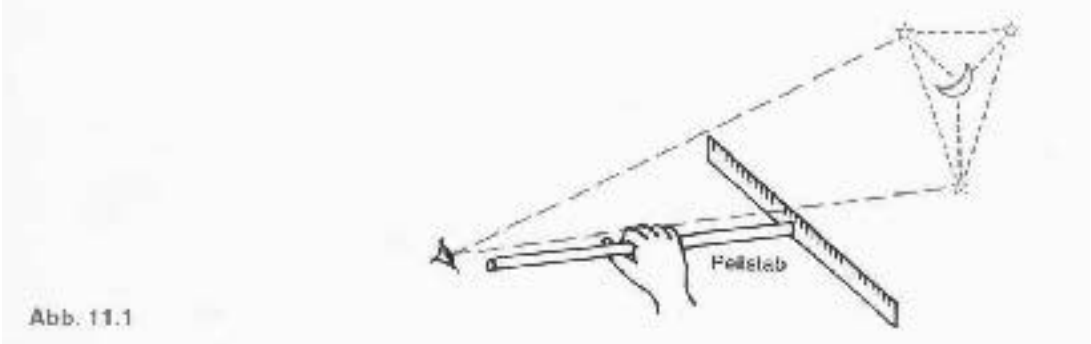


Abb. 11.1

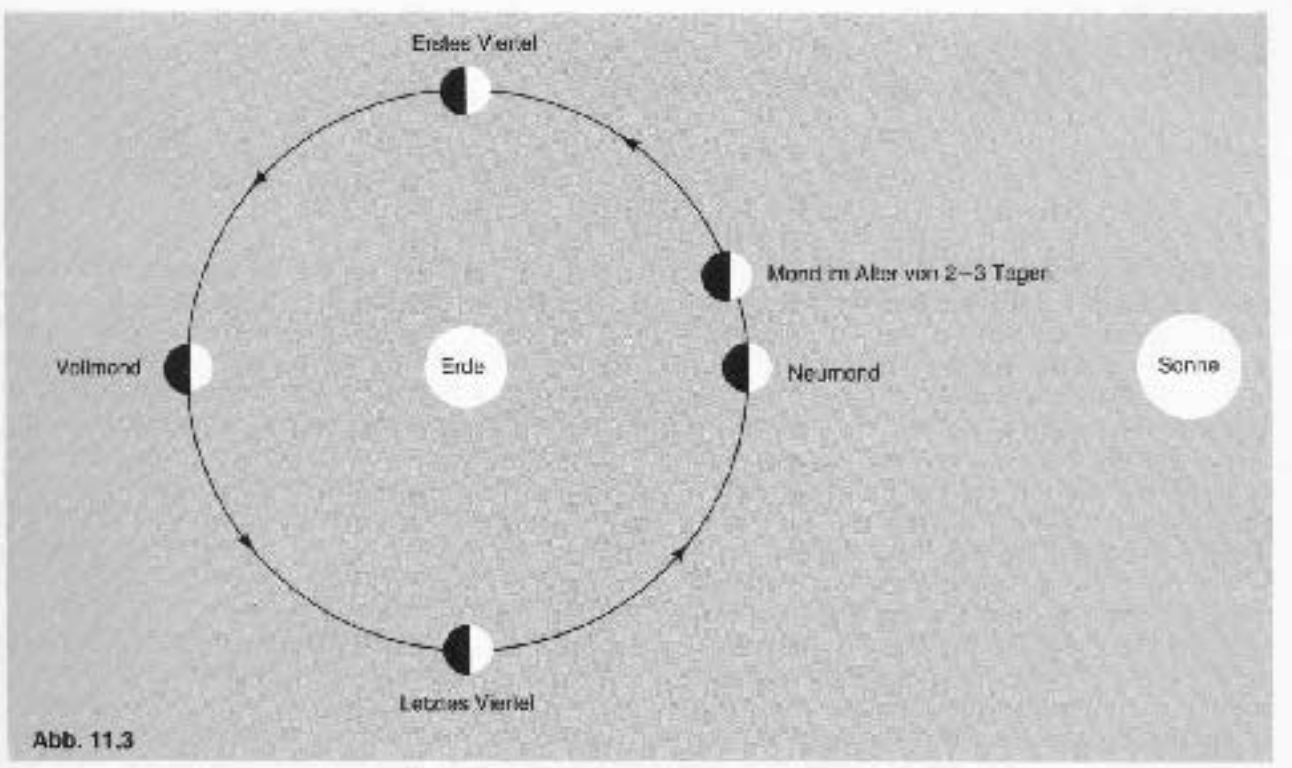


Abb. 11.3

Wir werden folgendes beobachten: Im Alter von zwei bis drei Tagen zeigt der Mond eine ganz schmale Sichel, und er steht sehr tief am westlichen Himmel. Nach fünf bzw. vier Tagen erreicht der Mond sein sogenanntes Erstes Viertel; er steht gegen 18 Uhr im Süden, und die rechte Hälfte seiner Scheibe ist ausgeleuchtet. Sieben Tage später ist dann Vollmond, der Mond geht etwa bei Sonnenuntergang im Osten auf, und seine ganze Scheibe leuchtet hell. Wieder eine Woche später geht der Mond erst gegen Mitternacht auf, und die linke, östliche Hälfte seiner Scheibe ist beleuchtet; diese Phase wird als Letztes Viertel bezeichnet. Auf der Nordhalbkugel der Erde steht der Mond immer im Süden, wenn er seine größte Höhe über dem Horizont erreicht, „kulminiert".

Die Beobachtung des Mondes mit dem freien Auge ist eine wichtige Grundlage für die Beobachtung mit dem Fernrohr, die Thema eines weiteren Projekts ist.

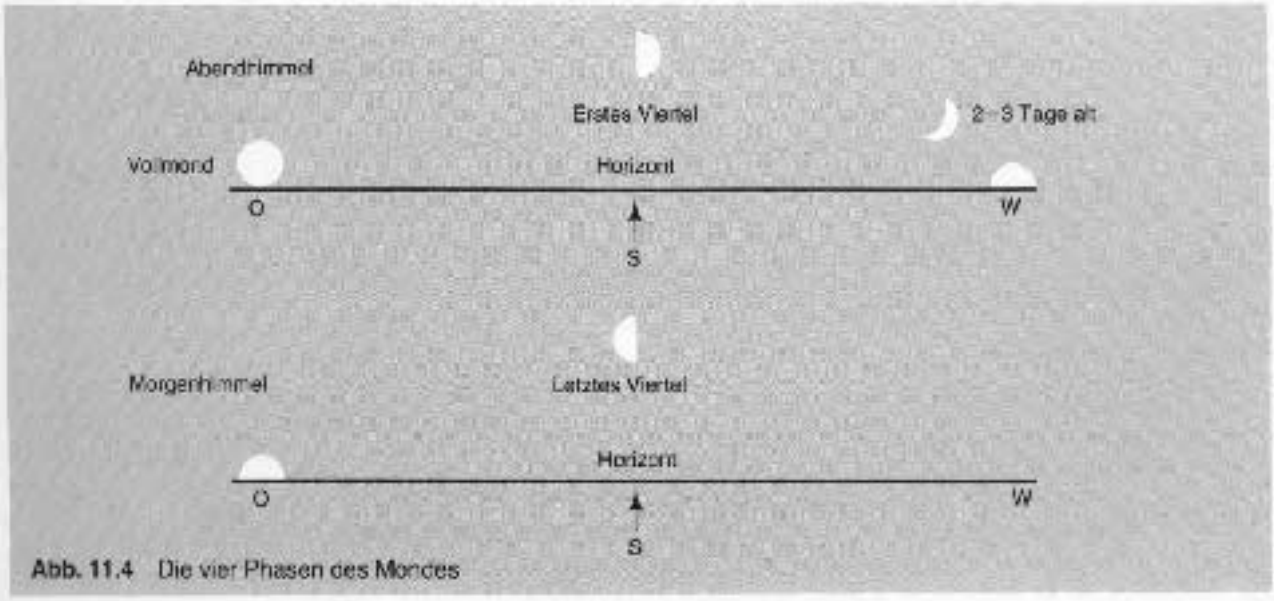


Abb. 11.4 Die vier Phasen des Mondes

Projekt 12 Die Bewegung der Planeten

Die Planeten unterscheiden sich im Aussehen nicht von anderen Sternen, doch in bezug auf diese Fixsterne verändern sie ihre Position. Sie nehmen zwar an der allgemeinen Ost-West-Bewegung des Sternhimmels teil, bewegen sich aber auch langsam zwischen den Sternen weiter. Bei einigen Planeten wird diese Bewegung nach mehreren Tagen bemerkbar, bei anderen erst nach Wochen, und in einigen Fällen gar erst nach etlichen Monaten. Außer der Erde gibt es acht größere Planeten; fünf davon sind schon mit freiem Auge sichtbar: Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn. Merkur ist sehr schwer zu entdecken, da er immer ziemlich nah bei der Sonne steht und in der Morgen- oder Abenddämmerung meist überstrahlt wird. Daher werden wir ihn bei diesem Projekt nicht berücksichtigen. Wenn wir unsere Beobachtungen über einige Monate hinweg betreiben, werden wir bei diesem Langzeitprojekt zwar schon einige Erkenntnisse verbuchen können; doch weit mehr werden wir profitieren, wenn wir die Beobachtungen über einige Jahre hinweg fortführen.

Was wird gebraucht?

Taschenlampenbatterie; passende Glühbirne mit Fassung; isolierter Kupferdraht; Schuhkarton mit Deckel; Plexiglasscheibe mit den Abmessungen des Kartondeckels; farbige Filzstifte; Transparentpapier; Klebestreifen; Kopien der Sternkarten aus Projekt 11 auf Transparentpapier; Jakobsstab aus Projekt 11. Ebenso benötigt man Übersichtskarten mit den Stellungen der Planeten für jeden Monat, die in manchen Tageszeitungen regelmäßig abgedruckt werden. Solche Darstellungen finden sich auch in astronomischen Jahrbüchern (siehe Anhang 4), wie etwa dem „Himmelsjahr" aus dem KOSMOS-Verlag.

Was ist zu tun?

Das Verfahren ist dasselbe wie in Projekt 11: Die Änderung der Planetenpositionen werden relativ zu den Hintergrundsternen aufgezeichnet; nur verwenden wir hier auf Transparentpapier kopierte Sternkarten und einen einfachen Leuchttisch.

1 In den Deckel des Schuhkartons eine rechteckige Öffnung schneiden, dabei einen 2 cm breiten Rand stehen lassen (Abb. 12.1 a).
2 Die Plexiglasplatte auf die Maße des Deckels zuschneiden und auf den „Rahmen" kleben.
3 Ein Stück Transparentpapier wird von unten in den

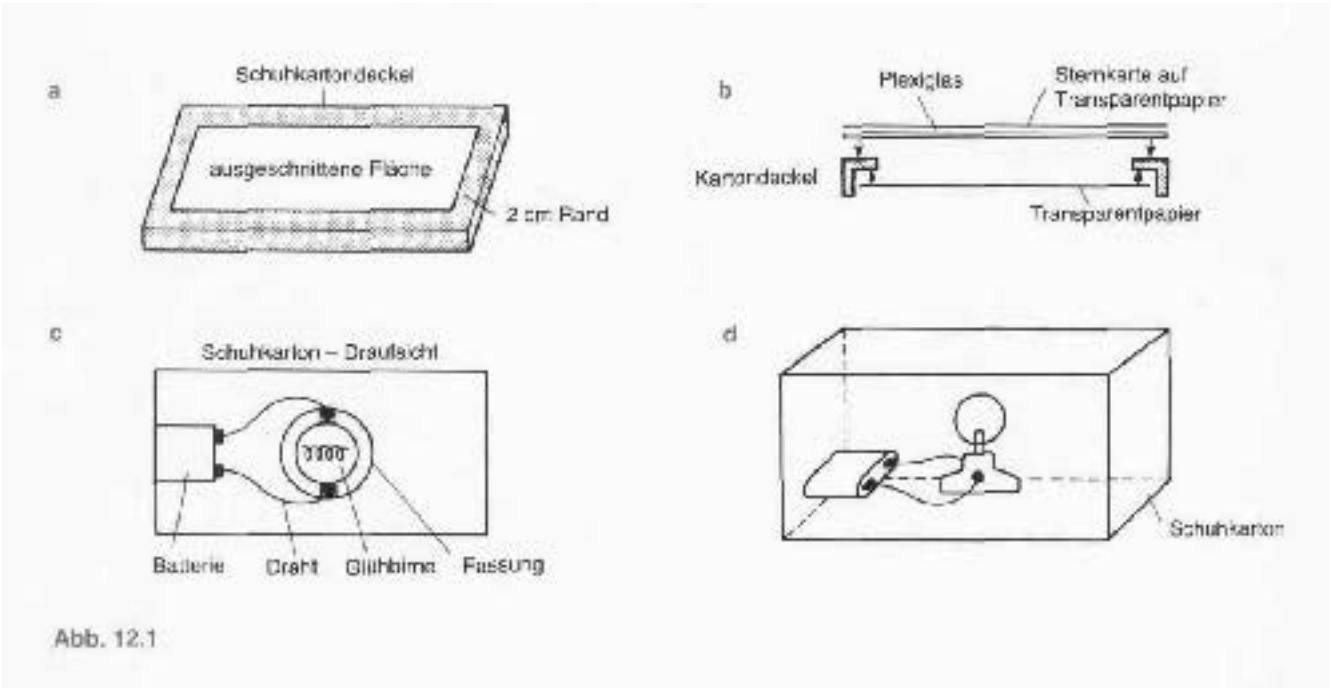


Abb. 12.1

Deckel geklebt; dadurch wird das Licht von der Glühlampe besser gestreut (Abb. 12.1 b). 4 Mit dem Kupferdraht die Birnenfassung mit der Batterie verbinden und das Ganze mit Hilfe von Isolierband im Schuhkarton montieren. Durch Ein- und Herausdrehen der Birne wird der Leuchttisch ein- und ausgeschaltet.

Einige Zeitungen und Zeitschriften veröffentlichen einmal im Monat Übersichtskarten, die die Positionen der fünf mit bloßem Auge beobachtbaren Planeten vor den Hintergrundsternen skizzieren. Diese Planetenkarten sind natürlich sehr einfach gehalten; sie zeigen nur die auffälligsten Sterne und Sternbilder. Aber sie genügen als Anhaltspunkt dafür, wo man einen bestimmten Planet finden kann (ein Beispiel gibt Abb. 12.2).
Wir zeichnen die Planetenpositionen in die Sternkarten ein, am besten mit einer anderen Farbe für jeden Planeten. Da sich die Planeten vor den Hintergrundsternen unterschiedlich schnell bewegen, ist es nicht notwendig, die Positionen jeden Tag einzutragen. Bei Venus genügt ein- oder zweimal pro Woche, Mars einmal pro Woche; Jupiter und Saturn braucht man sogar nur zweimal im Monat zu vermerken. Mit den erwähnten Monatsübersichtskarten lassen sich die Planeten einigermaßen sicher finden; doch versuchen wir, die aktuellen Planetenpositionen anhand unserer eigenen Beobachtungen zu bestimmen. Die Übersichtskarten geben in der Regel die Planeten öfter für Anfang, Mitte und Ende eines betreffenden Monats an, und diese Positionen müssen nicht genau mit den Beobachtungen übereinstimmen, da wir auch an anderen Tagen Ausschau halten.

Aus unseren Beobachtungen sollte auch hervorgehen, daß sich die Planeten mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten vor den Hintergrundsternen bewegen, und es sollte auch möglich sein, die Planeten nach ihren Geschwindigkeiten zu ordnen. Wahrscheinlich ist auch zu entdecken, daß jeder Planet seine Eigengeschwindigkeit verändert und manchmal sogar stillzustehen scheint. Auch seine Bewegungsrichtung unterliegt Veränderungen; zeitweise wandert er rückwärts, er wird „rückläufig". Im Anhang 5 wird veranschaulicht, wie diese merkwürdigen Bahnen zustande kommen.

In den nächsten Projekten werden wir einiges über Optik und Fernrohrbau lernen. Wir können dann die Planeten mit einem Fernrohr beobachten; doch die Beobachtungen mit dem bloßen Auge sind notwendig, Planeten identifizieren zu können und ihre Bahnen kennenzulernen.

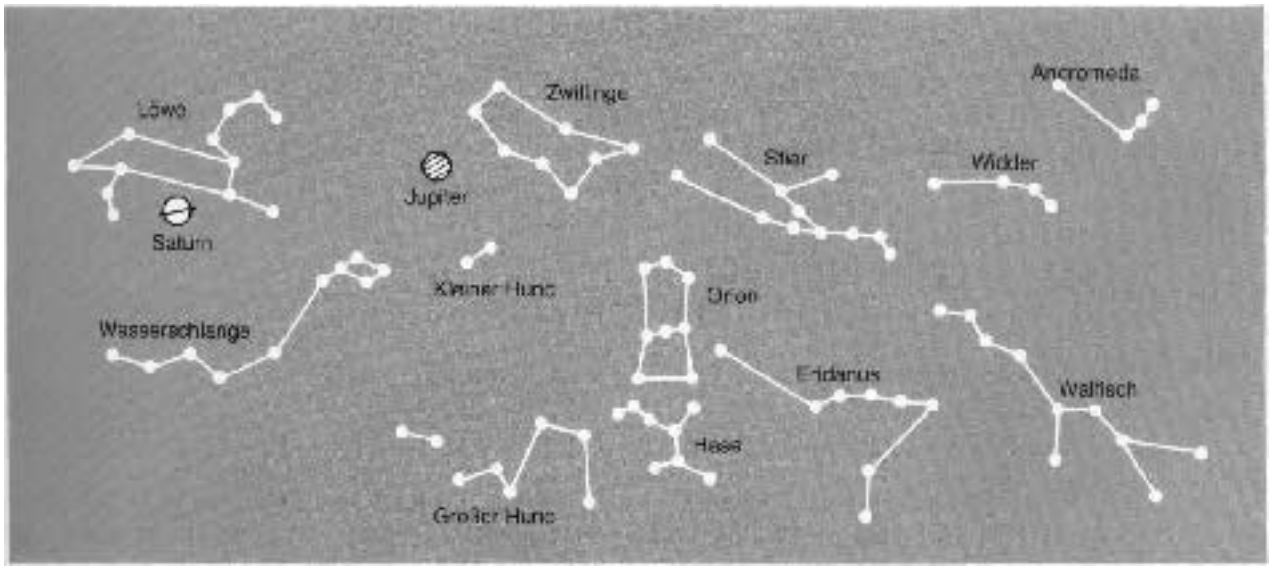
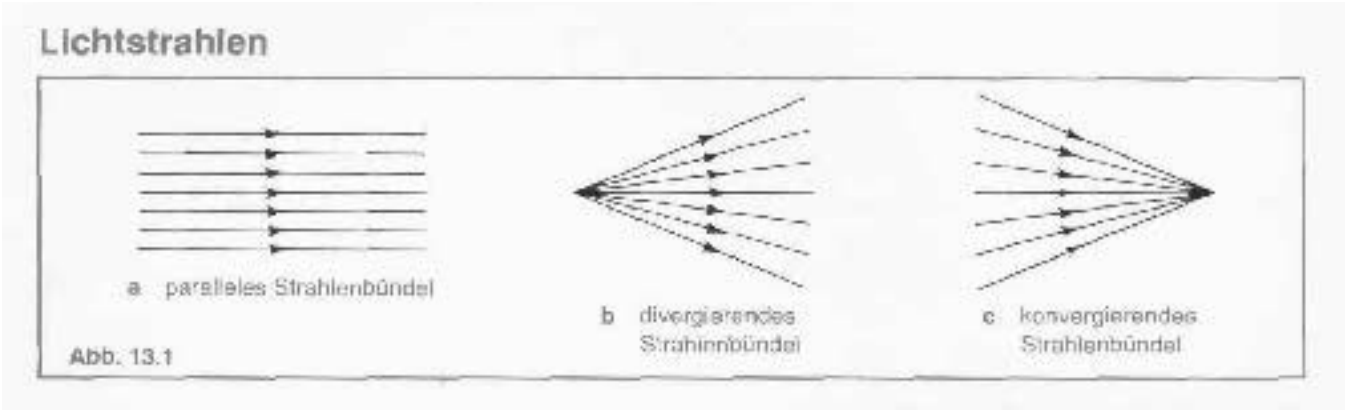


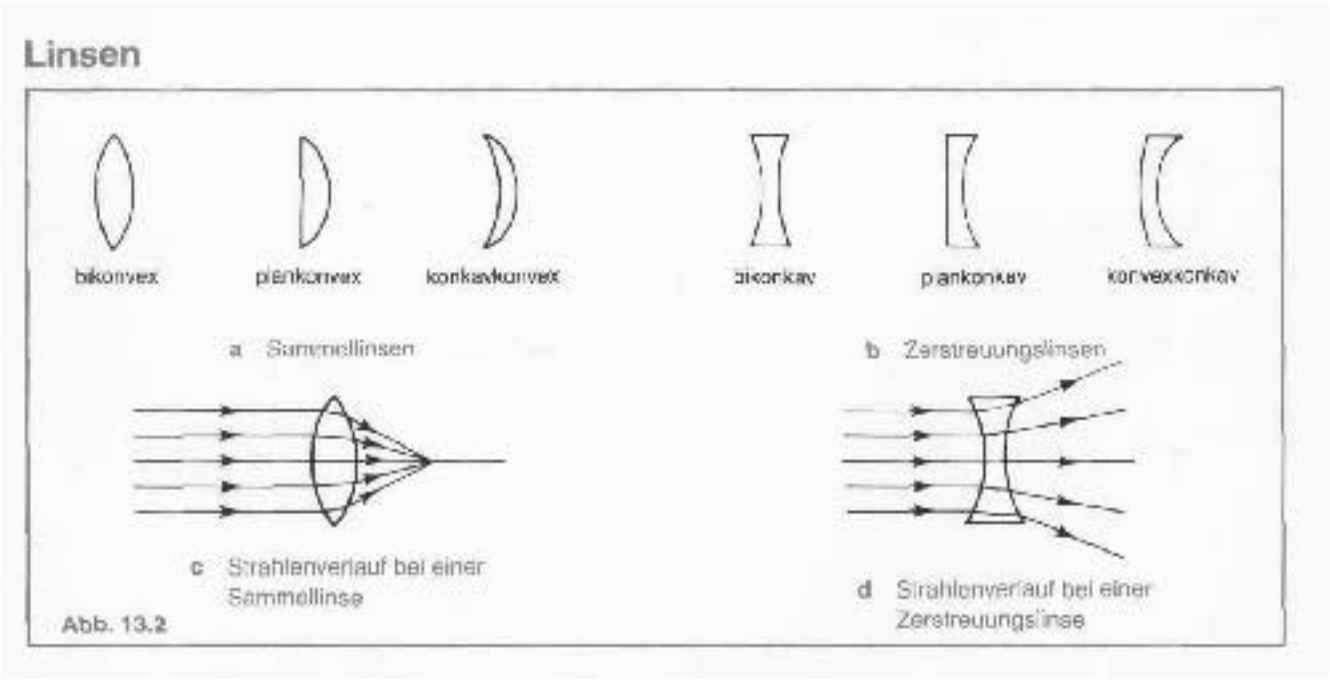
Abb. 12.2 Skizze der Positionen von Saturn und Jupiter im Februar 1979

Projekt 13 Einführung in die Optik der Linsen und Teleskope

Achtung: Niemals durch eine Linse, durch ein Teleskop oder einen Feldstecher direkt in die Sonne blicken, auch nicht mit bloßem Auge. Bleibende Schädigungen wären die sichere Folge!



Das Licht aus einem Scheinwerfer zum Beispiel kann man sich als aus einer riesigen Anzahl einzelner Lichtstrahlen zusammengesetzt vorstellen; jeder Strahl stellt eine gerade Linie dar. Die Strahlen in einem Lichtbündel können parallel verlaufen (Abb. 13.1 a); in einem divergierenden Lichtbündel werden die Abstände zwischen den Lichtstrahlen immer größer, in einem konvergierenden hingegen werden die Abstände immer kleiner (Abb. 13.1 b + c).



Die wichtigste Eigenschaft einer Linse ist die, einen Lichtstrahl zu brechen. Linsen gibt es zwar in einer gewaltigen Vielfalt an Formen und Größen; man kann sie aber in zwei Hauptgruppen einteilen, je nachdem wie sie ein paralleles Lichtbündel beeinflussen: sammelnd (Abb, 13.2 a) oder streuend (Abb. 13.2 b). Die Abbildungen 13.2 c und d geben Aufschluß darüber, wie eine typische Linse aus der jeweiligen Gruppe ein paralleles Lichtstrahlenbündel beeinflußt.

Sammellinsen

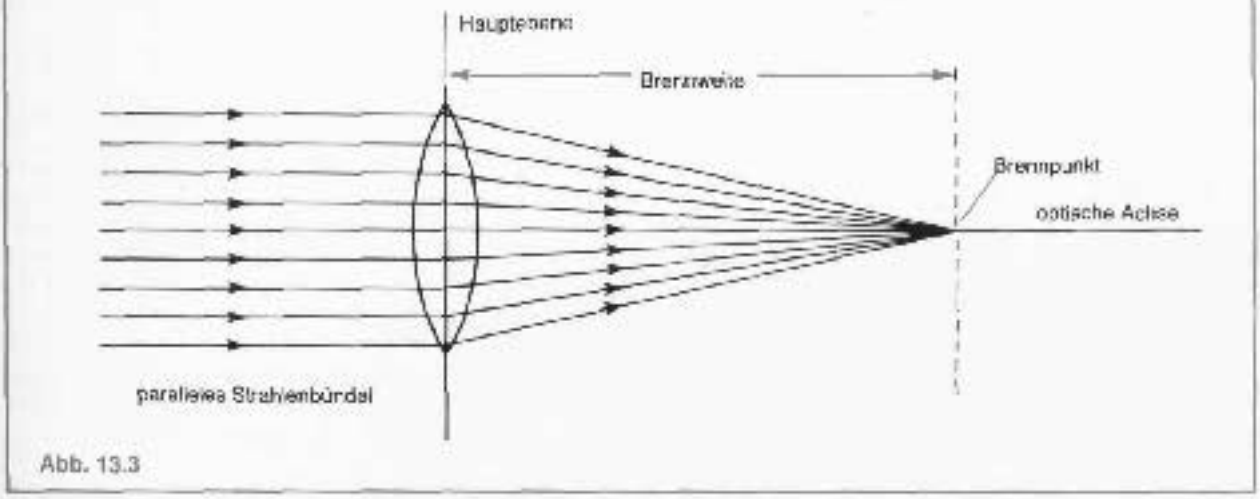


Abb. 13.3

Diese Art von Linsen wird in Teleskopen hauptsächlich verwendet, daher wollen wir uns auf sie konzentrieren. Die Ebene, die durch die Kante einer bikonvexen Linse läuft, wird als Hauptebene bezeichnet (Abb. 13.3), die Linie, die diese Ebene im rechten Winkel im Mittelpunkt der Linse schneidet, heißt optische Achse. Ein zur optischen Achse paralleles Lichtstrahlenbündel wird, wenn es die Linse passiert hat, in einem Punkt zusammenlaufen, im Brennpunkt. Der Abstand des Brennpunktes von der Hauptebene wird Brennweite genannt. Je kleiner die Brennweite, desto stärker vergrößert die Linse; eine kurzbrennweitige Linse ist also „stärker" als eine Linse mit langer Brennweite. Das Licht von einem sehr weit entfernten Objekt wie der Sonne erreicht uns in nahezu exakt parallelen Strahlenbündeln. Wir können daher die Brennweite einer Sammellinse dadurch bestimmen, indem wir mit der Linse die Sonne auf einem Stück Papier scharf abbilden und dann den Abstand zwischen Linse und Papier messen.

Bilderzeugung mit einer Sammellinse

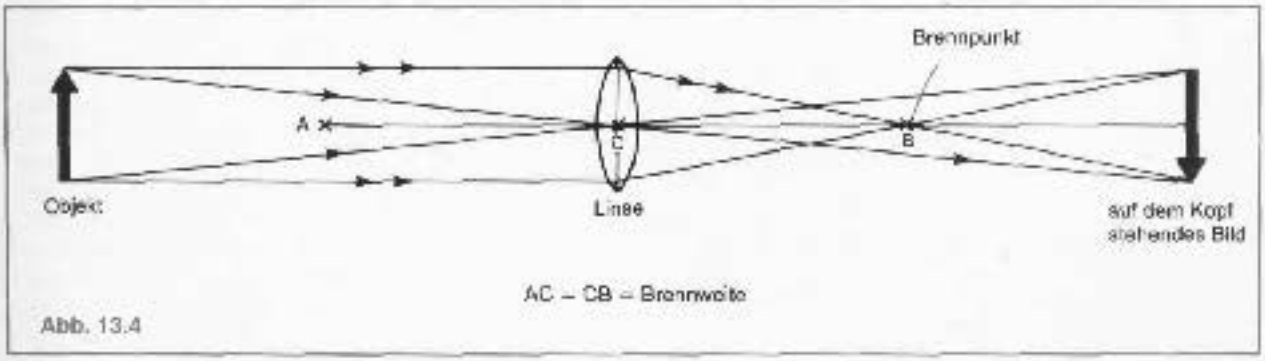


Abb. 13.4

Wie erzeugt eine Sammellinse ein Bild? Jeder Lichtstrahl, der parallel zur optischen Achse durch die Linse geht, wird so gebrochen, daß er durch den Brennpunkt läuft. Die Strahlen, die exakt auf der Linsenmitte einfallen, erfahren keine Brechung. Wenn nun der Abstand zwischen einem Gegenstand und der Linse größer ist als deren Brennweite, so läßt sich der Gegenstand auf einem Stück Papier oder einer Mattscheibe scharf abbilden (Abb. 13.4). Solch ein Bild steht auf dem Kopf, und es wird reelles Bild genannt. Ist der Abstand zwischen Objekt und Linse kleiner als die Brennweite, erhalten wir auf dem Schirm kein reelles Bild mehr; sehen wir jedoch durch die Linse, können wir ein aufrecht stehendes, vergrößertes Bild des Gegenstandes sehen (Abb. 13.5). Dieses Bild wird virtuell genannt.

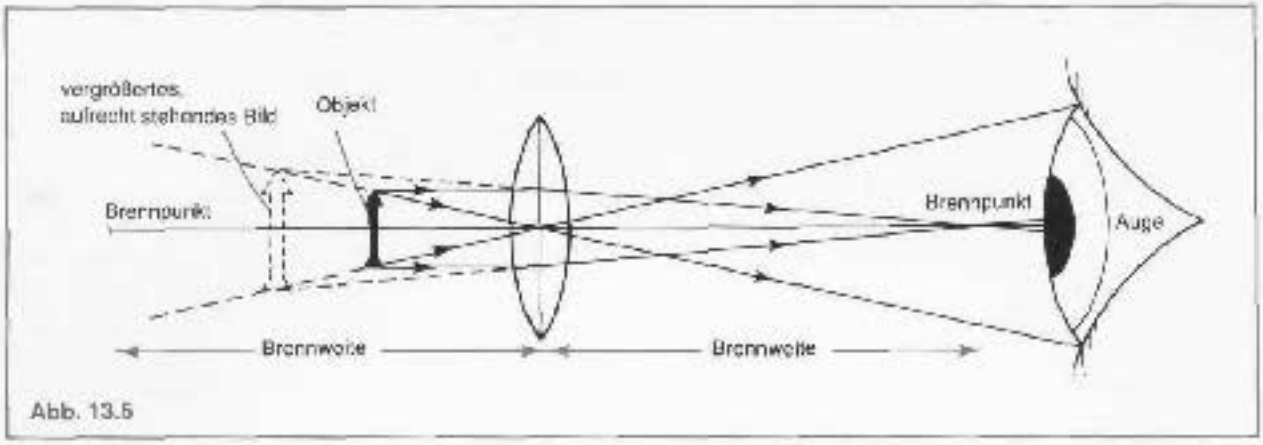


Abb. 13.5

Das astronomische Fernrohr

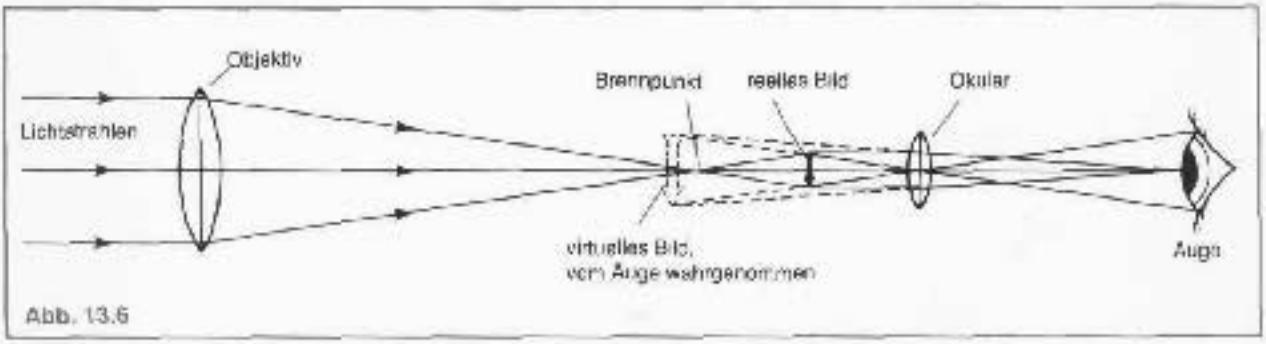


Abb. 13.6

Dieses Fernrohr besteht aus zwei Sammellinsen. Die „vordere" Linse heißt Objektiv; sie sammelt die Lichtstrahlen, die von dem beobachteten Objekt kommen, und erzeugt ein reelles, auf dem Kopf stehendes Bild von diesem Objekt. Die zweite Linse am anderen Ende des Teleskops heißt Okular, es liefert dem Beobachter ein vergrößertes virtuelles Bild. Da jedoch die erste, vom Objektiv erzeugte Abbildung des Objekts auf dem Kopf steht, steht auch das virtuelle Bild auf dem Kopf (Abb. 13.6). Die Vergrößerung des Fernrohrs, also der Faktor, um den es Bilder vergrößert, berechnet sich folgendermaßen:

$$\text{Vergrößerung} = \frac{\text{Brennweite des Objektivs}}{\text{Brennweite des Okulars}}$$

Projekt 14 Bau eines einfachen astronomischen Fernrohrs

Zunächst wollen wir uns mit einem einfachen Versuchsaufbau die Arbeitsweise eines solchen Fernrohrs veranschaulichen und dann das Fernrohr aus leicht erhältlichen Materialien herstellen.
Die Abmessungen der Linsen sind als Anhaltspunkt zu verstehen; verwendbar sind auch Linsen mit geringfügig anderen Daten, je nachdem, welche das Optikergeschäft vorrätig hat bzw. preisgünstig besorgen kann (siehe auch Anhang 2). Die Abmessungen der Fernrohrteile müssen sich nach den verwendeten Linsen richten.

Was wird gebraucht?

Eine Sammellinse, Brennweite 70 cm, 4 cm 0; eine Sammellinse, Brennweite 3 cm, 4 cm 0; ein Papprohr, 60 cm lang, 3 cm Außendurchmesser; ein zweites Papprohr, das sich leicht, aber ohne zu wackeln, auf dem ersten Rohr verschieben läßt (Länge 30cm); ein Holzklotz 1 0 x 6 x 1 cm; zwei Holzstückchen, je 1 x6 x 5 cm; dünne,feste Pappe; ein Stativ; zwei ca. 22 cm lange und 0,6 cm breite Gummibänder; Laubsäge; Schrauben; Meterstab; Knetmasse; Transparentpapier.

Wie funktioniert ein astronomisches Fernrohr?

Dieses Experiment macht das Prinzip eines astronomischen Teleskops verständlich.

1 Wir plazieren einen Tisch so, daß er mindestens 3 m Abstand von einem Fenster hat, und legen den Meterstab auf den Tisch, so daß er in Richtung zum Fenster verläuft.
2 Die langbrennweitige Linse wird mit Knetmasse autrechtstehend an dem zum Fenster weisenden Ende des Meterstabs befestigt.
3 Wir halten ein Stück Transparentpapier rechtwinklig zum Meterstab und bewegen es solange hin und her, bis wir ein scharfes Abbild des Fensters bekommen.
4 Die Linse mit der kurzen Brennweite am anderen Ende des Meterstabes wird verschoben, bis mit Hilfe dieser Linse das umgekehrte Bild auf dem Transparentpapier vergrößert zu sehen ist.
5 Wir fixieren nun die kurzbrennweitige Linse mit Knetmasse am Meterstab und entfernen dann das Transparentpapier. Das Bild wird immer noch zu sehen sein, nur wird es heller und deutlicher erscheinen. Die Vorbereitungen zum Bau eines astronomischen Fernrohrs sind damit abgeschlossen.

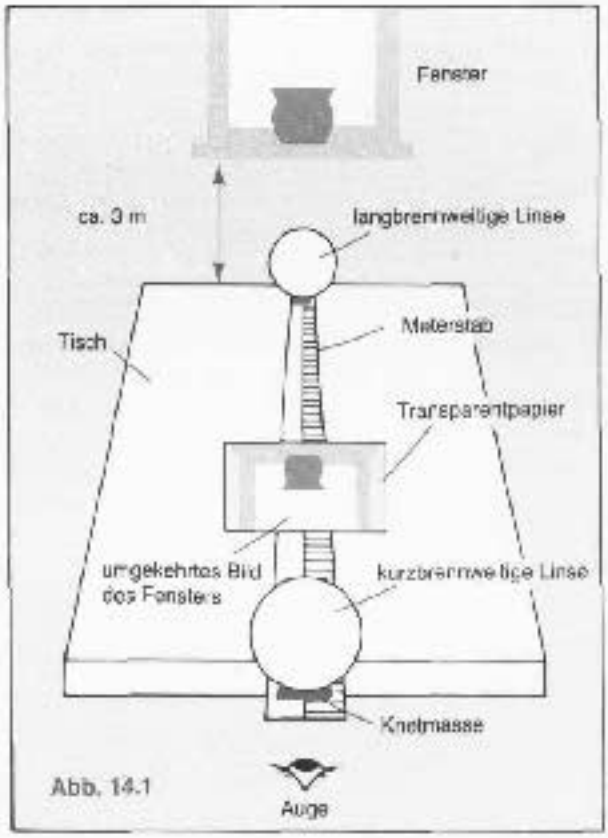


Abb. 14.1

Der Bau des Fernrohrs

1 Aus Karton schneiden wir zwei Hülsen zu, die jeweils um ein Papprohr passen müssen (Abb. 14.2).

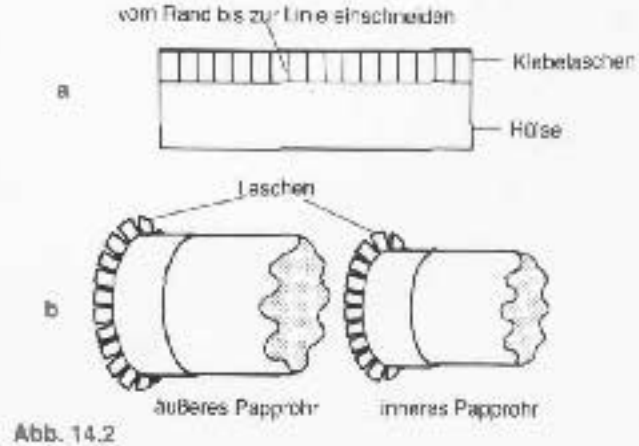


Abb. 14.2

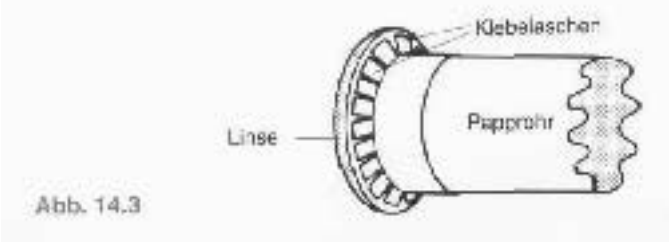
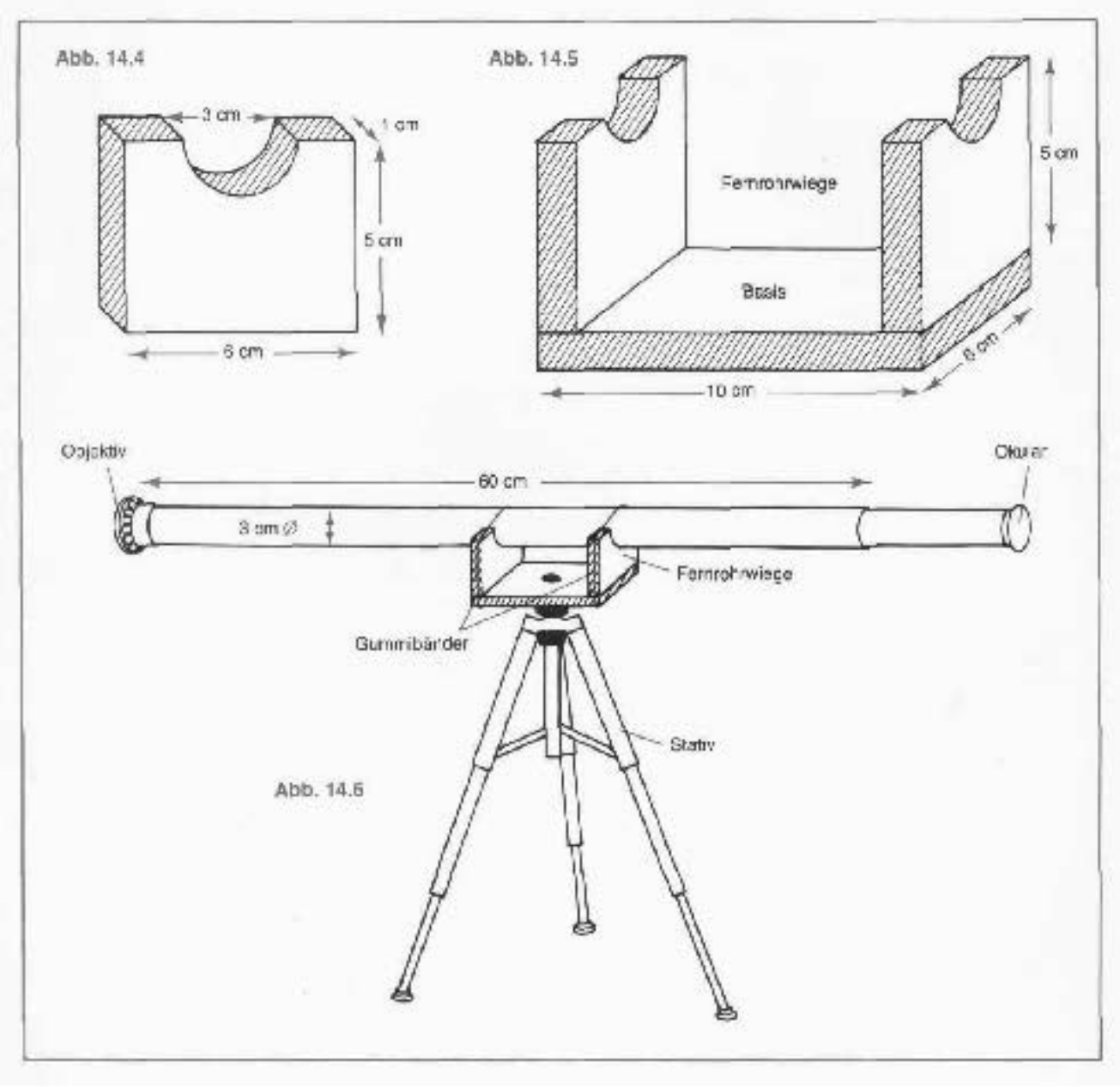


Abb. 14.3

2 Die Hülsen werden an ein Ende des jeweiligen Rohrs geklebt; dabei läßt man die Klebelaschen überstehen und knickt diese rechtwinklig nach außen.
3 Wir kleben die langbrennweitige Linse (das Objektiv) an den Laschen des größeren Papprohres fest; die kurzbrennweitige Linse (Okular) befestigen wir an den Klebelaschen des kleineren Papprohrs (Abb. 14.3.).
4 Das kleinere Papprohr schieben wir in das größere hinein.
5 In die zwei Holzstückchen (1 x6x5cm)sägtmanjeweils an einer der breiteren Seiten einen Halbkreis mit 1,5 cm Radius (Abb. 14.4).
6 Diese Brettchen schraubt man an dem dritten Brett gemäß Abb. 14.5 fest.
7 Die Basis der Fernrohrwiege schrauben wir auf das Stativ; das Fernrohr befestigen wir in der Wiege mit den Gummibändern (Abb. 14.6).

Probieren wir unser Fernrohr zunächst an irgendeinem entfernten Objekt aus; Wir schieben das Okular (das dünnere Papprohr) solange hin und her, bis wir ein scharfes Bild erhalten. Durch dieses Fernrohr ist alles auf dem Kopf stehend zu sehen!



Projekt 15 Der Einsatz des Fernrohrs bei der Sonnenbeobachtung

Achtung: Mit dem Fernrohr niemals direkt in die Sonne sehen! Die Augen würden irreversibel geschädigt.

Was wird **gebraucht?**

Das Fernrohr aus Projekt 14; fester Stahldraht; dünner, biegsamer Draht; zwei feste, weiße Kartons, 13 x 13 cm; Reißnägel; Klebeband.

Was ist zu tun?

Wir dürfen niemals direkt in die Sonne schauen; doch wir können ein Abbild der Sonne auf einen Schirm mit Hilfe des Fernrohrs projizieren.

1 In die Mitte eines der Kartons eine Öffnung schneiden, die im Durchmesser dem äußeren Papprohr des Fernrohrs entspricht (Abb. 15.1 a).

2 Den Karton über das Ende des größeren Papprohrs schieben und an der Rückseite der Fernrohrwiege mit Reißnägeln befestigen. Dieser Schirm verhindert, daß Sonnenlicht direkt auf den Projektionsschirm fällt.

3 Aus dem Stahldraht einer Käfig biegen, der den Projektionsschirm tragen soll (Abb. 15.1 c). Dazu verwendet man eine Flachzange, um saubere Ecken zu erhalten; die einzelnen Käfigteile binden wir mit dem dünneren Draht zusammen.

4 Mit Klebeband den zweiten Karton als Projektionsschirm am Drahtkäfig befestigen (Abb. 15.1 d).

5 Ebenso befestigen wir den Drahtkäfig mit Klebeband am Okularrohr (Abb. 15.1 e).

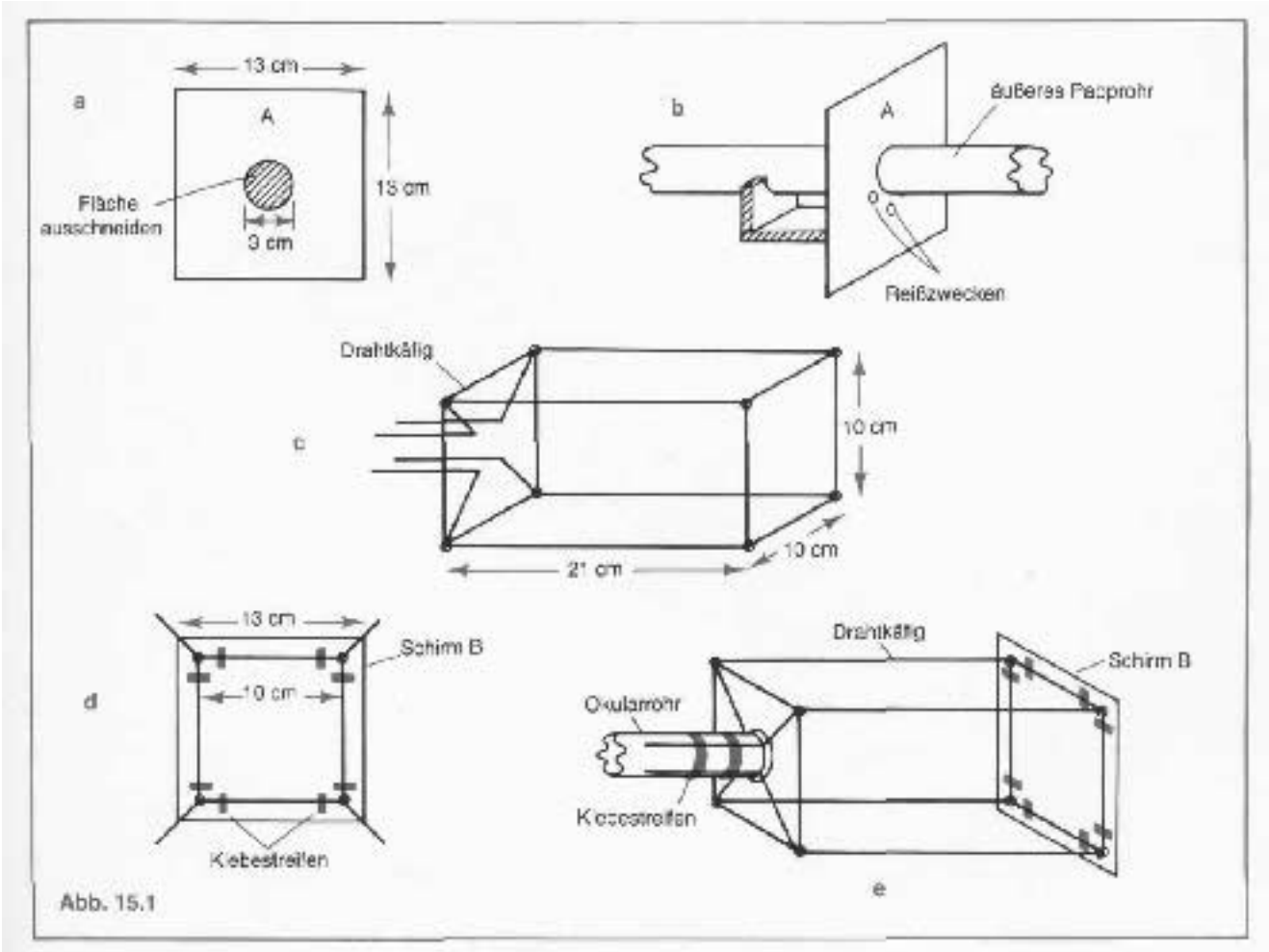


Abb. 15.1

6 Das Okularrohr nun in das größere Objektivrohr hineinschieben.

7 Das Fernrohr auf dem Stativ so ausrichten, daß der Schatten des Schirmes A den gesamten Projektionsschirm B bedeckt. In der Mitte des Schirms B wird sich dann ein Lichtkreis zeigen (Abb. 15.2).

8 Wir verschieben das Okularrohr so lange, bis auf dem Projektionsschirm ein scharfes Abbild der Sonne erscheint. Das ist dann der Fall, wenn die Entfernung zwischen Objektiv- und Okularlinse etwa 5-10 mm größer ist als die Summe ihrer Brennweiten.

Wir können nun mit dem Studium der Sonne beginnen.

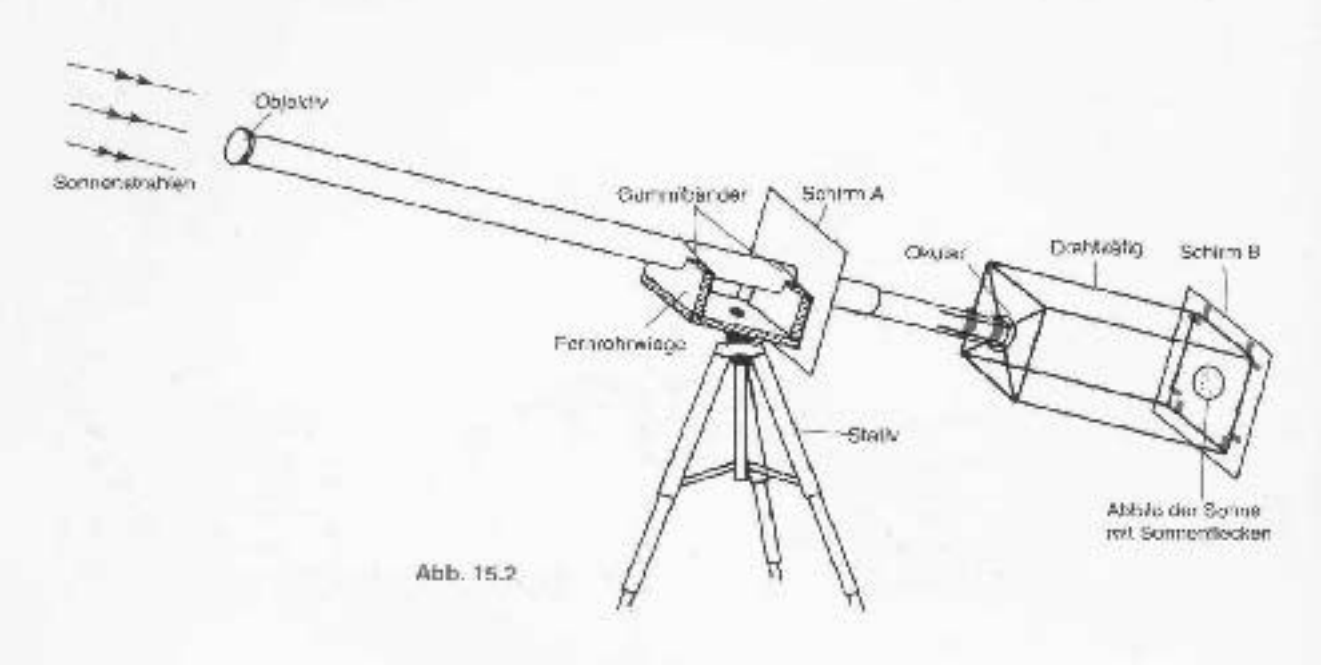


Abb. 15.2

Sonnenflecken

Sonnenflecken sind Bereiche auf der Sonne, die weniger heiß sind als die übrige Sonnenoberfläche und deshalb als dunkle Flecken auf der Sonnenscheibe erscheinen. Manchmal treten sie einzeln auf, wesentlich häufiger jedoch in Paaren; manchmal sind sogar riesige Sonnenf leckeng rup-pen zu beobachten.

Meist lassen sich auf der Sonnenoberfläche mindestens ein paar Sonnenflecken entdecken. Markieren wir die Positionen der Flecken, die wir auf dem Schirm entdecken können, und wiederholen wir nun unsere Beobachtung täglich für die nächsten vier, fünf Tage. Bald ist zu bemerken, daß die Flecken über die Sonnenscheibe wandern; das zeigt, daß die Sonne sich um ihre eigene Achse dreht. Man kann eine Gruppe von Sonnenflecken so lange verfolgen, bis sie an einem Rand verschwinden; warten wir nun einige Tage, ob sie am entgegengesetzten Rand wieder auftauchen. Wir können auch die Anzahl der Sonnenflecken registrieren. Wenn diese Beobachtungen über einige Jahre hin fortgeführt werden, ist festzustellen, daß es in bestimmten Jahren wesentlich mehr Sonnenflecken gibt als zu anderen Zeiten. Einige Wissenschaftler meinen, daß diese Sonnenflecken sich auf den langfristigen Klimaverlauf, ja sogar auf das aktuelle Wettergeschehen unmittelbar auswirken.

Sonnenfinsternisse

Sonnenfinsternisse sind von jedem gegebenen Ort auf der Erdoberfläche nur selten zu beobachten. Der Mond kann die Sonne nur verfinstern, wenn er sich zwischen Sonne und Erde befindet; da die Ebenen von Mond- und Erdbahn gegeneinander geneigt sind, ist dies nicht häufig der Fall. Einem astronomischen Jahrbuch ist zu entnehmen, wann

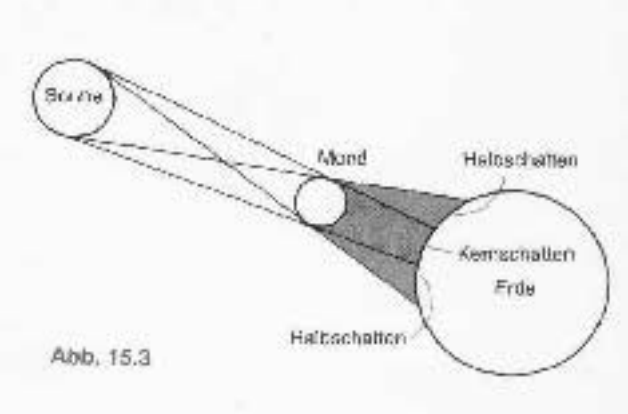


Abb. 15.3

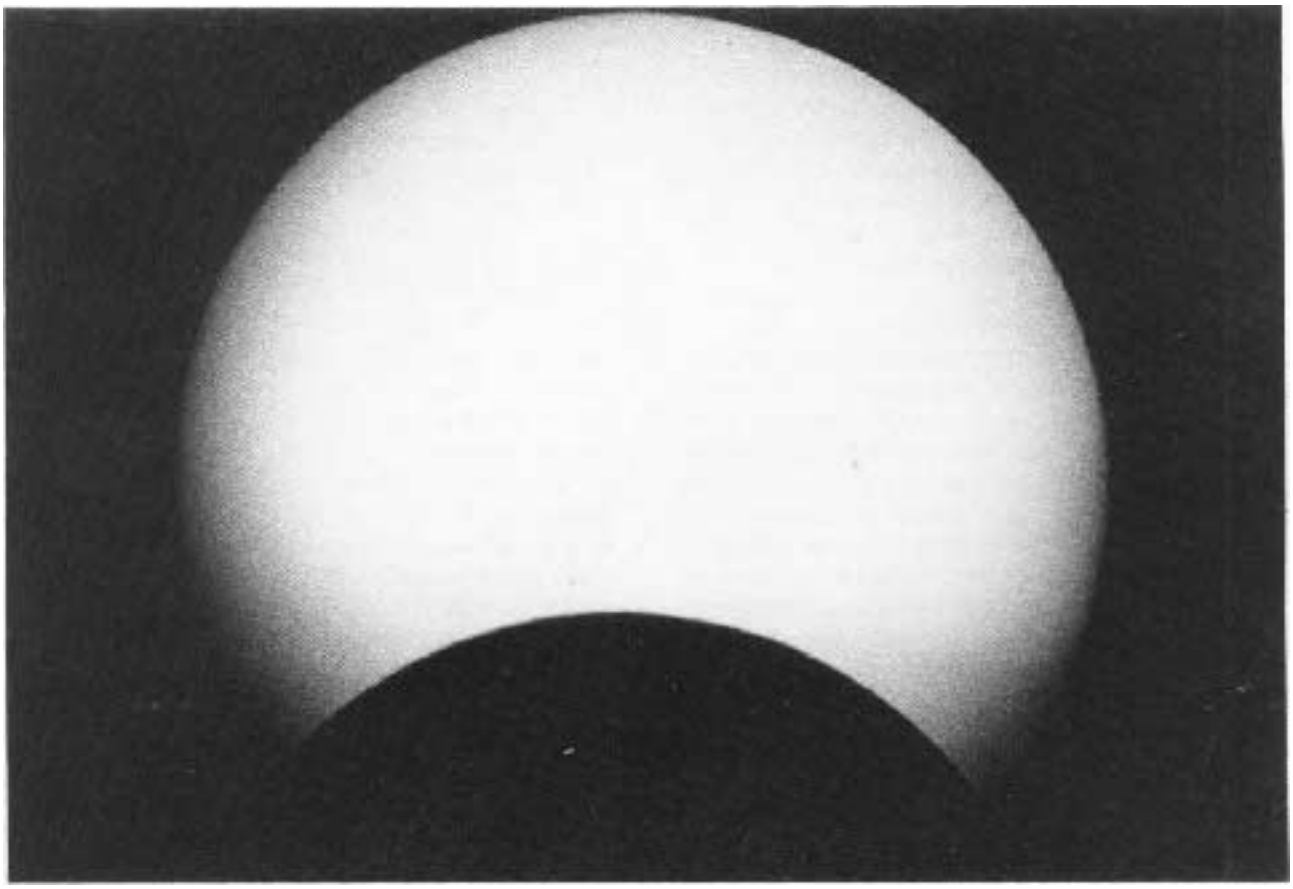


Abb. 15.4 a Partielle Sonnenfinsternis

die Finsternis stattfindet und ob man sie vom jeweiligen Standort aus überhaupt sehen kann; auch Zeitungen machen auf solche Ereignisse aufmerksam. Stellen wir unser Fernrohr rechtzeitig vor Beginn der Finsternis so auf, daß es genau auf die Sonne ausgerichtet ist. Während der Beobachtung müssen wir das Fernrohr weiterbewegen, um die Sonne im Gesichtsfeld zu behalten, denn sie scheint sich ja - infolge der Erdrotation - über den Himmel zu bewegen. Zu Beginn der Finsternis werden wir am Rand der Sonnenscheibe einen kleinen „Biß" bemerken, der immer größer wird; wenn die Finsternis total ist (das ist außerordentlich selten der Fall), wird die ganze Sonnenscheibe allmählich von dem Projektionsschirm verschwinden. Nur Sekunden später wird sie dann wieder erscheinen, und der „Biß", jetzt am gegenüberliegenden Sonnenrand, wird fortwährend kleiner.

Vielleicht haben wir auch einmal das Glück, Zeuge einer ringförmigen Sonnenfinsternis zu werden. Der Mond bedeckt hier die Sonnenscheibe genauso wie bei einer totalen Sonnenfinsternis, nur erscheint er jetzt ein wenig kleiner als die Sonnenscheibe, da sich die Entfernungen von Sonne und Mond verändert haben. Daher ist dann von der Sonne noch ein schmaler Ring zu sehen. Für einen Teil der Erdoberfläche kann eine Sonnenfinsternis total sein, in anderen Gebieten erscheint sie dann zur selben Zeit als partielle Finsternis. Der Mondschatten weist

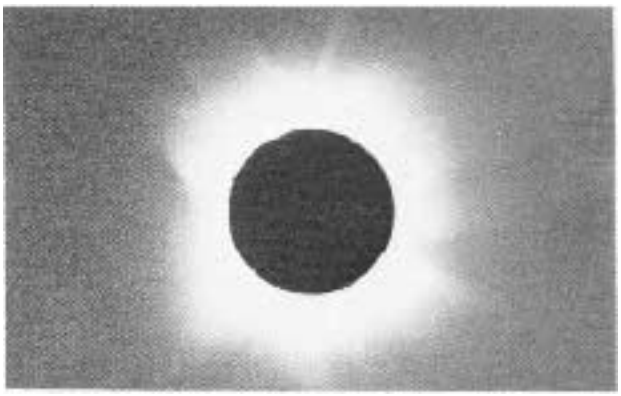


Abb. 15.4 b Totale Sonnenfinsternis

zwei Bereiche auf (Abb. 15.3): den Kernschatten (Umbra) und den Halbschatten (Penumbra). Wo der Kernschatten die Erdoberfläche erreicht, ist die Sonnenfinsternis total, im Bereich des Halbschattens ist eine partielle Sonnenfinsternis zu sehen.

Projekt 16 Die Beobachtung des Mondes

Mit unserem einfachen Fernrohr lassen sich zahlreiche interessante Einzelheiten auf dem Mond beobachten, zumal sich die Beleuchtungsverhältnisse im Verlauf von etwa vier Wochen ständig verändern. Das Mondalter ist die Zahl der Tage, die seit der letzten Neumondphase vergangen sind. In seiner Neumondstellung ist der Mond für uns praktisch völlig unsichtbar, denn einerseits hat er seine dunkle Hälfte uns zugekehrt, andererseits steht er unmittelbar neben der Sonne. Daher können wir den Mond erst dann zum ersten Mal sehen, wenn er schon einige Tage alt ist. Ein Mondmonat ist die Zeit, die von einer Vollmondphase bis zur nächsten vergeht; das sind rund 29,5 Tage.

Was wird gebraucht?

Das Fernrohr aus Projekt 14; eine Mondkarte (Abb. 16.3); Zeichenbrett und Bleistift.

Was ist zu tun?

Besonders eindrucksvoll sind Einzelheiten entlang der Grenze zwischen dem beleuchteten und unbeleuchteten Teil der Mondscheibe zu beobachten. Diese Grenze wird Terminator genannt (Abb. 16.2).

Machen wir unsere Beobachtungen daher vor und nach der Vollmondphase. Krater, Berge und „Meere" sind besonders deutlich zu erkennen, wenn die Sonnenstrahlen seitlich einfallen. Auf der Mondkarte {Abb. 16.3) ist angegeben, wie der Terminator für die Mondalter zwischen einem und dreizehn Tagen annähernd verläuft. Die Mondphasen für die verschiedenen Tage eines Jahres sind auch im „Himmelsjahr" verzeichnet.

Wenn wir also das Mondalter herausgefunden haben, suchen wir den entsprechenden Terminator auf der Mond-

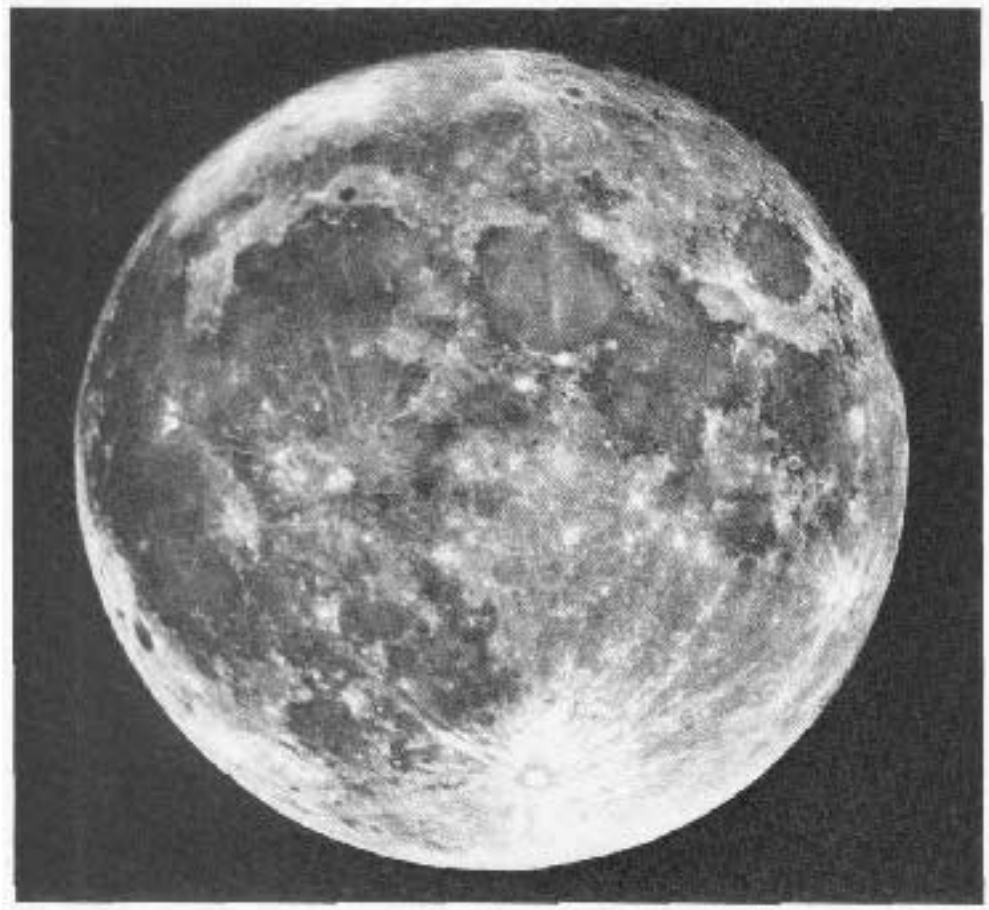


Abb. 16.1
Der Vollmond

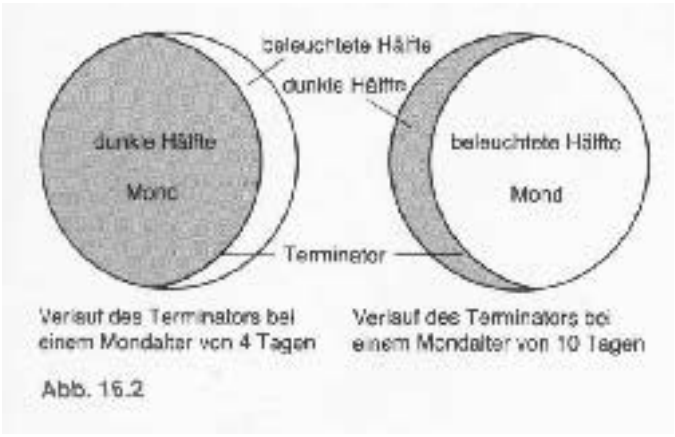


Abb. 16.2

karte und versuchen, Einzelheiten auf oder nahe dieser Linie auszumachen. Die Mondoberfläche läßt sich in zwei Hauptgeländetypen aufgliedern:

1. Mondmeere oder Maria (Einzahl: Märe): Auf dem Mond gibt es kein Wasser. Diese „Meere" sind flache, tiefliegende Regionen erstarrter Lavamassen, mit einer dünnen Staubschicht überzogen.
2. Hochländer sind gekennzeichnet durch zahlreiche Krater und Berge. Die Krater sind schüsseiförmige Vertiefungen verschiedenster Größe mit zerklüfteten Ringgebirgen, manchmal weisen sie auch einen Zentralberg auf. Die wichtigsten Mondformationen bekamen im Jahre 1651 von dem italienischen Jesuiten Riccioli zum ersten Mal einen Namen, und zwar nach berühmten Wissenschaftlern und Philosophen. Später entdeckte Mondkrater wurden nach Berufs- und Amateurastronomen getauft.

Versuchen wir, alles, was im Fernrohr zu erkennen ist, zeichnerisch festzuhalten; es ist ein gutes Training sowohl für die Wahrnehmungsfähigkeit wie für die Fertigkeit, Beobachtetes knapp und treffend zu skizzieren, was besonders im Hinblick auf Projekt 20 von Wert ist.

Beachten: Ein astronomisches Fernrohr liefert kopfstehende Bilder und ist für Erdbeobachtung daher weniger geeignet. In der Astronomie ist dies nicht von Belang, doch denken wir daran, daß im astronomischen Fernrohr Norden unten und Süden oben ist.

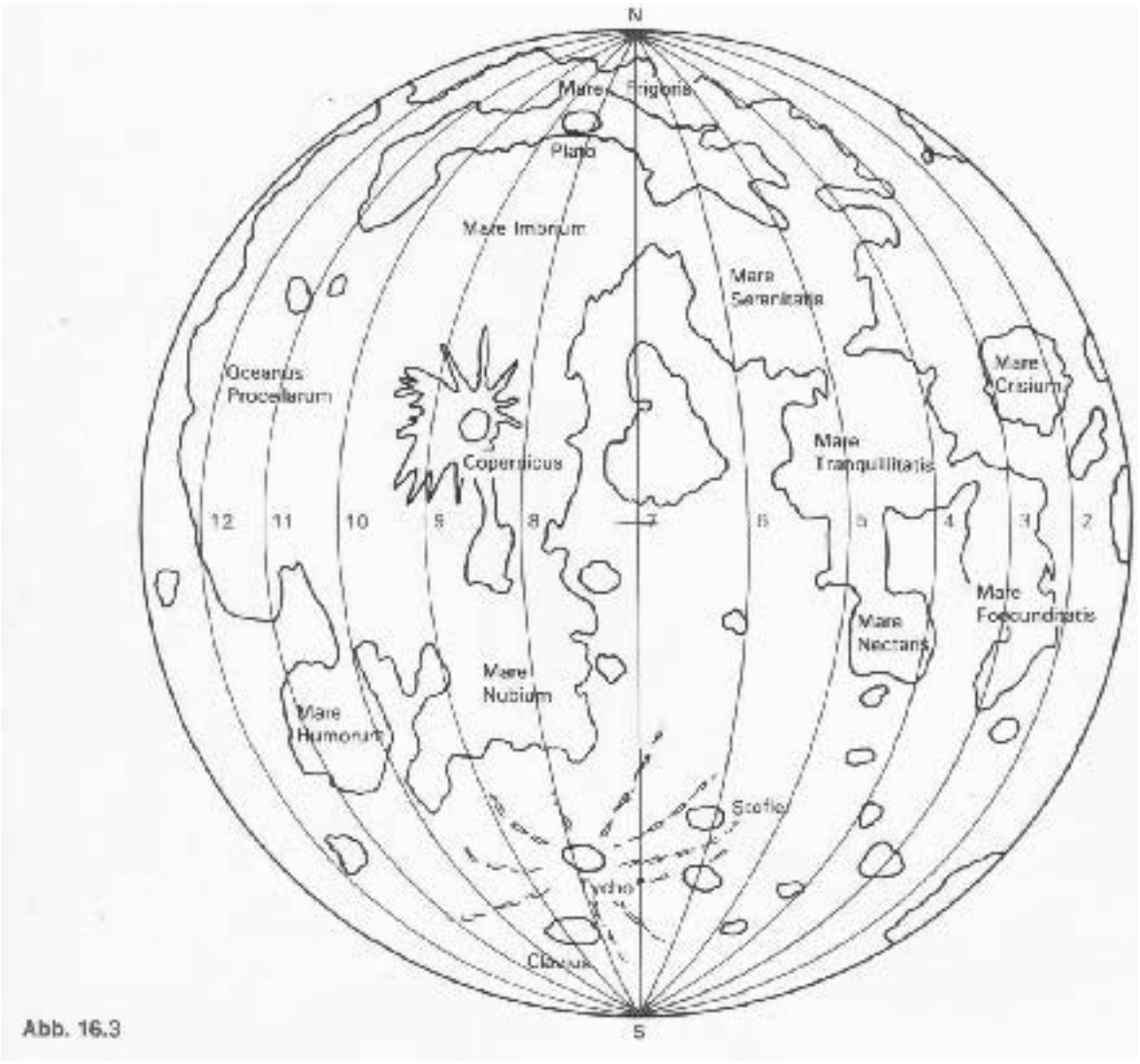


Abb. 16.3

Projekt 17 Beobachtung mit dem Fernglas

Mit einem guten Fernglas sind viele interessante Beobachtungen zu machen. Funktionsweise, Auswahl und Gebrauch von Ferngläsern für astronomische Zwecke ist Thema dieses Projekts.

Das Prinzip des Feldstechers

Ein Feldstecher besteht aus zwei miteinander verbundenen astronomischen Fernrohren; seine Besonderheit besteht jedoch darin, daß jedes Fernrohr ein Paar Prismen enthält, die das normalerweise auf dem Kopf stehende Bild aufrichten. Rechts und links und oben und unten beim Blick durch den Feldstecher entsprechen also genau der Wirklichkeit (Abb. 17.1). Zusätzlich verkürzen die Prismen die Fernrohre, indem sie die Lichtstrahlen viermal umlenken, der Strahlengang wird also „zusammengefaltet". Neben der Vergrößerung ist wichtig, wieviel Licht das Objektiv sammeln kann. Auf jedem Feldstecher sind beide Zahlen angegeben; die Angabe 8 x 30 etwa besagt, daß die Vergrößerung achtfach ist und die Objektivlinse 30 mm Durchmesser hat. Die Helligkeit des Bildes ist direkt von der Größe der Objektivlinse abhängig; deshalb benützt man für astronomische Beobachtungen meist Ferngläser mit 50mm Objektivdurchmesser.

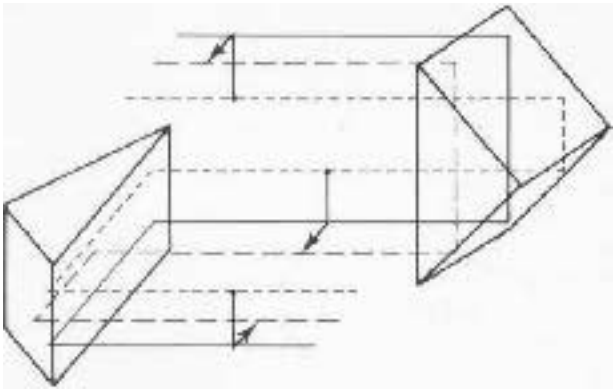


Abb. 17.1

Die Auswahl eines Feldstechers

Ein Feldstecher mit den Werten 8 x 30 und hochwertiger Optik ist für die meisten Fälle ein vernünftiger Kauf. Er enthüllt bereits eine große Menge astronomischer Einzelheiten und ist besonders für den Anfänger geeignet. Soll der Feldstecher im wesentlichen für die Beobachtung des Mondes eingesetzt werden, ist ein Fernglas mit den Werten 10 x 50 oder 15 x 40 geeigneter. Ein 10 x 50-Feldstecher vergrößert stärker als ein 8 x 30-Glas, hat aber dadurch auch ein kleineres Gesichtsfeld; er erfaßt also einen kleineren Himmelsausschnitt. Es ist daher auch etwas schwieriger, mit ihm ein bestimmtes astronomisches Objekt aufzufinden.
Ein großer Kostenfaktor besteht darin, daß zwei möglichst identische Systeme hochwertiger Linsen und Prismen verwendet werden müssen, damit die Bilder in beiden Fernrohren vollkommen übereinstimmen. Sollte der Kauf eines Feldstechers zu aufwendig sein, kann man sich auch ein „halbes" Fernglas, ein sogenanntes Monokular, anschaffen.

Der Gebrauch des Feldstechers

Die größte Schwierigkeit bei astronomischen Beobachtungen mit dem Fernglas besteht darin, es ruhig zu halten. Eine gute Möglichkeit ist die Verwendung eines stabilen Fotostativs (für die Befestigung des Fernglases gibt es spezielle Adapter), Andere benützen lieber einen komfortablen Sessel mit Armlehnen, auf denen man die Ellenbogen aufstützen kann. Dadurch hat das Fernglas eine sichere Auflage, und auch längere Beobachtungen sind bequem durchzuführen. **Achtung: Niemals direkt in die Sonne blicken!**

Der Mond

Mit einem 8 x 30-Fernglas lassen sich alle Einzelheiten erkennen, die auf der Mondkarte im Projekt 16 eingezeichnet sind; sie dürften sogar noch deutlicher zu sehen sein als mit unserem einfachen astronomischen Teleskop. Zwar vergrößert das Fernglas nicht so stark, doch sind seine Linsen von wesentlich besserer Qualität, Verzerrungen und Farbfehler sind weit geringer. Mit einiger Übung sollte es bald möglich sein, noch kleinere Details zu beobachten. Für ein eingehenderes Studium des Mondes sind allerdings Ferngläser mit den Daten 10 x 50,12 x 40 oder sogar 15 x 40 besser geeignet. Solche Geräte sind jedoch sehr teuer, und ein Fernrohr mit einem wesentlich größeren Einsatzbereich läßt sich für weniger Geld selbst bauen (Projekt 19).

Kometen

Feldstecher sind für die Beobachtung von Kometen, abgesehen von einigen speziellen Teleskopen, die geeignetsten

Instrumente, da sie ein großes Gesichtsfeld besitzen. Amateurastronomen konnten mit dem Feldstecher schon etliche Kometen entdecken. Über die Beobachtungsmöglichkeiten informieren astronomische Jahrbücher wie das „Himmelsjahr".

Die Milchstraße

In der Einführung wurde schon erwähnt, daß die Milchstraße aus einer riesigen Zahl einzelner Sterne besteht, die jedoch so weit entfernt sind, daß sie nur ein schimmerndes Band am Himmel bilden. Mit dem Feldstecher ist die Milchstraße nun deutlich als Sternenband erkennbar. Ein besonders bemerkenswerter Teil der Milchstraße ist der Bereich, der sich durch das Sommerdreieck zieht (siehe Projekt 9), denn er enthält besonders viele helle, gut sichtbare Sterne.

Sternhaufen, Nebel und Galaxien

Die Plejaden (auch Siebengestirn genannt), ein wirklich prächtiger und eindrucksvoller Sternhaufen, sind im Sternbild Stier zu finden (Projekt 9). Im Fernglas sind hier wesentlich mehr Sterne zu entdecken als mit freiem Auge; vielleicht sind auch die Gaswolken zu sehen, die die Sterne umgeben. Die Praesepe, zu deutsch Krippe, steht im Sternbild Krebs und ist ebenfalls einer näheren Betrachtung wert.

Nebel sind gewaltige Gaswolken innerhalb unserer eigenen Milchstraße, der Galaxis. Viele dieser Wolken leuchten im Licht der darin eingebetteten Sterne. Zwei höchst interessante Nebel sind der Orionnebel, zu finden knapp unterhalb der drei Gürtelsterne des Orion, sowie der Crabnebel unweit der einen Hornspitze des Stiers. (Der Crabnebel, „Krebsnebel", hat mit dem Sternbild Krebs nichts zu tun.) In den Sternkarten zu Beginn und am Ende dieses Buchs sind die wichtigsten Nebel eingetragen. Der „Andromedanebel" ist am leichtesten über das Pegasusquadrat aufzusuchen. Er ist jedoch kein Nebel, sondern ein anderes Milchstraßensystem, eine Galaxie mit über 150 Milliarden Sternen. Die Andromeda-Galaxie ist das entfernteste Objekt, das man noch mit freiem Auge sehen kann -sie ist etwa 2,3 Millionen Lichtjahre weit weg. In einem Fernglas ist diese Galaxie schon recht deutlich zu erkennen.

Abb. 17.2 Der Orionnebel

Die Planeten

Im Fernglas bieten die Planeten zu keiner Zeit ein sonderlich eindrucksvolles Bild. Unter sehr günstigen Umständen kann man mit einem 8 x 30-Feldstecher die verschiedenen Phasen der Venus erkennen. Mars zeigt sich ohne jede Einzelheit als ein äußerst winziges Üchtscheibchen. Die vier Jupitermonde dürften zu erkennen sein, doch auch hier sind Oberflächendetails nicht auszumachen. Saturn erscheint als eine winzige, elliptische Lichtquelle, doch die berühmten Ringe lassen sich vom Planeten selbst nicht trennen.

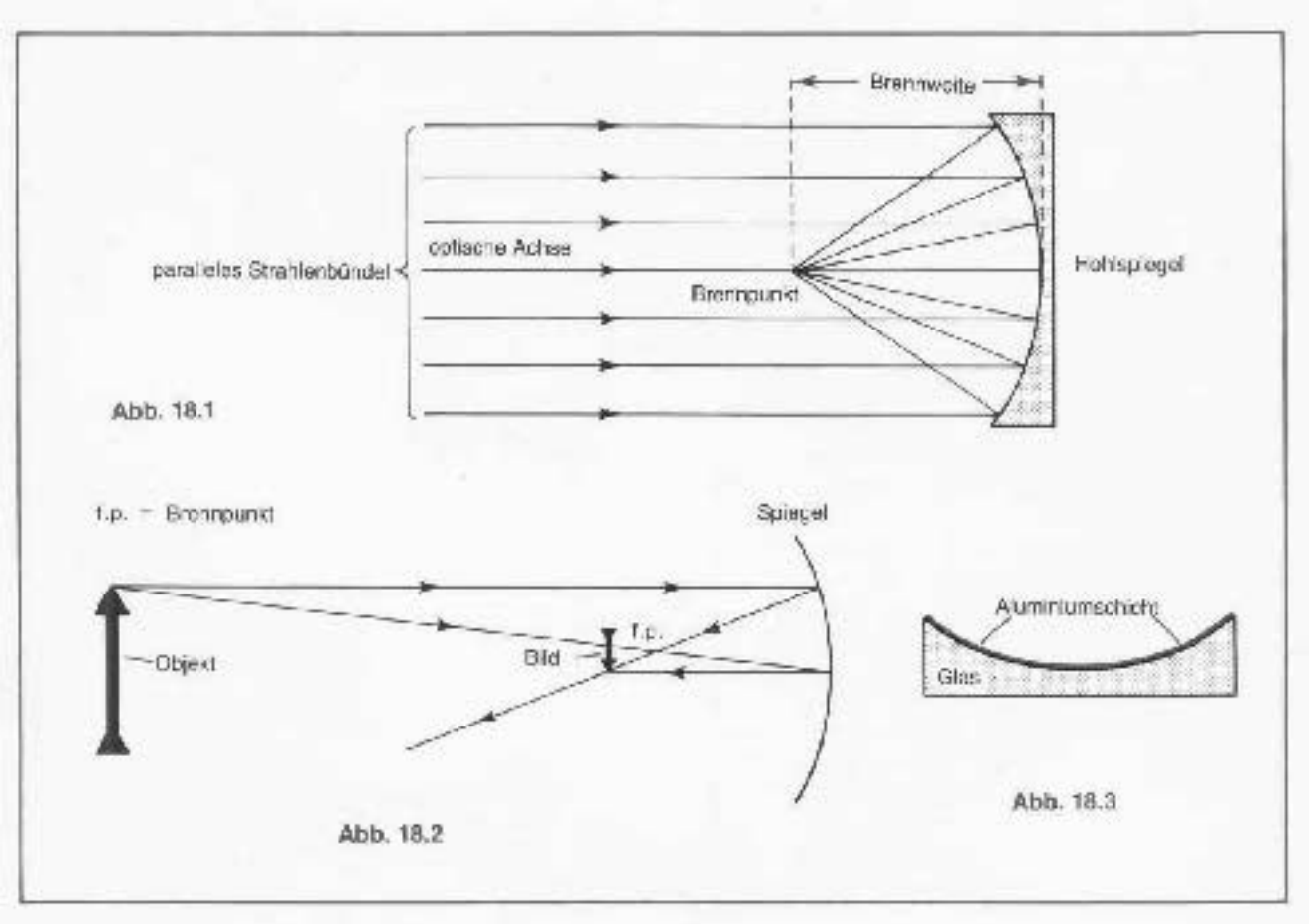
Projekt 18 Der Hohlspiegel

Gewölbte Spiegelflächen sind uns allen vertraut; am Auto zum Beispiel sind Rückspiegel oft gewölbt (konvex); die Scheinwerferspiegel sind Hohlspiegel (konkav). In den wirklich großen Teleskopen werden ausschließlich Konkavspiegel verwendet.

Ein Hohlspiegel kann, ebenso wie eine Linse, ein reelles Bild erzeugen - ein Bild also, das sich auf einen Bildschirm projizieren läßt (siehe Projekt 13). Wie bei einer Sammellinse bildet der Brennpunkt eines Konkavspiegels die Stelle, an der die Strahlen eines parallelen Lichtbündels nach der Spiegelung in einem Punkt zusammenlaufen (Abb. 18.1). Als Brennweite wird dann der Abstand dieses Punktes vom Spiegel bezeichnet.

Ist der Abstand zwischen Objekt und Spiegel größer als die doppelte Brennweite - in der Astronomie ist das immer der Fall -, wird ein reelles Bild nahe am Brennpunkt erzeugt (Abb. 18.2). Dieses Bild steht auf dem Kopf und ist kleiner als das Objekt. Hohlspiegel und Sammellinse unterscheiden sich darin, daß das reelle Bild *vor* dem Spiegel und *hinterher* Linse erzeugt wird.

Die Verwendung eines Spiegels anstatt von Linsen in einem astronomischen Teleskop hat eine ganze Reihe von Vorteilen. Um möglichst viel Licht von dem betreffenden Objekt sammeln zu können, muß das Objektiv einen möglichst großen Durchmesser aufweisen. Linsen können nur am Rand gehalten werden und werden mit wachsendem Durchmesser auch sehr schwer, so daß sie sich unter ihrem eigenen Gewicht durchbiegen. Spiegel lassen sich sehr viel leichter bauen, und ihr Gewicht läßt sich von der Rückseite her sicher abfangen. Darüber hinaus wird bei einem Spiegel das Licht an derversilberten Spiegelfläche nur reflektiert, es muß kein Glas durchdringen. Dadurch sind Lichtverlust und Bildfehler entscheidend geringer.



Projekt 19 Bau eines Dobson-Teleskops

Um die vielen Sehenswürdigkeiten am Himmel wirklich mit Genuß und Gewinn betrachten zu können, brauchen wirein leistungsfähiges Teleskop. Abgesehen von einer starken Vergrößerung muß es auch eine hohe Lichtstärke aufweisen, und die hängt unmittelbar vom Durchmesser eines Objektivs ab. Im vorhergehenden Kapitel sahen wir, daß ein konkaver Spiegel (Hohlspiegel) genauso wie eine Sammellinse Licht sammeln und ein Bild erzeugen kann. Die Objektivlinse eines astronomischen Fernrohrs läßt sich also durch einen Hohlspiegel ersetzen. Isaac Newton baute zuerst ein derartiges Fernrohr, und die meisten Großteleskope wurden und werden nach diesem Prinzip hergestellt, mit Spiegeln von bis zu 6 m Durchmesser und dementsprechend hoher Lichtstärke.

Gute und leistungsfähige Teleskope sind teuer. Bei Spiegeln muß nur eine Fläche optisch bearbeitet werden, während es bei einer Linse zwei Flächen sind; deshalb kosten Spiegelteleskope (Reflektoren) gewöhnlich weniger als Linsenteleskope (Refraktoren) vergleichbarer Größe. Sehr wichtig ist, daß das Teleskop über ein stabiles Stativ (Montierung) verfügt, die bei einer Berührung des Fernrohrs nicht gleich ins Schwingen gerät. Selbst mit guten Teleskopen sind befriedigende Beobachtungen kaum möglich, wenn ihre Montierung nicht ausreichend erschütterungssicher ist.

Eine interessante Alternative zum Kauf eines Fernrohrs ist der Selbstbau. Man kann ganz von vorne beginnen und seinen Spiegel selbst schleifen, doch man braucht viel Geduld und Geschicklichkeit, um einen brauchbaren Spiegel zu bekommen. Den Spiegel erwirbt man also am besten fertig. Dieses Projekt befaßt sich mit dem Bau einer äußerst einfachen, aber leistungsfähigen Version eines Newton-Teleskops, das von John Dobson, einem amerikanischen Amateurastronomen, entworfen wurde und in den USA bereits sehr beliebt ist. Man kann fast das gesamte Fernrohr selbst bauen; am besten aber kauft man einige Bauteile, stellt die restlichen Teile aus Sperrholz her und baut das Teleskop auch selbst zusammen.

In Abb. 19.1 ist das Prinzip eines Newtonschen Spiegelteleskops dargestellt, Die aufgefangenen Lichtstrahlen treffen am Boden des Fernrohrtubus auf den großen Hauptspiegel, werden gebündelt und zu einem kleinen, ebenen Fangspiegel reflektiert, der unter einem Winkel von 45° zur Tubuslängsachse aufgehängt ist. Dadurch wird das zusammenlaufende Strahlenbündel aus dem Tubus herausgelenkt. Mit dem Okular, das auch zur Scharfeinstellung dient, läßt sich dann das Bild des Objekts betrachten. Ein Dobson-Teleskop ist in Abb. 19.2 skizziert. Der Tubus ist fest in einen Sperrholzkasten eingepaßt, an dessen

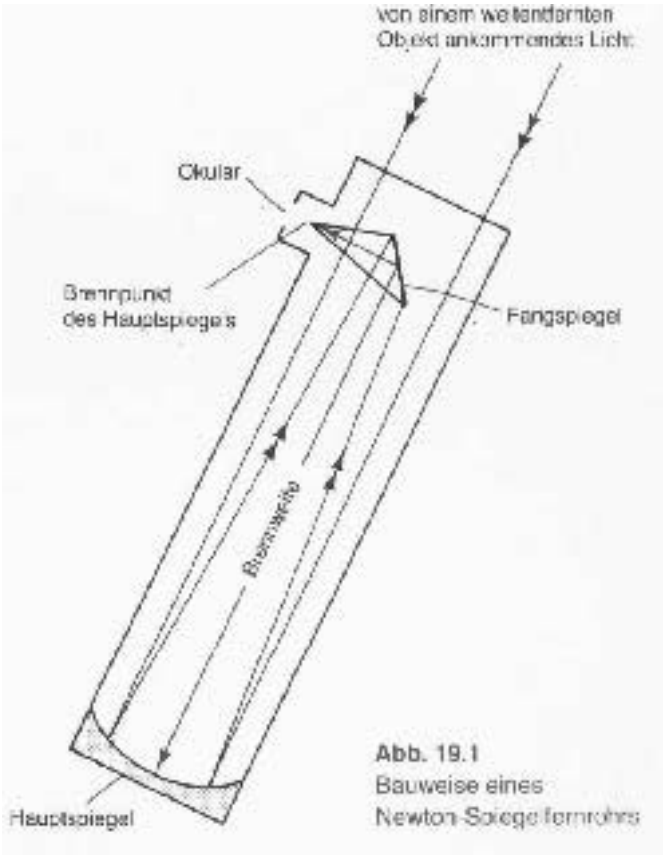


Abb. 19.1
Bauweise eines
Newton-Spiegelfernrohrs

Tubusrohres an, nach denen alle anderen Bauteile ausgerichtet werden müssen, Nach dieser Anleitung lassen sich ohne weiteres auch leistungsfähigere Teleskope, mit einem größeren Spiegeldurchmesser, bauen.

Was wird gebraucht?

Teleskop

1 Hauptspiegel, parabolisch, aluminiumbedampft, 6“/ 152mm, 1220 mm Brennweite, Öffnungsverhältnis 1:8
1 dazu passende Hauptspiegelhalterung
1 Fangspiegel, elliptisch (kleine Achse 33 mm)
1 Fangspiegelträger (Spinne und Spiegelhalterung)
1 Fernrohrtubus (Kunststoff, GFK), 1220 mm lang, 179 mm Innen-, 187 mm Außendurchmesser
1 Okularauszug
2 Okulare (9 und 18 mm, 31,8 mm Durchmesser)
1 Sucherfernrohr 6 x 30 mit Halterung

Alle Holzteile aus 18 mm starkem, wasserfest verleimtem Sperrholz. Alle Holzschrauben mit Senkkopf. Holzleim, Klebstoff.

Fernrohrwiege

2 Bretter (Seiten) 22,3 x 60 cm
2 Bretter (Deckel und Boden) 18,7 x 60 cm
1 Holzscheibe 15,2cm 0
2 Seitenlager aus Kunststoffrohr, 7,5 cm lang, 15,2 cm Innen-, 16 cm Außendurchmesser 24 Holzschrauben, 6 mm 0, 30 mm lang.

Montierungsgabel

1 Bodenbrett	30 x 30 cm
2 Seitenbretter	45 x 30 cm
1 Frontplatte	33,6x35 cm
4 Zentrierbretter	7 x 42,5 cm
1 Resopalplatte	33,6x31,8 cm
4 Teflonstreifen	0,15x 1,8x9,5cm

15 Holzschrauben, 6 mm 0, 30 mm lang
6 Holzschrauben, 8 mm 0, 50 mm lang

Basis

Bodenbrett	33,6 x 31,8 cm
3 Füße	5 x 5cm
3 Teflonscheiben	0,15cmx2cm0
3 Holzschrauben	6mm 0, 25 mm lang

Montage des Teleskops

Vor der Montage müssen in den Tubus Löcher gebohrt werden; Position und Durchmesser gibt Abb. 19.3 an. - Bei der Montage der Optik mit größter Sorgfalt verfahren; insbesondere die Spiegelflächen niemals mit bloßen Fingern anfassen.

1 Spinne am oberen Ende des Tubus festschrauben (Abb. 19.4).

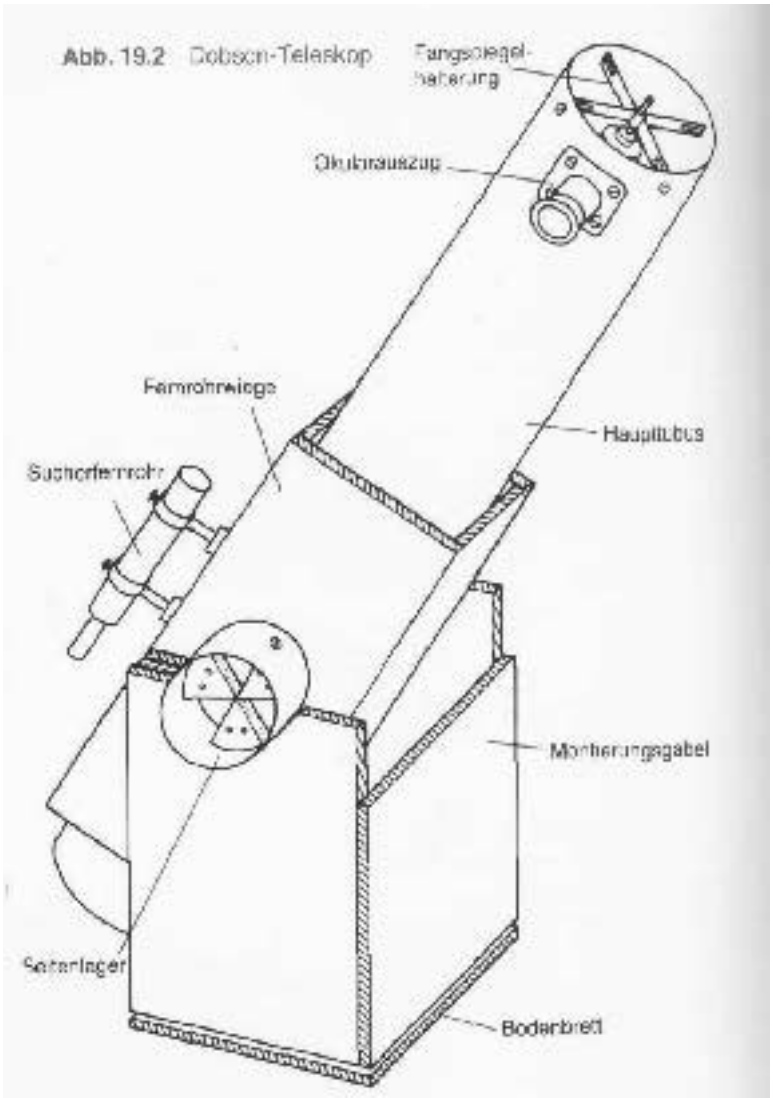


Abb. 19.2 Dobson-Teleskop

2 Fangspiegel in die Halterung und das Ganze in die Spinne einsetzen.
3 Okularauszug in den vorgebohrten Löchern am Tubus festschrauben (Abb. 19.6).
4 Fangspiegel längs der Tubusachse so verschieben und drehen, daß die Spiegelfläche beim Blick durch den Okularauszug (Okular nicht eingesetzt) ganz sichtbar ist (Abb. 19.7). Dazu müssen alle drei Justierschrauben gelöst werden.
5 Die Neigung des Fangspiegels durch Losdrehen oder Anziehen der betreffenden Justierschraube so einstellen, daß das untere, offene Ende des Tubus in der Mitte des Gesichtsfelds erscheint.
6 Hauptspiegel in seine Halterung einsetzen und das Ganze am unteren Ende des Tubus festschrauben.
7 Mit den drei Flügelschrauben den Hauptspiegel justieren: Man blickt durch das leere Rohr des Okularaus-zugs auf den Fangspiegel. Das Bild des Fangspiegels, das man im Parabolspiegel sieht, muß genau in dessen Mitte stehen. Blickt man mit einem Auge oben in den Tubus entlang seiner Achse, muß das Bild des Fang-

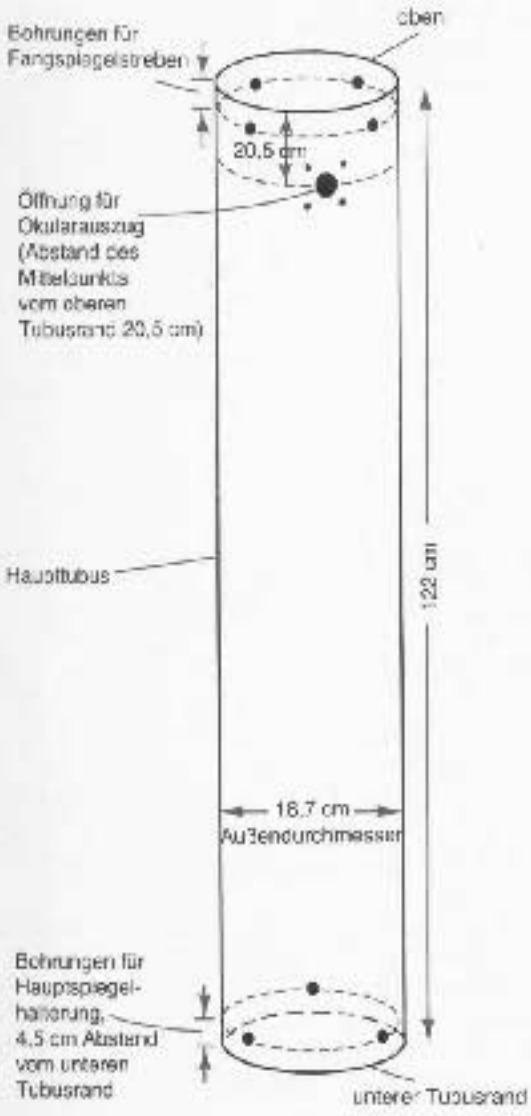


Abb. 19.3

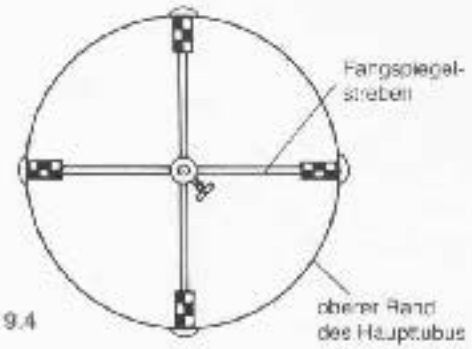


Abb. 19.4

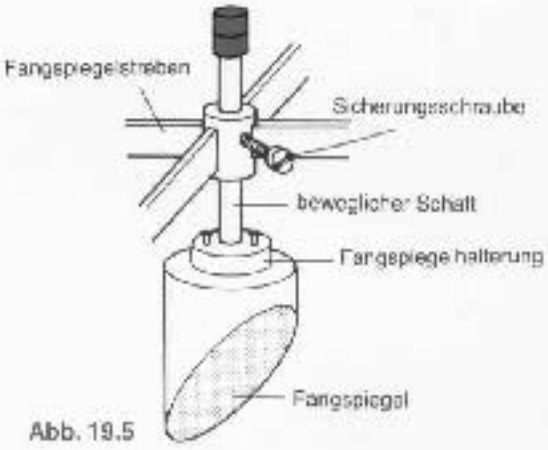


Abb. 19.5

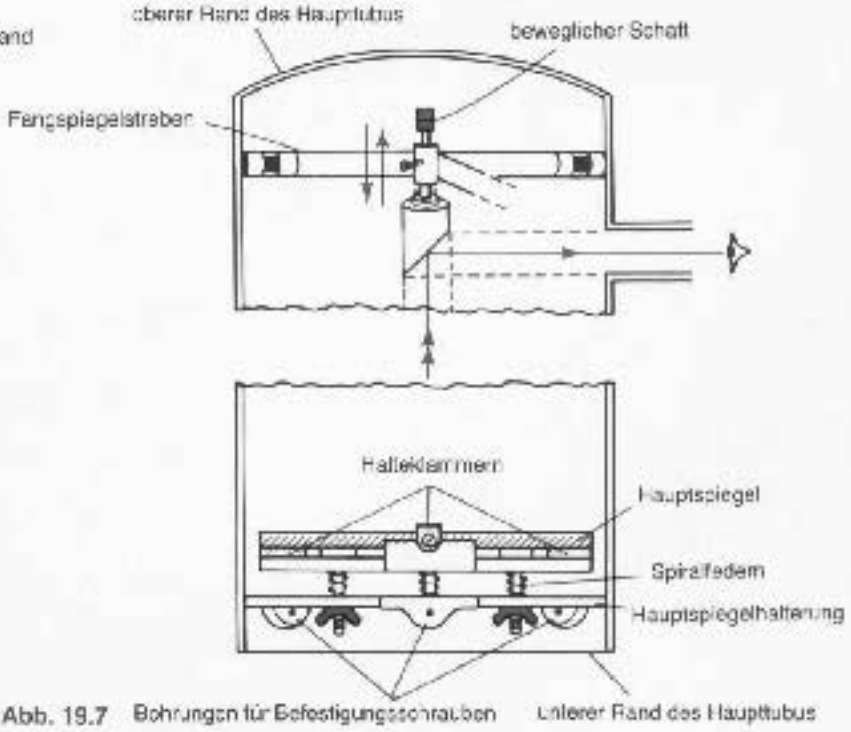
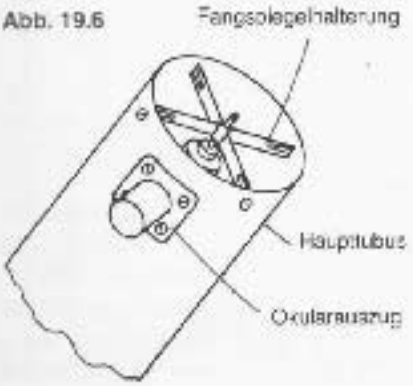


Abb. 19.7

Abb. 19.6



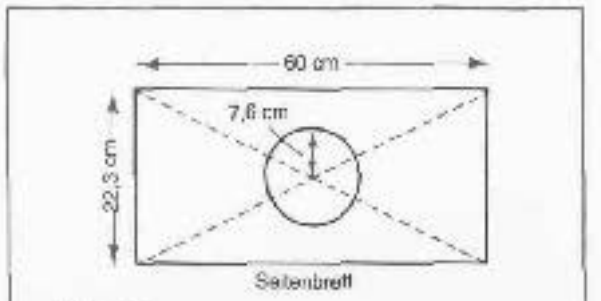


Abb. 19.8

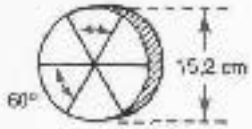


Abb. 19.9

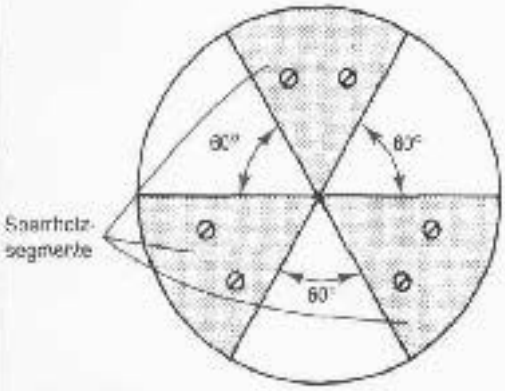


Abb. 19.10

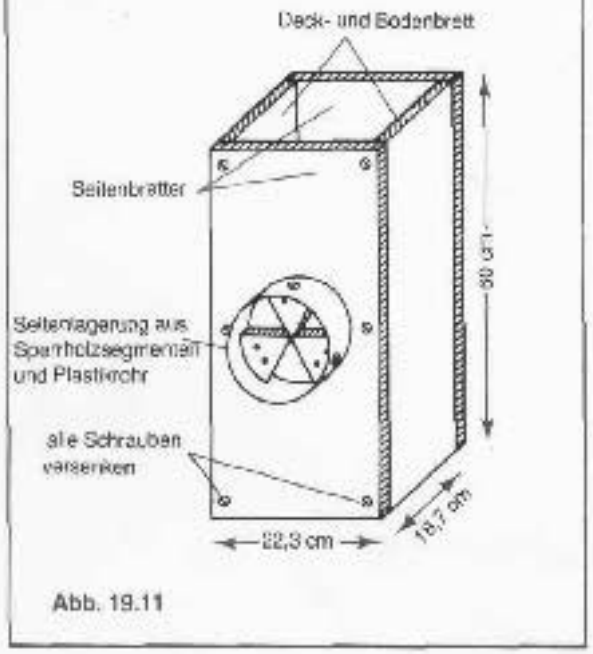


Abb. 19.11

spiegeis im Parabolspiegel hinter dem Fangspiegel selbst verschwinden, darf also nicht mehr zu sehen sein. Der noch sichtbare Teil des Parabolspiegels bildet dann ein gleichmäßig breites Band um den Fangspiegel.

Fernrohrwiege

8 Auf jedem Seitenbrett mittels Diagonalen die exakte Mitte markieren (Abb. 19.8) und um sie einen Kreis mit 7,6 cm Radius zeichnen.

9 Sperrholzscheibe in sechs identische Segmente zersägen {Abb. 19.9). Auf jedes Seitenbrett drei der Segmente im Abstand von 60° voneinander aufschrauben (Abb. 19.10).

10 Rohrstück überdie Segmente schieben und im Abstand von 120° voneinander radial drei Löcher in Rohr und Segmente vorbohren, dann die Schrauben eindrehen.

11 Ebenso die Seitenbretter vorbohren und mit den beiden anderen Brettern zum Kasten zusammenschrauben.

Montierungsgabel

12 An der Oberkante der beiden Seitenbretter eine V-förmige Kerbe aussägen (Abb. 19.12).

13 Auf jedem Seitenbrett zwei Zentrierbretter festschrauben, wobei die Längskanten bündig abschließen und von der Unterkante 2 mm Abstand gehalten werden (Abb. 19.13).

14 Seitenbretter längs der Unterkante vorbohren und an das Bodenbrett schrauben, mit der Frontplatte verfährt man ebenso (Abb, 19.15).

15 Resopalplatte auf die Bodenplatte und Teflonstreifen in die Kerben kleben (Abb. 19.16).

16 Genau in der Mitte des Bodenbretts ein Loch mit 1 cm 0 bohren.

Basis

17 Die Füße unter das Bodenbrett schrauben, wie in Abb. 19.17 gezeigt.

18 In die Mitte der Bodenplatte ein Loch mit 1 cm Durchmesser bohren und die drei Teflonscheiben im Abstand von 120° voneinander in ca. 14 cm Abstand von dem Loch aufkleben.

Zusammenbau

19 Montierungsgabel mit einer M-10-Schraube (Hutmutter verwenden) auf die Bodenplatte schrauben, so daß sie sich leicht drehen läßt.

20 Die Schrauben, die die Bretter des Tubus-Kastens miteinander verbinden, soweit lockern, daß sich das Teleskop leicht in den Kasten hineinschieben laßt.

21 Das Teleskop in die Montierung heben, so daß die seitlichen Lagerringe in den V-förmigen Kerben ruhen. Tubus in dem Kasten so lange verschieben, bis das

Teleskop in jeder Stellung verharrt. Das Fernrohr ist damit ausbalanciert.

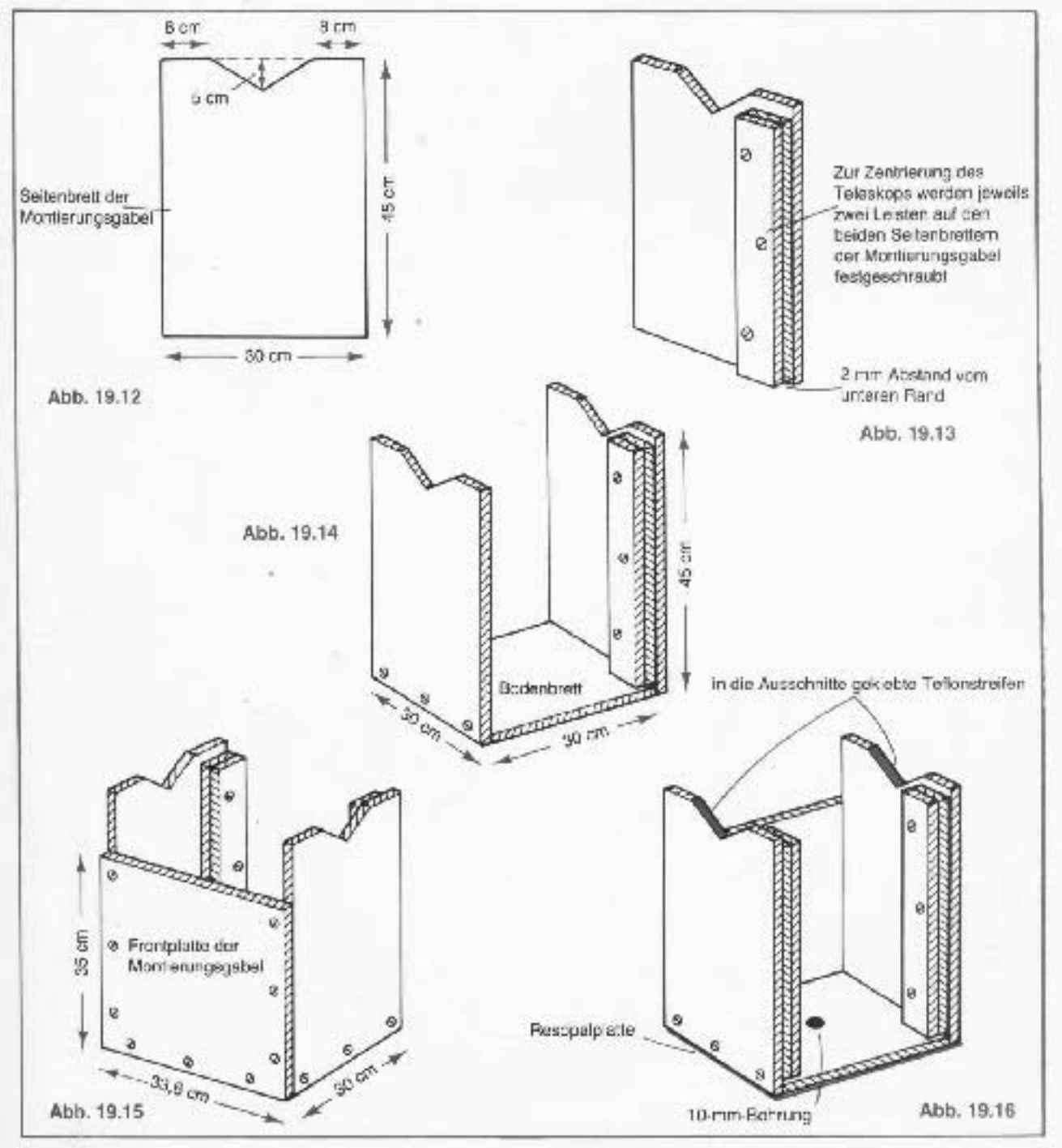
22 Die Schrauben des Tubusträgers wieder anziehen. Dadurch wird der Tubus in dem Kasten unverrückbar festgehalten.

23 Das Sucherfernrohr unmittelbar an und in der Mitte einer Längskante des Tubusträgers montieren (Abb. 19.9).

24 Das schwach vergrößernde Okular (18 mm Brennweite} in den Okularauszug stecken.

25 Nun muß noch das Sucherfernrohr justiert werden. Das Hauptteleskop auf ein möglichst weit entferntes punktförmiges Objekt richten, etwa eine 2 bis 3 km entfernte Kirchturmspitze, so daß sich dieses genau in der Mitte des Gesichtsfelds befindet. Mit den Justierschrauben am Lagerbock das Sucherfernrohr so ausrichten, daß das Objekt auch im Schnittpunkt des Fadenkreuzes erscheint. Diese Einstellung läßt sich nun zum Beispiel an der Spitze der Mondsichel überprüfen; dabei ist allerdings zu beachten, daß der Mond wandert und das Teleskop nachgeführt werden muß.

Das selbstgebaute Dobson-Teleskop ist jetzt einsatzbereit. Mit dem 18-mm-Okular ist die Vergrößerung etwa 68fach,



mit dem 9-mm-Okular etwa 135fach.

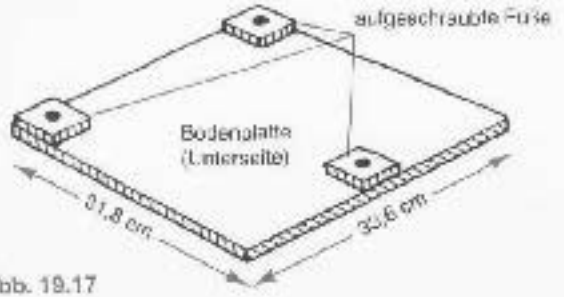


Abb. 19.17

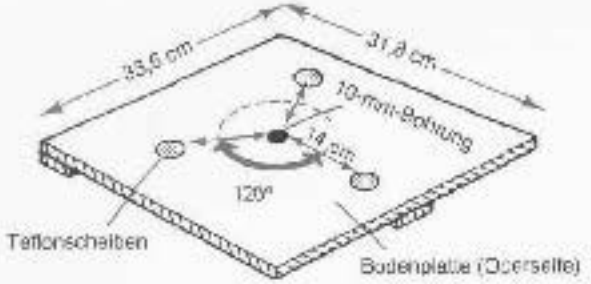


Abb. 19.18

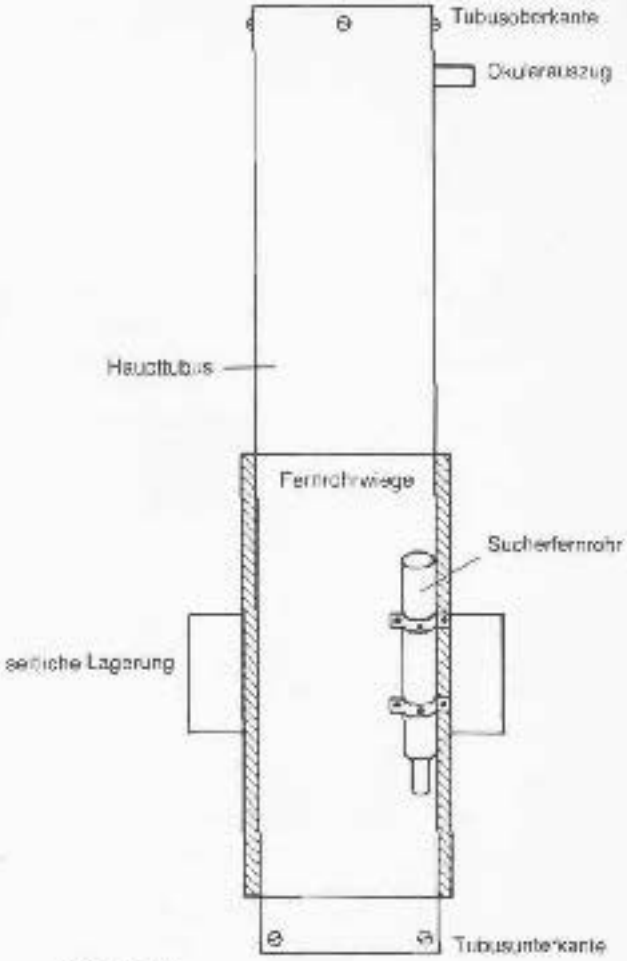
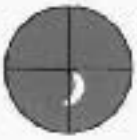


Abb. 19.19



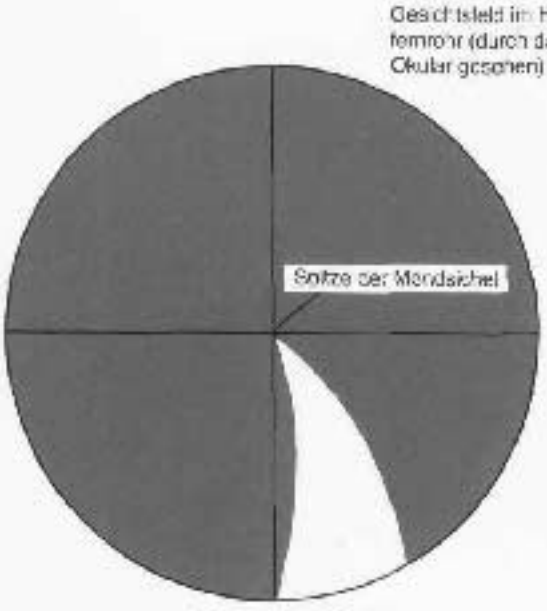


Abb. 19.20

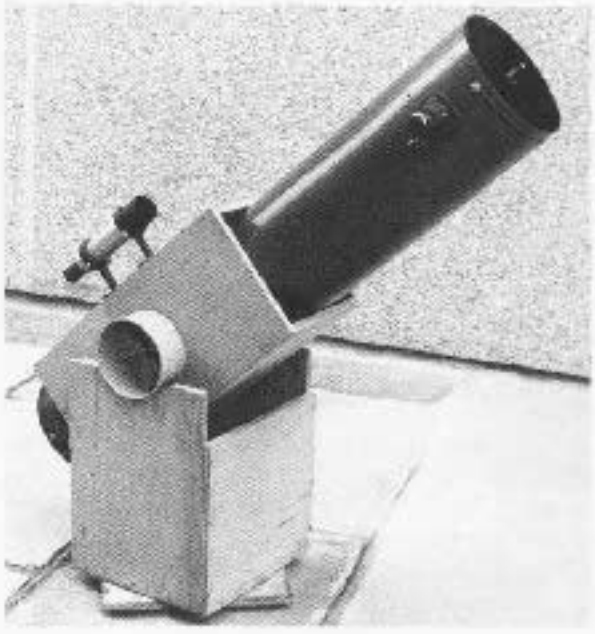


Abb. 19.21 Das selbstgebaute Dobson-Teleskop des Autors

Projekt 20 Der Einsatz des Dobson-Teleskops

Mit diesem Teleskop lassen sich zahlreiche sehr interessante Beobachtungen an Mond, Planeten und Sternen durchführen. Mit dem stark vergrößernden Okular (9 mm) erzielt man nicht unbedingt die besseren Ergebnisse; bei hohen Vergrößerungen muß die Luft sehr ruhig und klar sein. Am besten beginnt man mit einer schwachen Vergrößerung; erst, nachdem man einige Erfahrung bei der Arbeit mit dem Teleskop gesammelt hat, und bei wirklich guten Sichtbedingungen geht man auf höhere Vergrößerungen über. Enttäuschungen sind sonst vorprogrammiert!

Der Mond

Über die Beobachtungen des Mondes, die mit einem kleinen Fernrohr möglich sind, haben wir schon gesprochen (Projekt 16). Das größere Teleskop enthüllt weit mehr Details auf der Mondoberfläche; deshalb sollte man sich eine genauere Mondkarte besorgen (siehe Anhang 4). Sinnvoll ist jedoch immer, das, was im Teleskop zu erkennen ist, zeichnerisch festzuhalten. Eine Möglichkeit ist, sich von der einfachen Mondkarte (Abb. 16.3) Kopien zu machen und dort die Einzelheiten einzutragen, die man sieht, die aber auf der Karte nicht enthalten sind. Anhand dieser groben Skizze fertigt man dann eine vergrößerte Karte der beobachteten Gegend an, indem man wiederum weitere Details einzeichnet. Das Ergebnis kann man dann mit einer gekauften Mondkarte vergleichen. Um die Wahrnehmungsfähigkeit zu schulen, empfiehlt es sich, diese Reihenfolge einzuhalten. So wird man lernen, nur das zu zeichnen, was wirklich wahrgenommen wird, nicht das, was man zu sehen glaubt oder was man meint, sehen zu müssen. Einen guten Astronomen erkennt man auch an seinen präzisen Aufzeichnungen.

Die Planeten

Beobachtete Oberflächendetails von Planeten trägt man im allgemeinen in einem Kreis ein, der das sichtbare Planetenscheibchen darstellen soll. Zusätzlich kann man diesen Kreis in vier Segmente einteilen. Genaue Anweisungen, wonach Ausschau zu halten ist, würden die Entdeckerfreude beeinträchtigen; einige Angaben zu den einzelnen Planeten sind aber bestimmt hilfreich.

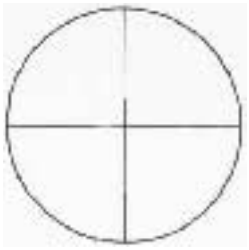


Abb. 20.1

Venus: Mit unserem respektablen Sechszöller ist ohne weiteres zu erkennen, daß die Venus Phasen zeigt, genau wie der Mond. Wir skizzieren den Verlauf des Terminators (die Licht-Schatten-Grenze) in dem Kreis, der die Venus darstellt, und wiederholen dies über einen längeren Zeitraum, sowohl wenn Venus am Morgen-, als auch wenn sie am Abendhimmel steht. Ist irgendwann einmal auch eine „Vollvenus" zu sehen?

Abb. 20.2
Die Phasen der Venus

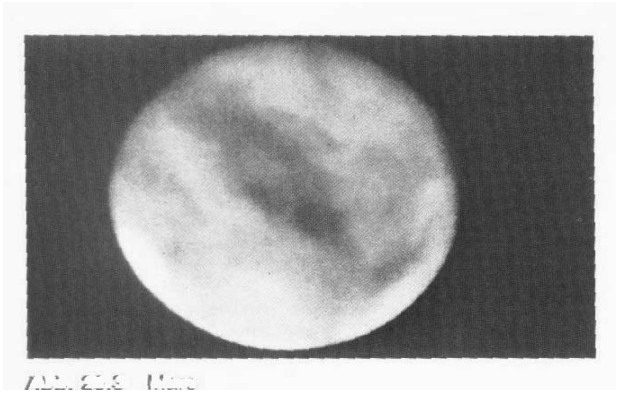


Abb. 20.3 Mars

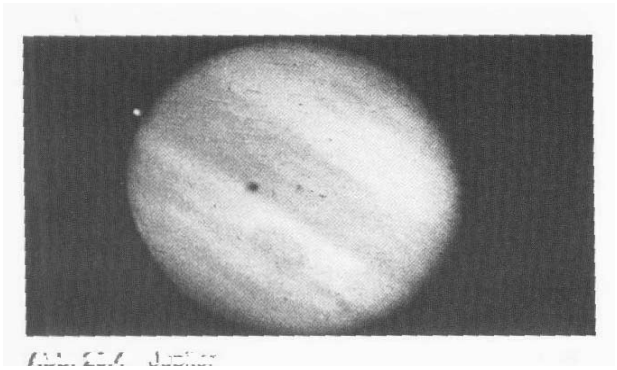


Abb. 20.4 Jupiter

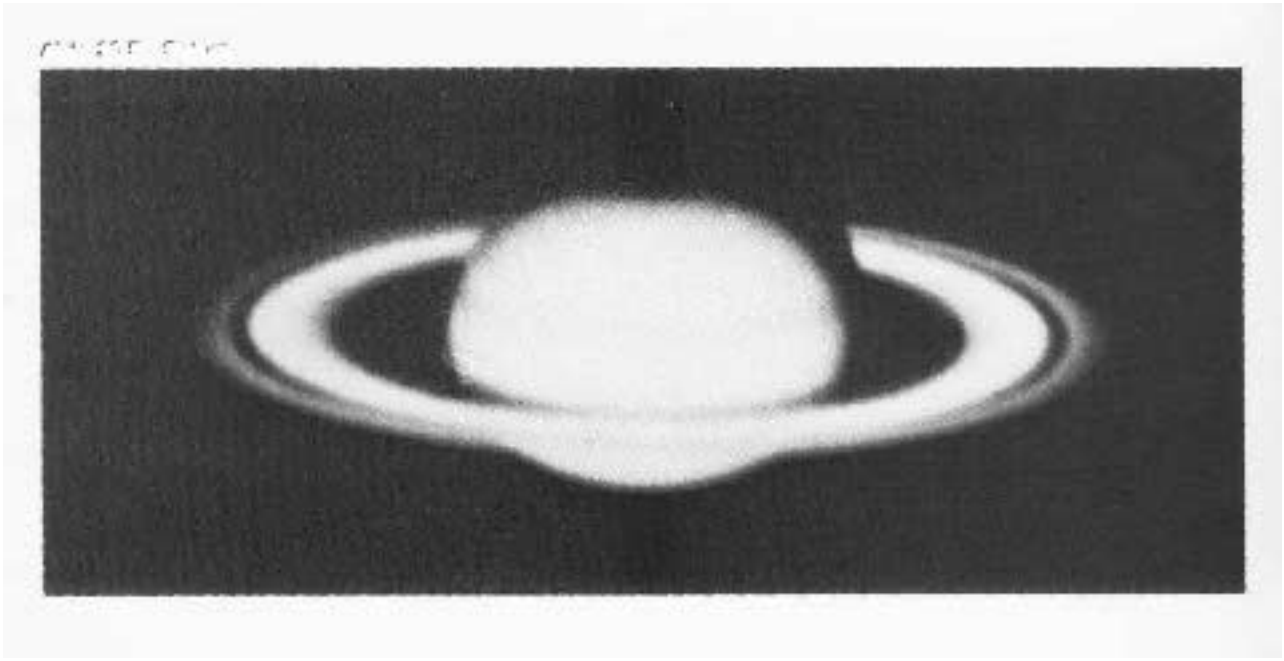
Mars: Die Entfernungen aller Planeten von der Erde schwanken ständig. Daher verändert sich auch die Größe des im Teleskop erkennbaren Planetenscheibchens. Dies wird besonders bei Venus und Mars deutlich. Mars ist als Scheibchen zu erkennen, und mit einiger Übung sollten auch einige seiner größeren Oberflächeneinzelheiten zu beobachten sein. Vielleicht machen sich sogar auch Farbveränderungen bemerkbar.

Jupiter: Schon in einem Vierzeiler bietet dieser Planet ein beachtlich großes Scheibchen. Mit unserem Teleskop dürfte daher auf Anhieb zu sehen sein, daß Jupiter in eine Reihe von Gürteln und Zonen aufgeteilt ist. Wir zeichnen unsere Beobachtungen in den Kreis ein und wiederholen dies während einiger aufeinanderfolgender Nächte. Sind irgendwelche Veränderungen festzustellen?

Saturn: Seine Ringe sind in unserem Teleskop deutlich erkennbar. Kann man irgendwelche Strukturen in den Ringen sehen? Zeigt die Planetenkugel Einzelheiten?

Die äußeren Planeten: Uranus. Neptun und Pluto sind alle mit dem Teleskop zu beobachten, wenn auch nur als winziges Scheibchen bzw. als Punkt (Pluto). Man benötigt dazu aber einen guten Stematlas und genaue Information über ihre jeweiligen Positionen, wie sie etwa im „Himmelsjahr" zu finden sind.

Abb. 20.5 Saturn



Projekt 21 Astrofotografie

Mit einer Kamera, die über eine Dauerbelichtungsfunktion (B) verfügt, läßt sich mit wenig zusätzlicher Ausrüstung einfache Astrofotografie betreiben. Man montiert die Kamera fest auf ein Stativ, für andere Aufgaben benötigt man eine einfache Nachführmontierung. In beiden Fällen verwendet man einen Drahtauslöser, damit die Kamera nicht wackelt.

Arbeit mit der stationären Kamera **Was wird gebraucht?**

Kamera mit B-Einstellung; empfindlicher Schwarzweißfilm (z. B. Kodak Tri-X Pan, Ilford HP 5); stabiles Stativ; Drahtauslöser.

Strichspuren

In einer mondlosen Nacht stellen wir die Kamera möglichst weit von den störenden Lichtquellen einer Ansiedlung entfernt auf einem Stativ auf. Die Entfernung stellen wir auf Unendlich und öffnen die Blende ganz. Man richtet die Kamera auf ein markantes Sternbild oder eine sternreiche Region und öffnet den Verschluß für fünf Minuten. Weitere Aufnahmen machen wir mit 10 und 15 Minuten Belichtungszeit. Dann richten wir die Kamera zum Polarstern aus und wiederholen die Serie. Auf dem entwickelten Film können wir feststellen, daß die Wanderung der Sterne über den Himmel als Strichspuren dokumentiert ist. Haben wir ein Sternbild im Bereich des Himmelsäquators fotografiert, so erscheinen die Strichspuren als (nahezu) gerade Linien. Diese Linien sind scharf gezeichnet, wenn die Entfernung richtig eingestellt war. Erscheinen die Linien zackig oder wellig, wackelte die Kamera während der Aufnahme. Wurde der Fotoapparat auf den Polarstern ausgerichtet, verlaufen die Strichspuren auf Kreisbögen, denn die zir-kumpolaren Sterne beschreiben Kreise um_den Himmelspol (Abb. 21.2).

Abb. 21.1 Der Komet Humason mit Strichspuren von Sternen

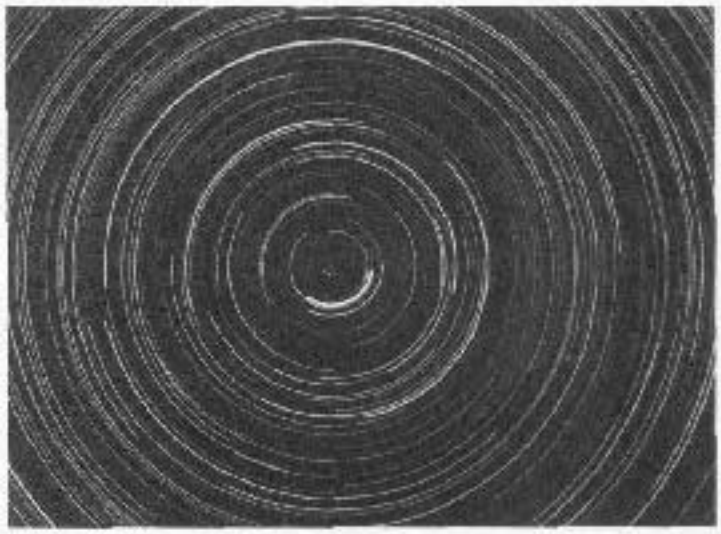


Abb. 21.2 Langzeitaufnahme von Zirkumpolarsternen

Meteorströme

Name	Lage des Radianten	Zeitraum	Maximum	Meteore pro Stunde
Quadrantiden	Bootes	1.–6. 1.	4. 1.	110
Lyriden	Leier	19.–24. 4.	22. 4.	12
η-Aquariden	Wassermann	1.–8. 5.	5. 5.	20
δ-Aquariden	Wassermann	15. 7.–15. 8.	27. 7.	35
Perseiden	Perseus	25. 7.–18. 8.	12. 8.	66
Orioniden	Orion	16.–25. 10	20. 10.	30
Tauriden	Stier	20. 10.–30. 11	7. 11.	12
Leoniden	Löwe	15.–19. 11.	17. 11.	10
Geminiden	Zwillinge	7.–15. 12.	12. 12.	58

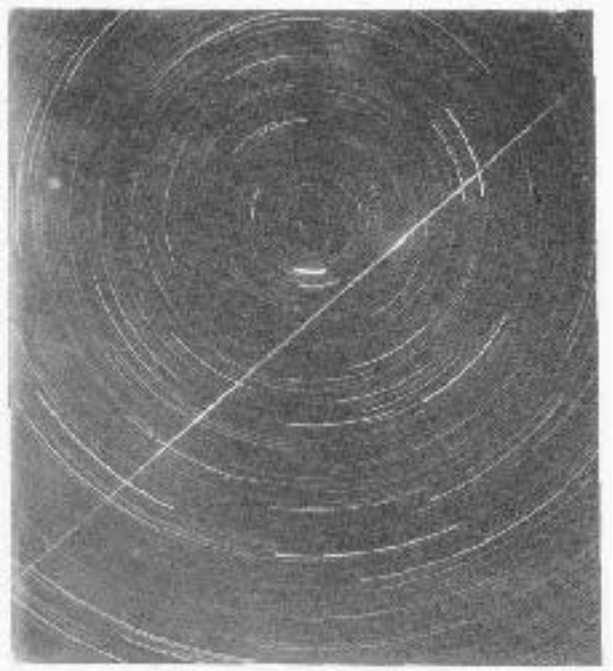


Abb. 21.3 Zirkumpolarsterne mit der Strichspur eines Meteors

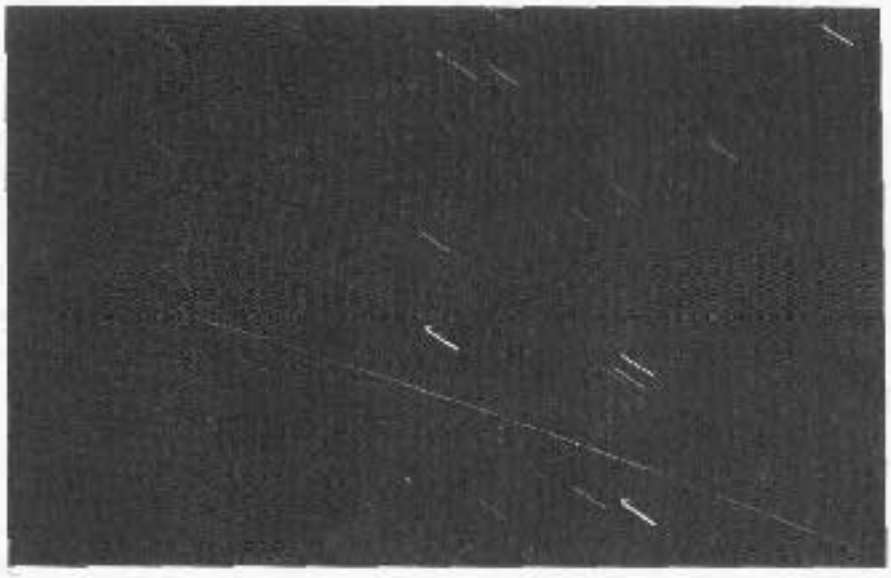
Meteore werden auch „Sternschnuppen" genannt, mit den Sternen aber haben sie wenig zu tun. Ähnlich wie die Planeten laufen Schwärme von Teilchen, kleine Steine und auch größere Gesteinsbrocken, um die Sonne. Diese Objekte, die Meteorite, bilden das, was wir mit „Meteorstrom" oder „Meteorschauer" bezeichnen. Wenn unsere Erde einem solchen Schwärm begegnet, treten Tausende solcher Teilchen in die Atmosphäre ein und werden dort durch die Reibung mit der Luft sehr heiß. Die meisten Teilchen verdampfen in den obersten Schichten der Atmosphäre. Durch ihre Bewegungsenergie werden die Luftmoleküle zum Leuchten angeregt - und das wird als leuchtende Spur sichtbar. Meteore scheinen meist aus einer bestimmten Stelle am Himmel zu kommen; deshalb werden sie nach der Lage des „Radianten" in einem bestimmten Sternbild bezeichnet. Die Tabelle oben führt die wichtigsten Meteorströme auf.

Mit der stationären Kamera sind Meteore gut zu fotografieren; sie erscheinen als lange helle Linien, die die normalen Sternstrichspuren kreuzen. Allerdings ist ein wenig Geduld nötig! Wir richten die Kamera in einem Winkel von 45° zur ungefähren Richtung des zu erwartenden Meteorstromes aus. Die vorangegangenen Aufnahmeserien geben einen Anhaltspunkt dafür, wie lange man den Verschluß höchstens offenhalten darf, bis sich die Aufnahme zu „verschleiern" beginnt. Sollte während dieser Zeit kein Meteor aufgetaucht sein, transportiert man den Film weiter. Wenn aber ein Meteor das Gesichtsfeld der Kamera durchquert hat, den Verschluß sofort schließen, damit die Kontraste erhalten bleiben.

Künstliche Erdsatelliten

In einer klaren Nacht sind während zwei, drei Stunden mit großer Wahrscheinlichkeit ein bis zwei künstliche Erdsatelliten zu sehen. Um einen Satelliten fotografieren zu können, braucht man genauere Informationen darüber, wann und wo sie zu sehen sind. Man stellt nun die Kamera mit voll geöffneter Blende etwa in der Richtung auf, aus der ein bestimmter Satellit zu erwarten ist. Mil freiem Auge wird der Himmel so lange abgesucht, bis man den Satelliten entdeckt. Nachdem die Kamera auf die voraussichtliche Flugbahn ausgerichtet wurde, öffnet man den Verschluß so lange, bis der Satellit aus dem Gesichtskreis verschwindet. Das Resultat dürfte so aussehen wie Abbildung 21.4.

Abb. 21.4
Ein künstlicher Erdsatellit bei der Passage durch das Sternbild Orion (aufgenommen mit feststehender Kamera)



Bau und Einsatz einer einfachen Nachführung für die Kamera

Da sich die Erde um ihre eigene Achse dreht, haben wirden Eindruck, daß die Sterne um eine Achse kreisen, die auf einen bestimmten Punkt am Himmel, einen der Himmelspole, zeigt. Will man einen Teil des Himmels fotografieren, ohne Strichspuren oder zumindest verwischte Aufnahmen zu bekommen, muß die Kamera um diese Achse mit derselben Geschwindigkeit gedreht, „nachgeführt" werden. Ein einfaches Gerät dazu zeigt Abb. 21.5, eine „schottische Montierung".

Die Kamera wird auf einen einstellbaren Arm montiert, der mit einem Winkeleisen an ein bewegliches Brett geschraubt ist. Die Achse des Scharniers deutet auf den Himmelsnordpol. Erreicht wird dies dadurch, daß die Grundplatte mit der Horizontalen einen Winkel einschließt, der der geographischen Breite des Beobachtungsorts entspricht. Das Grundbrett ist an einem Polblock, der nach Norden weist, festgeschraubt. Die Nachführschraube geht durch das Grundbrett und drückt auf das bewegliche Brett; der Gegendruck wird

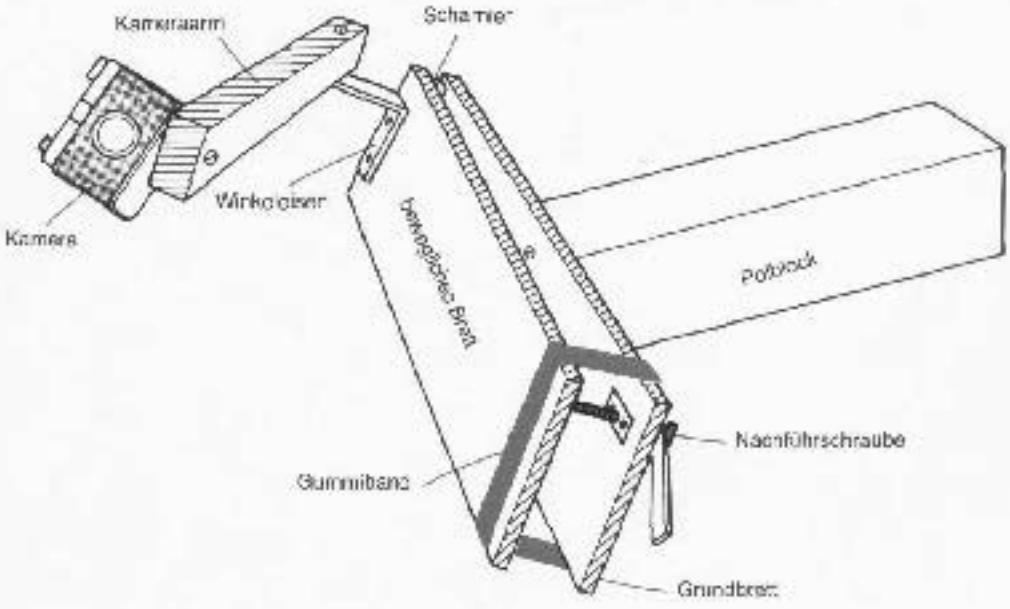


Abb. 21.5

mit einem kräftigen Gummiband erzeugt. Wird die Nachführschraube mit einer Umdrehung pro Minute gedreht, öffnet sich das bewegliche Brett gegen die Spannung des Gummibands genau so schnell, daß die Kamera der Sternbewegung exakt folgt. Die Kamera selbst kann auf jeden beliebigen Punkt des Himmels ausgerichtet werden.

Was wird gebraucht?

2 Sperrholzbretter, 270 x 130 x 9 mm 1
Holzblock, 380 x 90 x 50 mm
1 Holzleiste, 170 x 35 x 25 mm
2 Flacheisen, 40 x 15 x 1 mm 1 Flacheisen, 50 x 15 x 1 mm 1 Winkeleisen, 80 (Schenkellänge) x 20 x 3 mm
1 Scharnier. 10 cm lang
2 M-6-Sechskantschrauben, 60 mm lang, 1 mm Steigung 1 Sechskantschraube, passend zum Stativgewinde der Kamera, 50 mm lang mit Flügelmutter 3 M-6-Sechskantmuttern und eine M-6-Flügelmutter 2 Senkkopfschrauben, 15 x 4,5 mm 2 Senkkopfschrauben, 25 x 4,5 mm 4 dazu passende Muttern 4 Holzschrauben, 10 x 6 mm 2 Holzschrauben, 20 x 8 mm 1 kräftiges Gummiband Metall- und Holzbohrer, Kamera.

Der Bau der Nachführung

1 Polblock schräg zusagen, so daß der Winkel cp der geographischen Breite des Beobachtungsorts entspricht (Abb. 21.6).
2 In das Grundbrett entlang der Mittellinie, jeweils 30 mm vom Rand entfernt, zwei Löcher mit 8 mm 0 bohren (Abb. 21.7).
3 Das Scharnier aufklappen und so an das Grundbrett anlegen, daß die Scharnierachse mit der schmalen Kante genau fluchtet (Abb. 21.8). Anhand der Scharnierbohrungen zwei Löcher markieren und vorbohren; die 4,5-mm-Schrauben sollen hindurchpassen. Scharnier mit jeweils zwei Muttern und den 15-mm-Schrau-ben am Grundbrettfestschrauben.
4 Auf dem Grundbrett (Scharnier zeigt nach links) genau 30 mm vom oberen Rand und 229 mm von der Scharnierachse (Achsenmitte) einen Punkt markieren (Abb. 21.9). Dann hier ein Loch mit 6 mm 0 bohren.
5 Mit einem Hammer genau über dieser Bohrung eine M-6-Sechskantmutter ins Holz treiben, so daß ihre Oberkante mit dem Brett abschließt.
6 In die beiden 40 x 15-mm-Flacheisen jeweils zwei Löcher bohren, durch die die M-6-Schrauben hindurchpassen; ein Flacheisen erhält ein drittes Loch, genau in der Mitte und mit einem Durchmesser von 6 mm. Maße siehe Abb. 21.10 a.

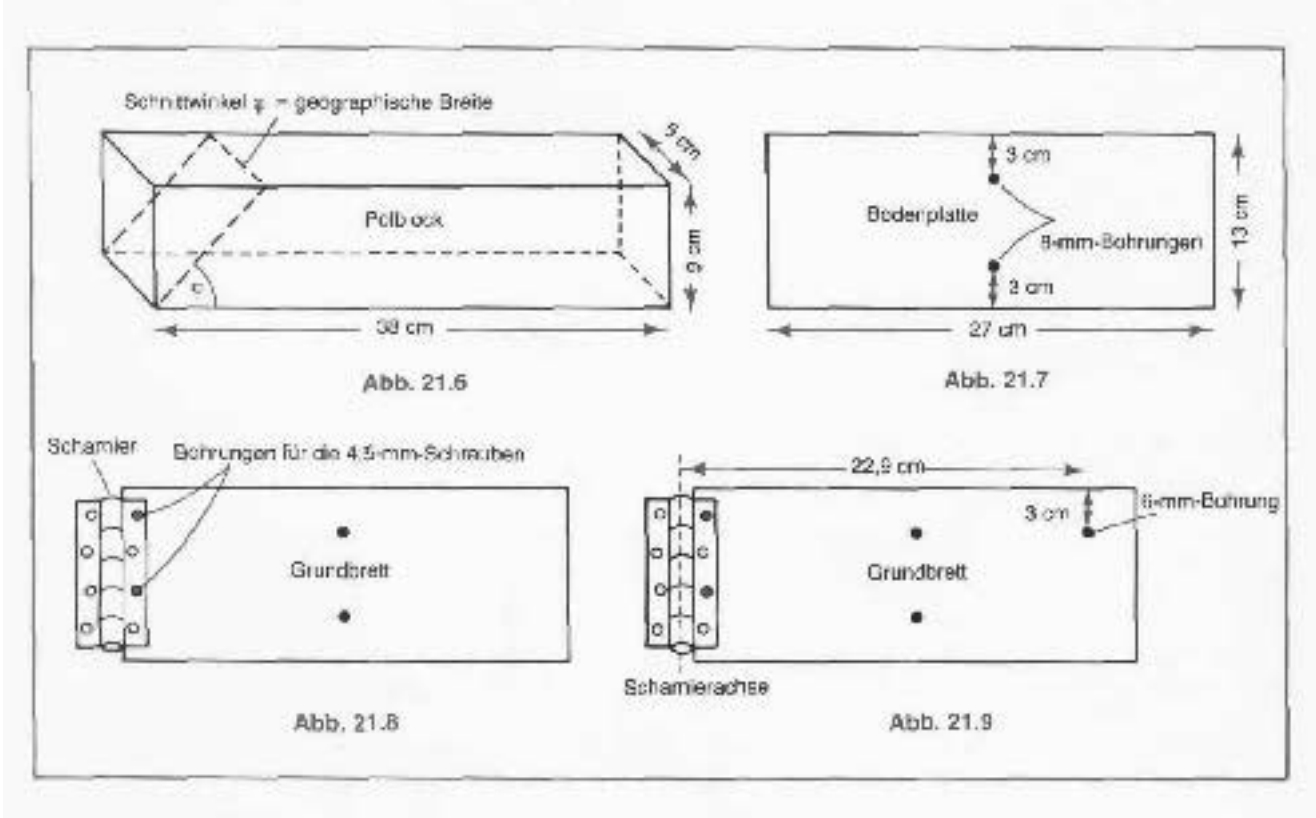
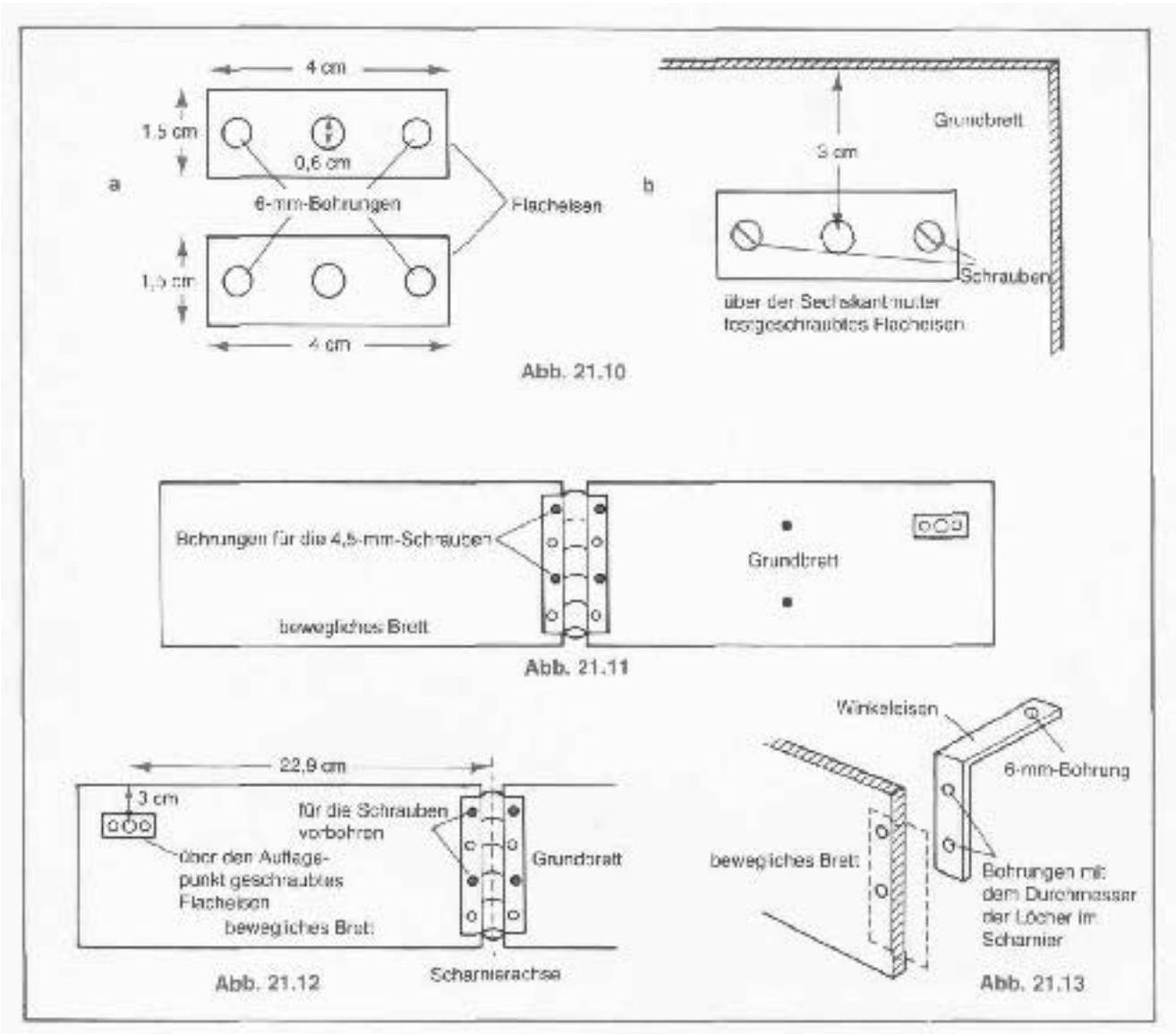


Abb. 21.6

Abb. 21.7

Abb. 21.8

Abb. 21.9



7 Das letztere Flacheisen mit dem mittleren Loch genau über der ins Holz getriebenen M-6-Mutter auf das Grundbrett schrauben (mit den 10-mm-Holzschrauben).

8 Das bewegliche Brett so unter das Scharnier legen, daß seine Schmalseite zur Scharnierachse und zur gegenüberliegenden Kante des Grundbretts genau parallel läuft (Abb. 21.11), und anhand der Scharnierbohrungen zwei Löcher markieren. Dann die Löcher bohren, durch die die 4,5-mm-Schrauben passen.

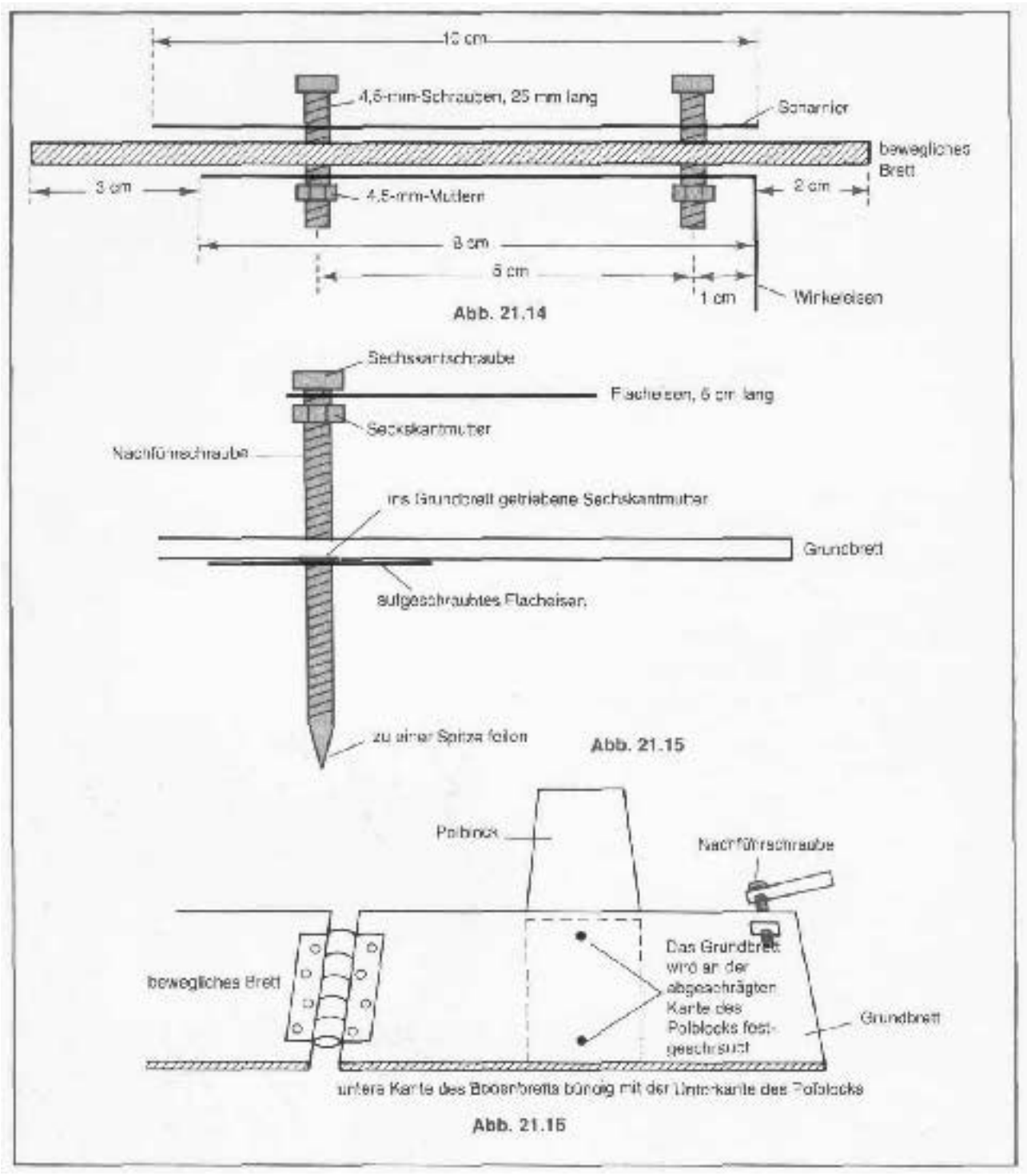
9 Auf dem beweglichen Brett („Scharnierseite" nach rechts) einen Punkt markieren, der genau 30 mm vom oberen Rand und 229 mm von der Scharnierachse entfernt ist. Über diesem Punkt das zweite 40 *x* 15-mm-Flacheisen festschrauben.

10 In einen Arm des Winkeleisens zwei Löcher bohren; Abstand und Durchmesser entsprechend den beiden Scharnierlöchern im beweglichen Brett (Abb. 21.13); am anderen Arm des Winkeleisens wird ein Loch mit 6 mm 0 gebohrt.

11 Die zwei 25 mm langen 4,5-mm-Schrauben durch die Löcher in Scharnier, beweglichem Brett und Winkeleisen schieben und das Ganze mit zwei Muttern zusammenschrauben.

12 An einem Ende des 50 *x* 15-mm-Flacheisens ein Loch mit 6 mm Durchmesser bohren. Die Nachführschraube {M 6, 60 mm lang) wird spitz zugefeilt (Spitze leicht runden). Die Schraube nun durch das Flacheisen schieben, mit einer Mutter festziehen und dann in die Sechskantmutter im Grundbrett eindrehen, so daß sie auf der anderen Seite um ungefähr 5 mm herausragt.

13 Das Grundbrett auf das abgeschrägte Schmalende des Polblocks schrauben. Es soll mit der Achse des Polblocks einen exakten rechten Winkel bilden, seine



untere Kante soll mit der unteren Kante der abgeschrägten Fläche zusammenfallen {Abb. 21.16).

14 Die Holzleiste, die später die Kamera tragen soll, erhält zwei senkrecht zueinander verlaufende Bohrungen mit 6mm Durchmesser, an jedem Ende eine (Abb. 21.17).

15 Durch die waagrechte Bohrung wird die 50 mm lange Schraube mit dem Stativgewinde geschoben und mit einer passenden Mutter gesichert (Abb, 21.18). Durch die senkrechte Bohrung des Kameraarms und durch das Loch am freien Ende des Winkeleisens eine 60 mm lange Sechskantschraube schieben und alles mit einer Flügelmutter fixieren.

16 Das bewegliche Brett soweit über das Grundbrett klappen, bis das Flacheisen an der Nachführschraube

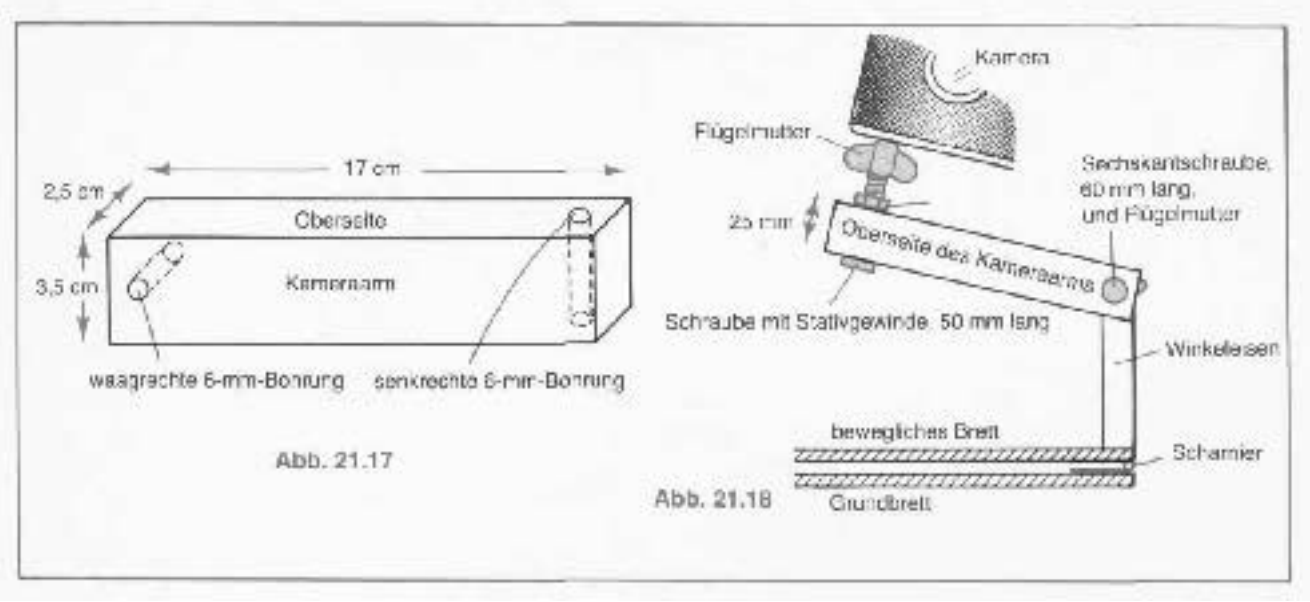


Abb. 21.17

Abb. 21.18

anliegt. Das Gummiband um bewegliches Brett und Grundbrett spannen, so daß beides immer in festem Kontakt bleibt (Abb. 21.5).

17 Zuletzt die Flügelmutter „kopfüber" auf das hervorstehende Ende der 50 mm langen Schraube am freien Ende des Kameraträgers schrauben. Von der Schraube soll soviel frei bleiben, wie in das Stativgewinde der Kamera hineinpaßt; die Länge des Stativgewindes darf nie überschritten werden, da sonst die Schraube in das Kameragehäuse hineingedrückt wird und großen Schaden anrichtet. Die Kamera wird fixiert, indem man diese Flügelmutter gegen den Kameraboden kontert (Abb. 21.18). Die Montierung ist nun einsatzbereit.

Die Bedienung der Montierung

Der Stabilität wegen ist es empfehlenswert, den Polblock auf einer festen Unterlage zu fixieren. Die Längsachse des Polblocks muß genau in Nord-Süd-Richtung verlaufen; das abgeschrägte Ende weist dabei nach Süden. Die Scharnierachse deutet nun auf den Himmelsnordpol. Die Kamera nun auf den gewünschten Himmelsausschnitt ausrichten; dazu die Flügelmuttern am Kameraarm leicht lockern, anschließend wieder gut festziehen. Verschluß der Kamera öffnen. Die Nachführschraube mit Hilfe der „Kurbel" pro Minute um 360" drehen. Mit Hilfe einer abgeblendeten Taschenlampe läßt sich die Nachführschraube synchron zum Sekundenzeiger einer Uhr drehen. Die Belichtungszeit sollte 10 Minuten nicht überschreiten. Mit dieser einfachen Vorrichtung sind Kometen, Planeten mit ihren Hintergrundsternbildern, die Sternbilder selbst, Nebel wie der Große Orionnebel und die Andromeda-Galaxie zu fotografieren.

Abb. 21.19 Orion, aufgenommen mit Hilfe unserer einfachen Montierung

Projekt 22 Ein Modell des Erde-Mond-Sonne-Systems

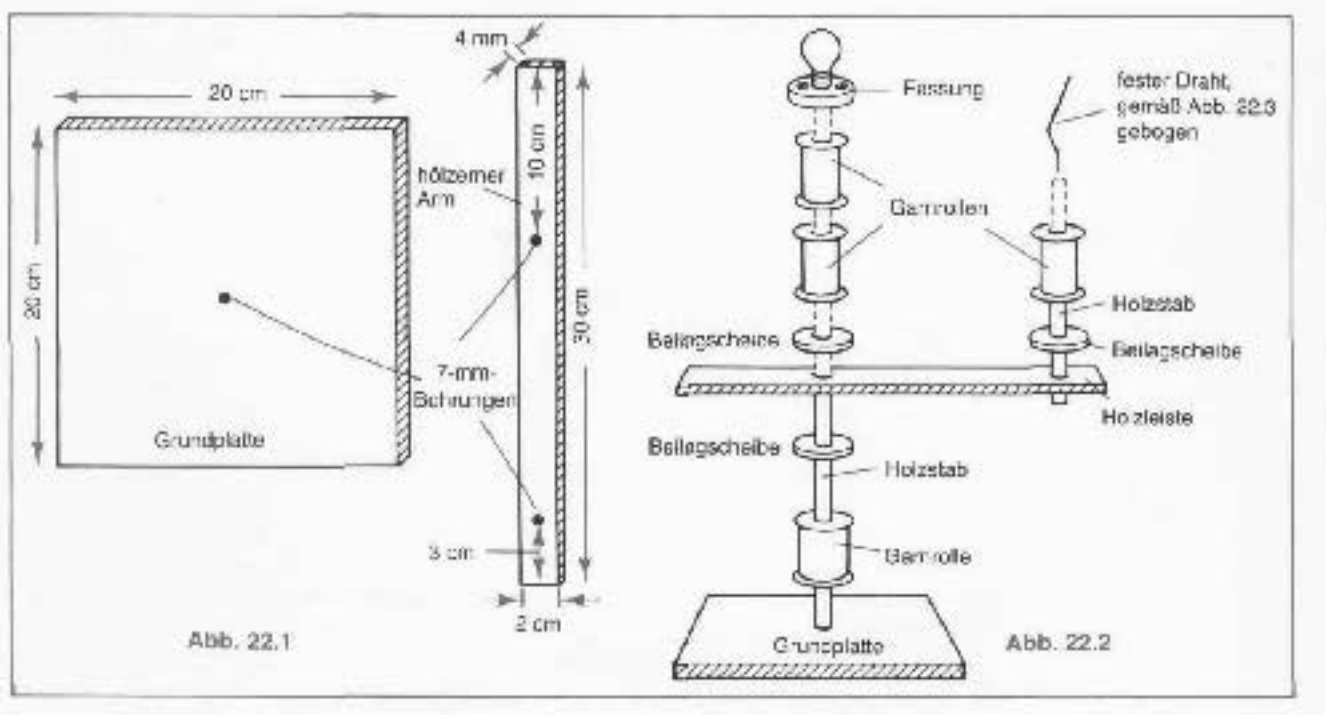
Bewundernswert konstruierte alte Modelle des Sonnensystems sind in naturwissenschaftlichen Museen öfter zu sehen. Sie werden auch Kleinplanetarien genannt. In diesem Kapitel wird der Bau eines einfachen Modells beschrieben, das zeigt, wie Tag und Nacht, die Jahreszeiten, Sonnen- und Mondfinsternisse und die Mondphasen Zustandekommen.

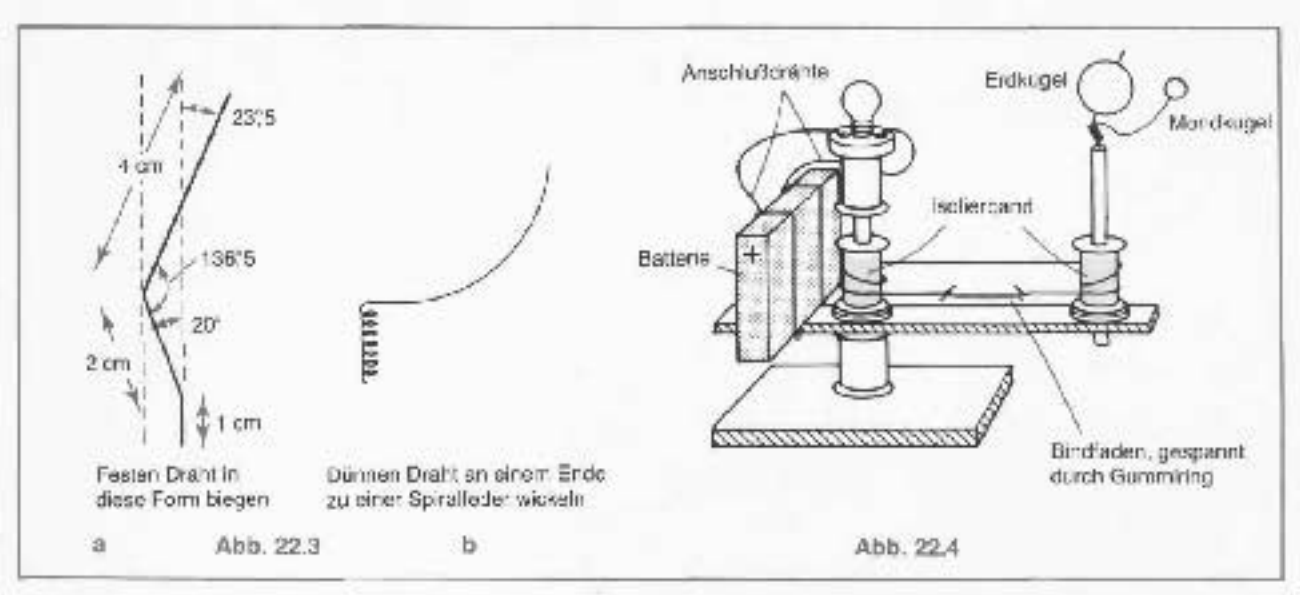
Was wird **gebraucht?**

1 Brett, 200x200 x 10 mm
1 Holzlatte, 300 x 20 x 4 mm
1 Holzstab, 7 mm Durchmesser, 147 mm lang
1 Holzstab, 7 mm Durchmesser, 100 mm lang
1 Garnrolle, 33 mm lang, 31 mm Durchmesser
3 Garnrollen, 43 mm lang, 22 mm Durchmesser
3 Plastikbeilagscheiben, 35 mm Durchmesser, 2 mm stark, Bohrung 7 mm 0 je eine Kugel (Styropor oder Plastik) mit 15 mm und 20 mm
0 ein kleiner Globus, ca. 25 mm Durchmesser (kann auch selbst gebastelt werden!)
eine kleine verspiegelte Kugel, ca. 30 mm 0 (z. B. Christbaumkugel aus Kunststoff)
Taschenlampenglühbirne, Fassung, Batterie 30 cm isolierter Draht
8 cm fester Draht (eine Büroklammer tut es auch); 12 cm dünnerer Draht (ca. 0,3 mm 0) Bindfaden, drei Gummiringe, Isolierband (nicht aus Kunststoff!), Bohrer, Klebstoff, Klebegummi (z. B. Hafties).

Was ist zu tun?

1 In die Mitte der Grundplatte ein Loch mit 7 mm Durchmesser bohren (Abb. 22.1).
2 In den hölzernen Arm zwei Löcher (7 mm 0) bohren; Maße siehe Abb. 22.1.
3 Den längeren Holzstab in die Bohrung in der Grundplatte kleben.
4 In den kürzeren Holzstab vom Ende her ein 10 mm tiefes Loch, 0,6 mm 0, bohren.
5 Die dickere Garnrolle über den Stab auf der Grundplatte schieben und festkleben.
6 Eine Plastikbeilagscheibe, die Holzleiste (mit dem 100 mm von dem einen Ende entfernten Loch) und eine weitere Plastikbeilagscheibe auf den Stab schieben (Abb. 22.2).
7 Eine der Garnrollen auf dem Stab bis zur Beilagscheibe





hinunterschieben und mit dem Holzstab verkleben; die Holzleiste muß sich aber noch frei um den Stab herum bewegen lassen (Abb. 22.2).

8 Die Glühbirnenfassung auf der zweiten Garnrolle festkleben,

9 Das obere Ende des Stabes mit Sandpapier leicht abschleifen, bis sich die Garnrolle mit der Lampenfassung leicht draufschieben läßt. Die Garnrolle soll sich um den Stab frei drehen lassen, wobei die Lampenfassung auf dem Ende des Stabes ruht.

10 Die übriggebliebene Garnrolle auf den kürzeren Stab kleben, so daß dieser noch an einem Ende um 10 mm hervorsteht.

11 Den festen Draht nach Abb. 22.3 a zurechtbiegen und 1 cm tief in das Ende des kürzeren Stabes pressen. Der Draht soll im Holzstab unverrückbar festsitzen (Abb. 22.2).

12 Das „kürzere" Ende des Holzstabs durch eine Plastikbeilagscheibe und anschließend durch die Bohrung im hölzernen Arm schieben (22.2). Dieser Stab mit der festgeklebten Garnrolle sollte sich frei drehen lassen; sonst ein wenig mit Sandpapier zu rechtschleifen.

13 Ein Ende des dünnen Drahtes zu einer Spiralfeder wickeln und den Rest nach Abb. 22.3 b biegen. Den dünnen Draht mit der Spiralfeder über den festen Draht schieben, der aus dem Stab herausragt; auf das andere Ende die Styroporkugel mit 15 mm 0, die den Mond darstellen soll, aufstecken.

14 Die Erde wird durch den kleinen Globus, die Styroporkugel mit 20 mm 0 oder durch die verspiegelte Kunststoff-Kugel dargestellt, je nachdem, was gerade demonstriert werden soll. Jede Kugel muß eine Bohrung erhalten, damit sie auf den festen Draht gesteckt werden kann. Die Kugeln jeweils mit einem Stück Klebegummi sichern.

15 Die beiden Garnrollen, die auf dem Holzarm ruhen, mit Isolierband umwickeln (Abb. 22,4).

16 Den Bindfaden jeweils einmal um die Garnrollen herumführen und ihre Enden mit einem Gummiring verknoten, so daß die Schnur stets unter Spannung gehalten wird. Wenn der Holzarm geschwenkt wird, dreht sich die Garnrolle mit den Kugeln von Erde und Mond um ihre eigene Achse, so daß die Stellung der Erdachse in bezug zu den weit entfernten Sternen immer gleich bleibt.

17 Zuletzt die Batterie mit Hilfe von Gummiringen am Holzarm fixieren und die Glühbirne anschließen (Abb. 22.4).

Der Einsatz des Modells

Fürdie ersten zwei Demonstrationen wird der kleine Globus benötigt. Den Draht mit der Mondkugel nach unten biegen, damit sie nicht im Weg steht.

Tag und Nacht: Auf dem Globus verlaufen die Linien der Längengrade vom Nord- zum Südpol. Zwischen diesen Linien liegt ein Winkel von 15°, eine sogenannte „Zeitzone". Dreht man die Erdkugel, bis der Nullmeridian (der Meridian von Greenwich) der Glühbirne, die die Sonne darstellt, gegenübersteht, so ist dort nun „Mittag". Entlang der 180°-Längenlinie, auf der gegenüberliegenden Seite der Erde, der sogenannten Internationalen Datumsgrenze, ist entsprechend Mitternacht. Dreht man den Globus, so wird jeder beliebige Punkt auf der Erdoberfläche einmal über die beleuchtete Seite laufen, dann die Linie überqueren, die das Licht vom Schatten trennt, und in die dunkle Region hineinwandern. Auf der anderen Seite wird er dann wieder das Tageslicht erreichen.

Die Jahreszeiten: Die Positionen, die in Abb. 22.5 mit A, B, C und D gekennzeichnet sind, stellen Sommer-, Herbst-, Winter- und Frühlingsanfang dar. In Position A steht der Wendekreis des Krebses der Glühbirne genau gegenüber,

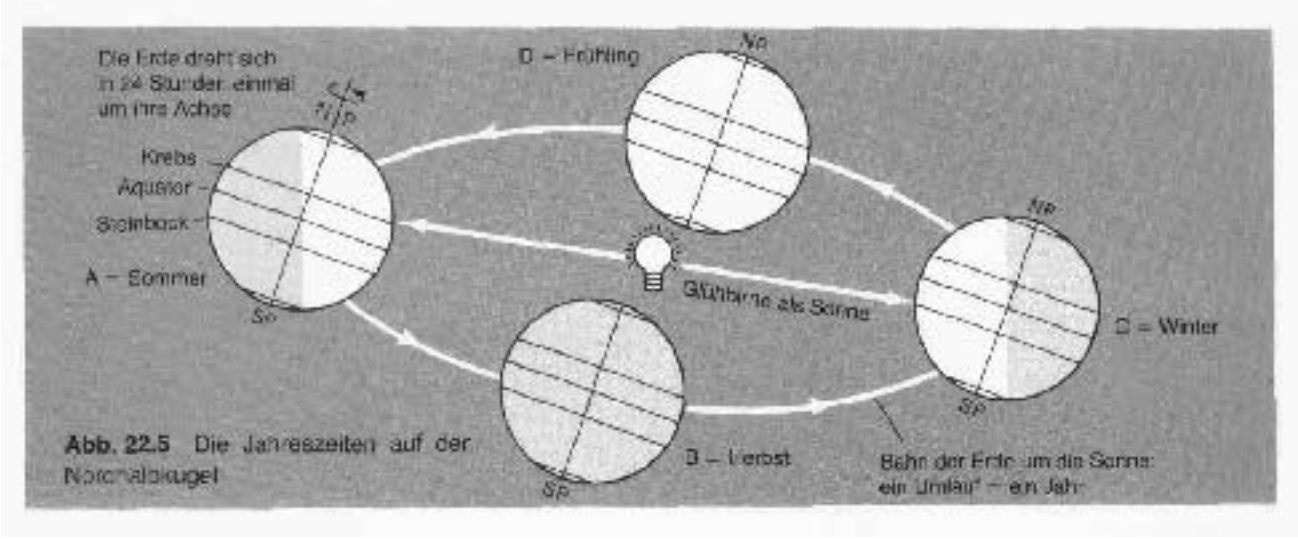


Abb. 22.5 Die Jahreszeiten auf der Nordhalbkugel

so daß hier entlang dieses Breitengrades die Sonne zu Mittag exakt senkrecht über der Erdoberfläche steht. Dreht man den Globus um seine Achse, ist festzustellen, daß die Region nördlich des nördlichen Polarkreises ständig im beleuchteten Bereich bleibt; zu dieser Jahreszeit hat diese Region also 24 Stunden lang Tageslicht. Am Nordpolarkreis selbst ist der Sommeranfang der Tag, an dem die Sonne nicht untergeht; man spricht von „Mitternachtssonne". Die Dauer von Tag und Nacht für jede beliebige Breite läßt sich dadurch ermitteln, daß man die Zeitzonen im Licht sowie im Schatten zählt. Die Tageslänge nimmt zu, wenn man vom Südpol zum Nordpol wandert (Abb. 22.6). Position C stellt das Gegenteil von A dar; jetzt ist es nördlich des Nord Polarkreises 24 Stunden lang dunkel, südlich des südlichen Polarkreises 24 Stunden lang hell. In den Stellungen B und D läuft die Linie, die Licht und Schatten trennt, genau über die Erdpole, über dem Äquator steht die Sonne senkrecht, und weltweit ist die Anzahl der Nachtstunden gleich der Anzahl der Tagstunden. Diese Stellungen heißen Tagundnachtgleichen oder Äquinoktien.

Die Mondphasen: Jetzt soll die verspiegelte Kugel die Erde darstellen. Das Modell wird so eingerichtet, daß der Mond von der Sonne aus gesehen hinter der Erde, jedoch oberhalb (oder unterhalb) der gedachten Linie zwischen Sonne und Erde steht (Abb. 22.7 a). Dies ist die Vollmondstellung, die in Abb. 22.7 b mit C bezeichnet ist. Von der Erde aus gesehen ist die ganze Vorderseite des Mondes beleuchtet, seine dunkle Hälfte weist von der Erde weg. Blickt man auf die spiegelnde Oberfläche der Erdkugel, ist das Spiegelbild des Mondes, wie er von der Erde aus erscheint, zu sehen. Die Positionen A, B und D in Abb. 22.7 b stellen Neumond, Erstes und Letztes Viertel dar. Auch hier ist der Anblick der Mondphasen von der Erde aus (spiegelbildlich) auf der Oberfläche der Erdkugel zu sehen.

Finsternisse: Für diese Demonstration wird die Glühbirne weiß angemalt; als Erde dient jetzt die Styroporkugel. Wenn man das Modell so dreht, daß sich der Mond zwischen Sonne und Erde befindet, fällt der Mondschatten auf die Erdkugel (Abb. 22.8 a). Zwei verschiedene Schatte n regio-nen sind festzustellen: Der dunkle Zentralbereich des Schattens ist der Kernschatten oder die Umbra (siehe Projekt 15, S. 42/43); in diesem Bereich der Erdoberfläche wird man Zeuge einer totalen Sonnenfinsternis. Unmittelbar außerhalb des Kernschattens befindet sich eine weniger dunkle Zone, der Halbschatten oder Penumbra. Hier findet eine partielle Sonnenfinsternis statt.

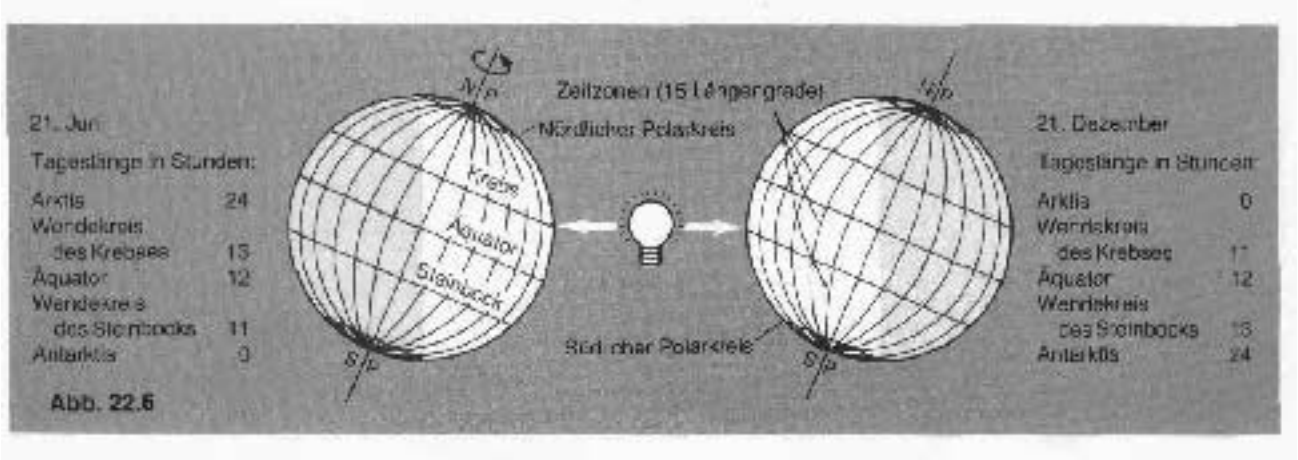


Abb. 22.6

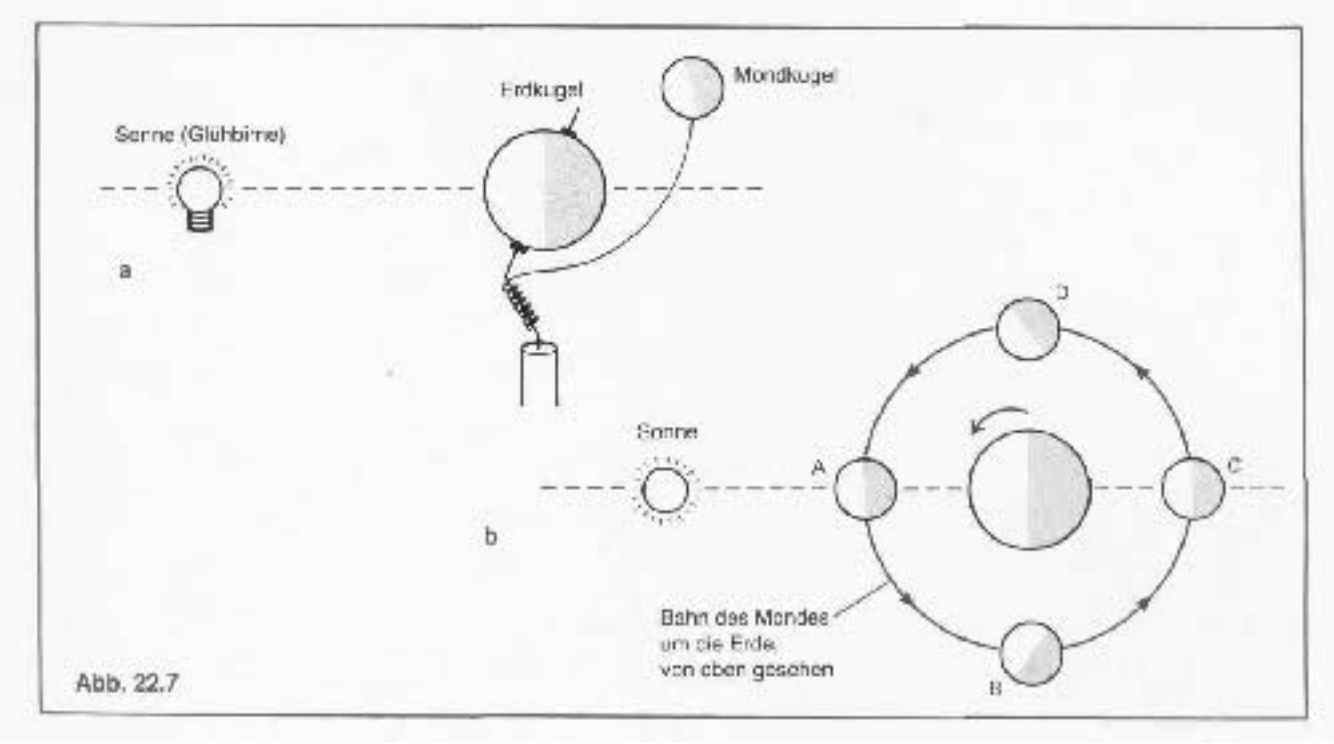


Abb. 22.7

Eine totale Mondfinsternis ereignet sich immer dann, wenn der Mond vollständig in den Erdschatten eintaucht. Man richtet den Modellmond so aus, daß Sonne, Erde und Mond auf einer Linie liegen {Abb. 22.8 b). Der Mond befindet sich nun im Erdschatten. Man sollte meinen, daß man den Mond während einer totalen Mondfinsternis überhaupt nicht mehr sehen kann; doch vor allem rotes Licht von der Sonne wird durch die Erdatmosphäre um die Erde herumgebeugt, deshalb nimmt der Mond bei einer totalen Mondfinsternis eine dunkelrote Färbung an. Zu beachten: Eine totale Mondfinsternis ist nicht dasselbe wie der Neumond, auch wenn wir dort den Mond ebenfalls eine Zeitlang nicht beobachten können. Im Gegenteil: Mondfinsternisse ereignen sich immer zur Zeit des Vollmonds.

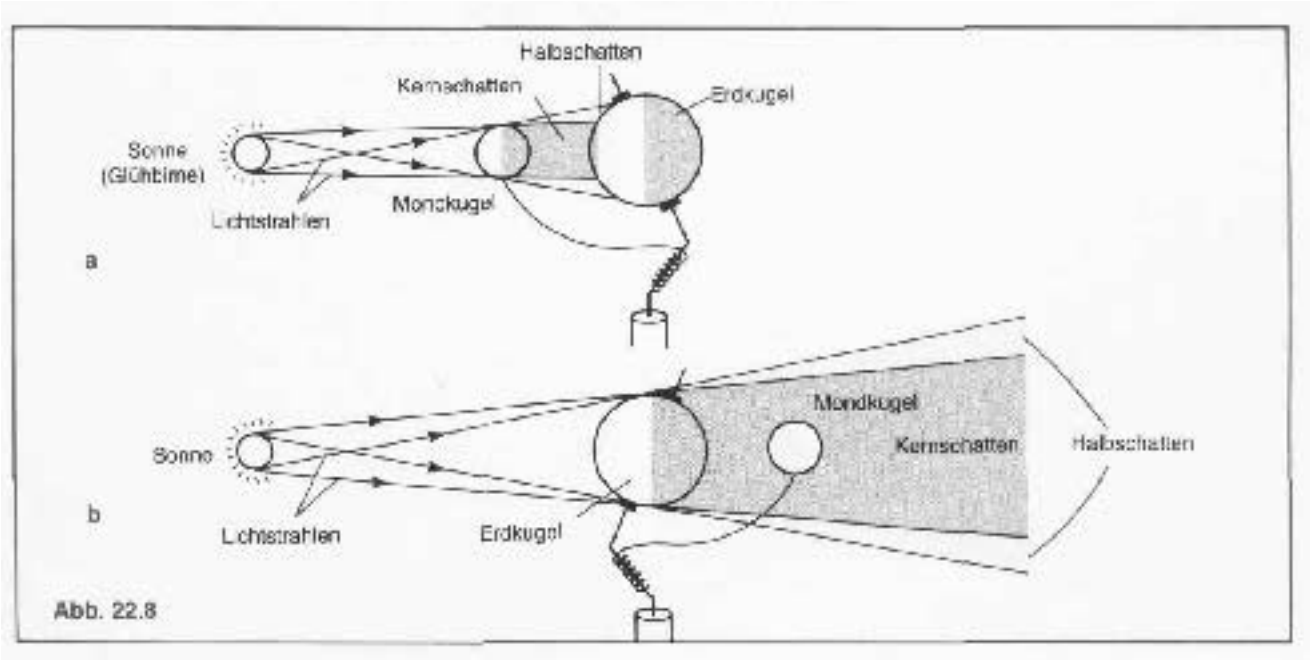


Abb. 22.8

Anhang 1 Glossar

Die Ziffern in Klammern beziehen sich auf das Kapitel, in dem der Begriff zum ersten Mal angesprochen wird.

Äquinoktium Zu Frühlings- und Herbstanfang steht die Sonne über dem Äquator genau senkrecht, und Tag und Nacht sind auf der ganzen Erde gleich lang (Tagundnachtgleiche). (22)
Äquator Breitenkreis in der Mitte zwischen Nord- und Südpol; teilt die Erde in zwei symmetrische Hälften. (2)
Altazimut Instrument, mit dem man die Höhe eines Himmelskörpers über dem Horizont sowie den Winkel, der zwischen ihm und dem Südpunkt liegt, mißt. (6)
Asteroid Kleinplanet: Neben den neun großen Planeten gibt es noch eine sehr große Anzahl von Kleinplaneten oder Planetoiden. (Einführung)
Azimut Horizontwinkel, den ein Himmelskörper mit dem Südpunkt einschließt. (6)
Breite Abstand eines Orts vom Äquator, im Erdmittelpunkt in Winkelgraden nach Norden bzw. Süden gemessen. (2)
Ellipse Betrachtet man einen Kreis unter einem „schrägen" Winkel, erscheint er als oval, als Ellipse. Nahezu alle Körper, die die Sonne umkreisen, besitzen elliptische Umlaufbahnen. (Einführung)
Finsternis Eine Sonnenfinsternis findet statt, wenn der Mond zwischen Erde und Sonne tritt. Eine Mondfinsternis ist zu sehen, wenn der Erdschatten den Mond trifft. (15)
Fixsterne Sterne, die ihren Abstand voneinander, von der Erde aus gesehen, über lange Zeiträume hinweg nicht verändern. Anfang des 18. Jahrhunderts entdeckte man jedoch, daß auch Fixsterne sich geringfügig bewegen. (Einführung)
Galaxie Gewaltige Sternansammlung, bestehend aus Tausenden Millionen von Sternen. Unsere Milchstraße, als *Galaxis* bezeichnet, ist eine Galaxie von vielen. (Einführung)
Gnomon Bestandteil einer Sonnenuhr, der den Schatten auf das Zifferblatt wirft. (4)
Himmelspole Schnittpunkte der Himmelsachse mit dem Himmelsgewölbe; um diese Punkte scheint sich der Sternhimmel zu drehen. (6)
Höhe Vertikaler Winkel zwischen dem Horizont und einem Himmelskörper, gemessen in Grad. (6)
Komet Mitglied unseres Sonnensystems, bestehend aus Gasen und festen Teilen, umläuft die Sonne auf einer stark elliptischen Bahn. Kometen werden für das freie Auge nur dann sichtbar, wenn sie der Sonne sehr nahe kommen. (Einführung)
Länge Abstand eines Orts vom Nullmeridian, im Erdmittelpunkt in Winkelgraden nach Westen oder Osten gemessen. (2)
Meridian Nord-Süd-Linien auf der Erdoberfläche bzw. an der Himmelskugel. (2)
Meteor Treten kleine Gesteinspartikel, sogenannte *Meteorite,* mit hoher Geschwindigkeit in die Erdatmosphäre ein, leuchtet die Luft entlang ihrer Bahn kurz auf; diese Leuchterscheinung heißt *Meteor* oder *Sternschnuppe.* (21)
Milchstraße Galaxie, zu der unser Sonnensystem gehört; auch *Galaxis* genannt. (Einführung)
Monokular Mit Umkehrprismen ausgestattetes Fernrohr, die „Hälfte" eines Feldstechers. (17)
Nebel Glühende Gaswolke innerhalb unserer Galaxis.(17)
Nokturnal Einfaches Instrument zur Bestimmung der Uhrzeit anhand der Stellung eines ausgewählten Sternbilds. (8)
Nova (Mehrzahl *Novae) Zu* deutsch „neuer Stern"; ein explodierender Stern steigert innerhalb weniger Stunden seine Helligkeit beträchtlich. (Einführung)
Nullmeridian Der Meridian, der durch die Königliche Sternwarte in Greenwich (bei London) verläuft; dient als Ausgangspunkt für die Messung der geographischen Länge. (2)
Objektiv Linsenoptik, die das Licht des zu beobachtenden *Objektes* sammelt. (13)
Okular Linsensystem am Ende eines Fernrohrs, wo das Auge (lst. *oculus)* hineinblickt. (13)
Planet Fester bzw. (teilweise) gasförmiger Körper, der die Sonne umkreist („Wandelstern"). Planeten sind meist annähernd kugelförmig und leuchten nicht selbst. Unser Planetensystem besteht aus der Sonne, neun großen Planeten und zahlreichen Kleinplaneten. (Einführung)
Planisphäre Drehbare Sternkarte; sie zeigt an, welche Sterne an welchem Datum zu welcher Uhrzeit wo zu beobachten sind. (10)
Prisma Durchsichtiger, von ebenen Flächen begrenzter Körper, der Licht brechen und reflektieren und weißes Licht in seine Bestandteile, die Farben des Regenbogens, aufspalten kann. In einem Feldstecher richten Prismen das kopfstehende Bild auf. (17)
Quadrant Viertel einer Kreisfläche, durch zwei rechtwinklig verlaufende Radien und einen Abschnitt des Kreisum-fangs gebildet. (3)
Radius Abstand zwischen Kreismittelpunkt und Kreisumfang. (1)
Reelles Bild Von einer Linse oder einem Spiegel tatsächlich erzeugtes Bild, das mit einem Bildschirm sichtbar gemacht werden kann. (13)
Sonnensystem „Familie" von Planeten (dazu gehört auch unsere Erde), Kleinplaneten, Monden, Kometen und anderen Himmelskörpern, die durch die Gravitation auf Umlaufbahnen um ein Zentralgestirn, eine Sonne, gehalten werden. (Einführung)
Sternbild Gruppe von Sternen, die am Sternhimmel *zu* einer Figur zusammengefaßt werden. (7)
Terminator Grenze zwischen Tag und Nacht auf einem beleuchteten Himmelskörper. (16)
Umbra Wirft im Licht eines helleren Objektes (z. B. der Sonne) ein zweiter Körper (z. B. der Mond) seinen Schatten auf einen dritten Körper (z. B. die Erde), sind zwei Bereiche der Schattenzone zu unterscheiden: der Kernschatten oder Umbra und der Halbschatten oder Penumbra. (15)
Vergrößerung Diese Zahl gibt an, wievielmal das Bild eines Objekts durch eine Linse oder ein Fernrohr vergrößert erscheint. (13)
Virtuelles Bild Ein Bild, das wir sehen können, ohne daß es in der Realität existiert; es läßt sich nicht auf einem Bildschirm sichtbar machen. (13)
Zenit Der für einen bestimmten Ort der Erdoberfläche höchste Punkt am Himmel, er steht genau senkrecht über dem Beobachter. (2)
Zirkumpolar Sterne und Sternbilder, die bei ihrer Drehung um den Himmelspol immer über dem Horizont bleiben, heißen zirkumpolar. (6)

Anhang Die Bewegung der Planeten

In Projekt 15 haben wir uns mit der Bewegung der Planeten vor den Hintergrundsternen beschäftigt. Meistens wandern sie von West nach Ost durch die Sternbilder des Tierkreises, dann sind sie „rechtläufig"; manchmal aber bewegen sie sich auch von Ost nach West, dann heißen sie „rückläufig". Sie laufen verschieden schnell, überhaupt scheinen ihre Bewegungen völlig unregelmäßig zu sein. Doch läßt sich dies alles daraus erklären, daß sich die Erde genauso wie die anderen Planeten um die Sonne bewegt. Alle Planeten laufen in derselben Richtung um die Sonne; und zwar um so langsamer, je weiter sie von der Sonne entfernt sind (siehe nebenstehende Tabelle). Merkur und Venus stehen näher an der Sonne als die Erde; alle anderen Planeten befinden sich weiter außen. Die beiden Zeichnungen unten auf S. 72 veranschaulichen die Positionen von Sonne, Merkur, Erde und Sonne, Erde, Jupiter zueinander.

Merkur läuft schneller als die Erde; deshalb verändert er, von der Erde aus gesehen, seine Stellung am Himmel sehr schnell. Merkur hat fast einen ganzen Umlauf beendet, wenn die Erde erst von Position 1 bis Position 9 gewandert ist (Abb. 23.1). Die geraden Linien stellen die jeweiligen Sichtlinien von der Erde zum Merkur dar. Es ist zu erkennen, daß Merkur sich nur bis zu einem gewissen Punkt von der Sonne „wegbewegt" und dann seine Laufrichtung wieder umkehrt; deutlich wird auch, daß Merkur schwer zu beobachten ist, da er meist zusammen mit der Sonne am Taghimmel steht.

Planet	Mittlere Entfernung von der Sonne	Umlaufszeit um die Sonne
Merkur	$57{,}9 \times 10^6$ km	88 Tage
Venus	$108{,}2 \times 10^6$ km	224 Tage
Erde	$149{,}6 \times 10^6$ km	365 ¼ Tage
Mars	$227{,}8 \times 10^6$ km	687 Tage
Jupiter	$778{,}3 \times 10^6$ km	11,8 Jahre
Saturn	1427×10^6 km	29,45 Jahre
Uranus	2870×10^6 km	84 Jahre
Neptun	4496×10^6 km	164,8 Jahre
Pluto	5946×10^6 km	247,7 Jahre

Jupiter, ein langsam laufender Planet, hat hingegen nur einen kurzen Abschnitt seiner Umlaufbahn zurückgelegt, wenn die Erde von Position 1 bis Position 11 weitergewandert ist (Abb. 23.2). Von der sich relativ schnell bewegenden Erde aus scheint Jupiter vor den Hintergrundsternen eine Schleife zu beschreiben. (Die „schönsten" Schleifen sind beim Mars zu beobachten.)

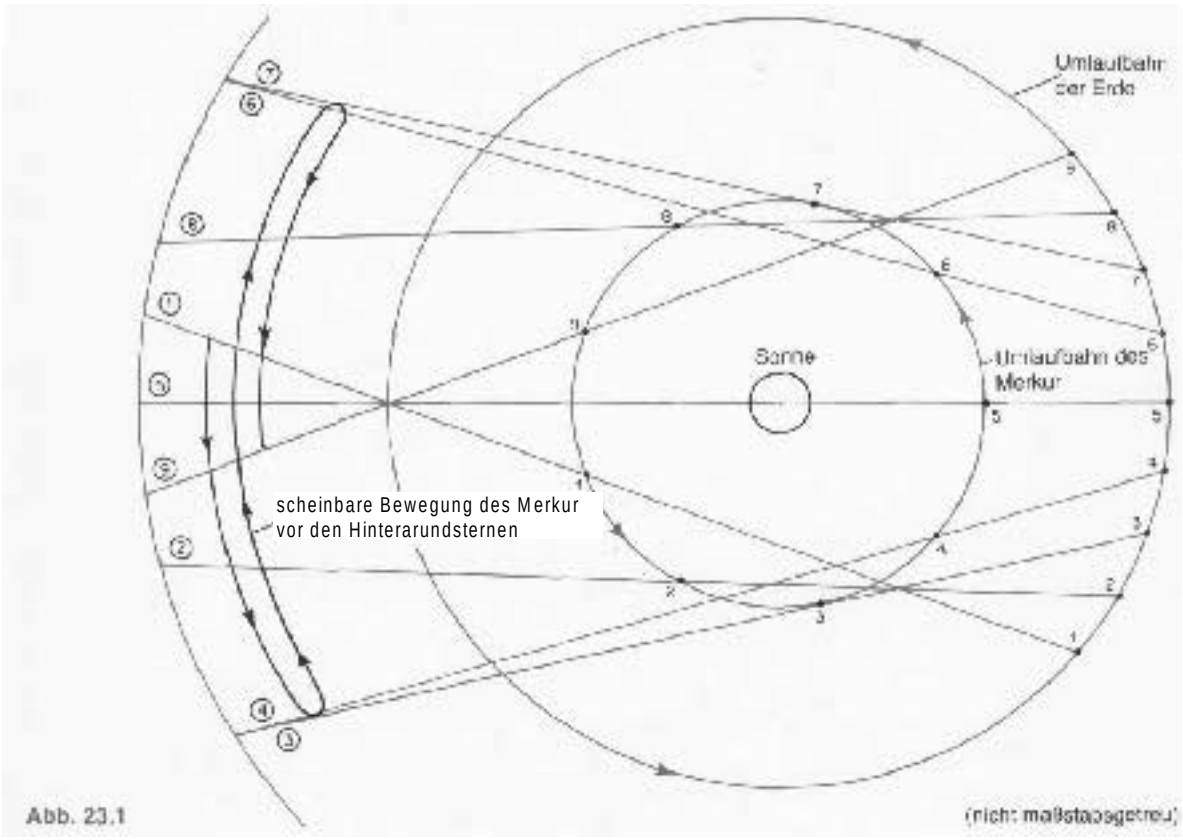


Abb. 23.1 (nicht maßstabsgetreu)

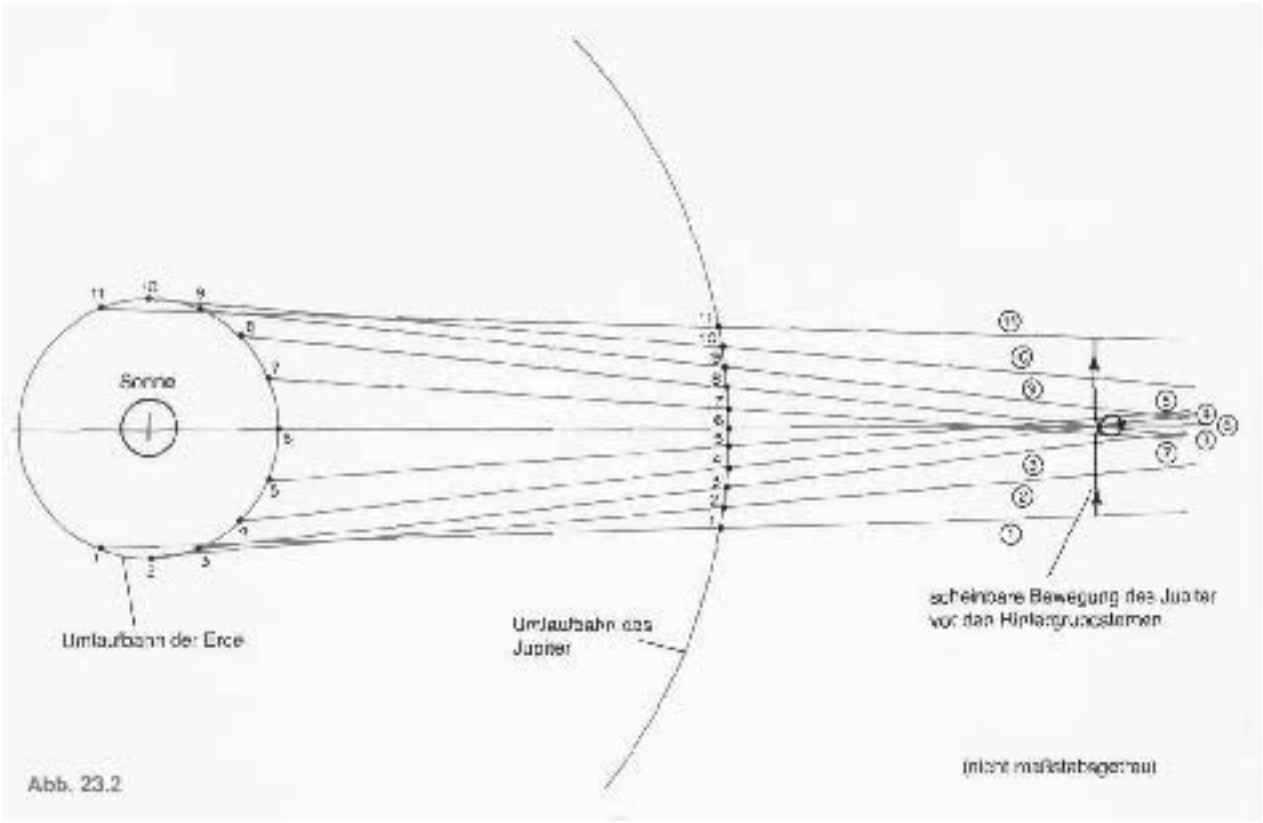

Sonne
Umlaufbahn der Erde
Umlaufbahn des Jupiter
scheinbare Bewegung des Jupiter vor den Hintergrundsternen
(nicht maßstabsgerecht)

Abb. 23.2