



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Joh. Müller's Lehrbuch der kosmischen Physik**

**Müller, Johann Heinrich Jacob**

**Braunschweig, 1894**

Erstes Capitel. Der Fixsternhimmel und seine tägliche Bewegung.

---

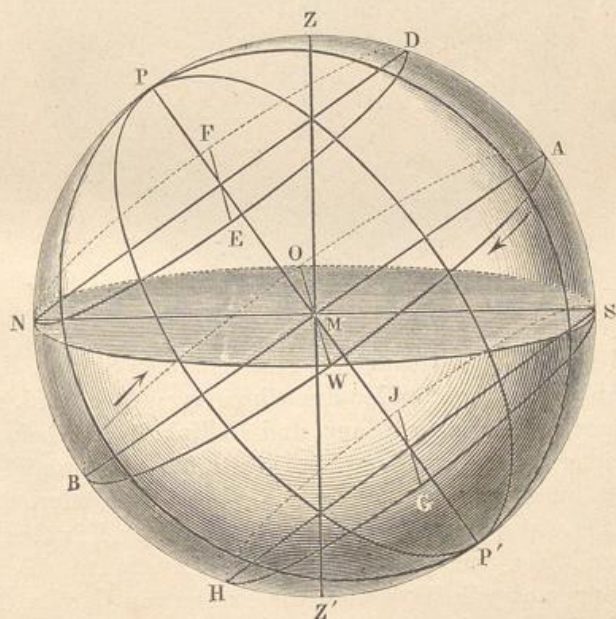
[urn:nbn:de:hbz:466:1-96939](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-96939)

## Erstes Capitel.

### Der Fixsternhimmel und seine tägliche Bewegung.

Das **Himmelsgewölbe**. Der Himmel erscheint uns, wenn er nicht durch Wolken verdeckt ist, als eine ungeheure Hohlkugel, von welcher wir jedoch nie mehr als die Hälfte auf einmal übersehen können. In einer ganz flachen Gegend oder auf dem Meere erscheint uns die Oberfläche der Erde als eine Ebene, welche von der sichtbaren Hälfte der Himmelskugel überwölbt ist. Wir befinden uns scheinbar in der Mitte dieser Ebene und in dem Mittelpunkte des Himmelsgewölbes.

Fig. 1.



Die durch das Auge des Beobachters gelegte wagerechte, oder gegen die Richtung der Schwere senkrechte Ebene, welche die sichtbare Hälfte der Himmelskugel von der unsichtbaren scheidet, heisst der Horizont.

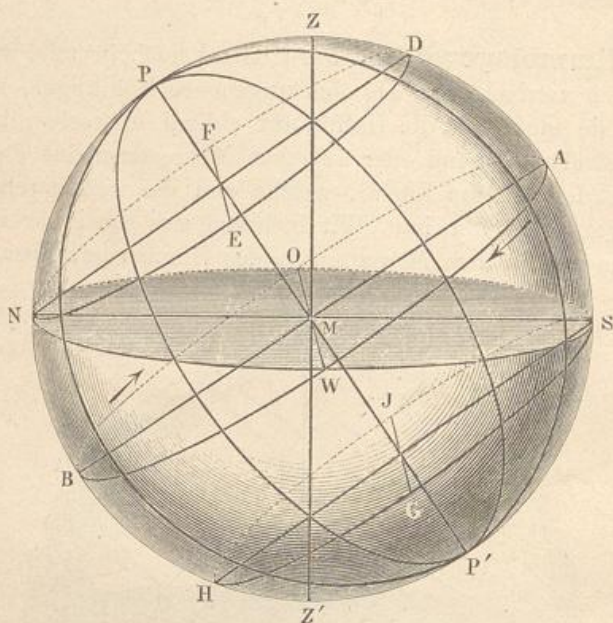
Fig. 1 stellt die Himmelskugel dar.  $M$  sei der Standpunkt des Beobachters, den man sich im Mittelpunkt der Hohlkugel vorstellt. —  $N O S W$  ist die durch den Mittelpunkt  $M$  gelegte Horizontalebene. Die

obere Hälfte der Kugel sei die sichtbare, die untere die unsichtbare Hemisphäre des Himmels.

Denken wir uns durch  $M$  eine Linie gezogen, welche auf dem Horizont senkrecht steht, so bezeichnet diese Linie die Richtung der Schwerkraft; ihre Verlängerung trifft die Himmelskugel in den Punkten  $Z$  und  $Z'$ . Der gerade über dem Haupte des Beobachters liegende Punkt  $Z$  heisst das Zenith, der untere  $Z'$  heisst das Nadir.

Bei Tage sehen wir die Sonne glänzend am blauen Himmel stehen; sobald sie untergegangen ist, wird die Farbe des Himmels allmählig

Fig. 2.



dunkler und nun erscheint eine Menge funkelnder Sterne, deren um so mehr sichtbar werden, je dunkler das Himmelsgewölbe wird.

Die Sterne, ungleich an Glanz und Helligkeit, erscheinen uns unregelmässig über das Himmelsgewölbe zerstreut. Die wenigen Planeten und Kometen ausgenommen, haben sie eine unveränderliche Stellung gegen einander, weshalb sie auch den Namen der Fixsterne führen. Zur leichteren Orientirung hat man schon im grauen Alterthume die Sterne in Gruppen abgetheilt, welche die Namen von Heroen, Thieren etc. führen, weshalb man denn auch jene Sterngruppen als Sternbilder bezeichnet und sie in den Sternkarten gewöhnlich mit den entsprechenden Figuren bedeckt. Diese Figuren sind meist ganz willkürlich gewählt und durchaus nicht durch die Gruppierung der Sterne bedingt, wie man denn z. B. aus den entsprechenden Sterngruppen schwerlich einen Bären, einen Löwen, eine Jungfrau u. s. w. herausfinden wird.

Näheres über die Sternbilder in einem der nächsten Paragraphen.

**Tägliche Bewegung der Gestirne.** Obgleich die gegenseitige Stellung der Fixsterne unter einander eine unveränderliche ist, so ändert sich doch beständig ihre Stellung gegen die Erdoberfläche, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man, ohne seinen Beobachtungsort zu ändern, nur etwa eine halbe Stunde lang die Stellung irgend eines Sternes gegen eine Bergspitze, einen Thurm oder sonst einen festen Punkt auf der Erdoberfläche beobachtet.

Weit auffallender als mit blossem Auge erscheint diese eigene Bewegung der Gestirne, wenn man sie durch stark vergrößernde Fernröhre betrachtet. In kurzer Zeit hat der Stern das Gesichtsfeld des Fernrohres durchwandert.

Diese allen Fixsternen gemeinschaftliche Bewegung ist nun von der Art, dass es scheint, als drehe sich die ganze Himmelskugel sammt allen Sternen in je 24 Stunden um eine feste Axe, welche den Namen der Weltaxe führt.

Im mittleren Deutschland macht diese Weltaxe  $PP'$  (Fig. 2) einen Winkel von ungefähr  $50^\circ$  mit dem Horizont, und dieser Winkel  $PMN$ , welcher, wie wir bald sehen werden, für verschiedene Orte auf der Erde sehr verschiedene Werthe hat, wird mit dem Namen der Polhöhe bezeichnet. Die Punkte  $P$  und  $P'$ , in welchen die Weltaxe das Himmelsgewölbe trifft, sind die Pole des Himmels. Der in Deutschland sichtbare Himmelspol  $P$  ist der Nordpol des Himmels. Die Polhöhe eines Ortes auf der Erdoberfläche ist also der Winkel, welchen die vom Auge des Beobachters nach dem sichtbaren Pole des Himmels gerichtete Visirlinie mit der Horizontalebene macht.

Eine rechtwinklig auf die Weltaxe durch den Punkt  $M$  gelegte Ebene  $AWBO$  ist der Himmelsäquator. Mit demselben Namen des Himmelsäquators bezeichnet man aber nicht allein die genannte Ebene, sondern oft auch die Kreislinie, in welcher die Aequatorebene das Himmelsgewölbe schneidet.

Der Aequator theilt die Himmelskugel in eine nördliche und eine südliche Hemisphäre.

Denken wir uns senkrecht zur Ebene des Horizontes durch den Nordpol des Himmels  $P$  und das Zenith  $Z$  eine Ebene gelegt, so ist diese der Meridian, und die Durchschnittslinie  $NS$  des Meridians mit dem Horizont ist die Mittagslinie des Beobachtungsortes  $M$ .

Die Mittagslinie trifft die Himmelskugel in den Punkten  $N$  und  $S$ . Der dem Nordpole des Himmels näher gelegene,  $N$ , ist der Nordpunkt,  $S$  ist der Südpunkt.

Stellt sich der Beobachter in  $M$  so auf, dass er Norden im Rücken, Süden aber vor sich hat, so liegt Osten zu seiner Linken, Westen zu seiner Rechten.

Die Punkte  $O$  und  $W$ , in welchen eine in der Ebene des Horizontes, und senkrecht gegen die Mittagslinie  $NS$  durch  $M$  gelegte gerade Linie

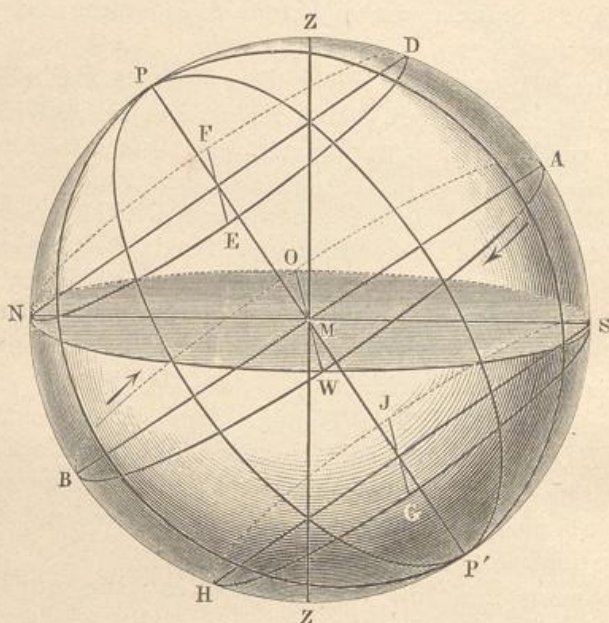
die Himmelskugel trifft, nennt man resp. den Ostpunkt und den Westpunkt des Himmels.

Nach diesen Definitionen können wir nun die Gesetze der täglichen Bewegung des Himmels näher erörtern.

Die scheinbare Drehung der Himmelskugel findet in der Richtung von Osten nach Westen, also in der Richtung der Pfeile in unserer Figur, statt. Auf der Ostseite steigen die Gestirne auf, sie erreichen im Meridian ihre grösste Höhe und gehen dann auf der Westseite wieder nieder. Wenn ein Stern gerade im Meridian steht, so befindet er sich in seiner Culmination.

Ein ungefähr  $50^\circ$  vom Nordpol rechtwinklig auf der Weltaxe stehender Kreis  $DENF$ , Fig. 3, schneidet denjenigen Theil des Himmels ab,

Fig. 3.



dessen Sterne im mittleren Deutschland stets über dem Horizonte bleiben. Diesem Kreise entsprechend ist auf der Südhalbkugel ein Kreis  $SGHJ$  gezogen, welcher den bei uns stets unsichtbaren Theil des Himmels abschneidet.

Diejenigen Sterne, welche beständig über dem Horizonte bleiben, nennt man Circumpolarsterne; dieselben passiren während 24 Stunden zweimal sichtbar den Meridian, einmal, wenn sie auf der Ostseite des Himmels aufsteigend ihren höchsten Punkt erreicht haben, und dann, wenn sie nach ihrem Niedergange auf der Westseite des Himmels in ihrer tiefsten Stellung angekommen sind.

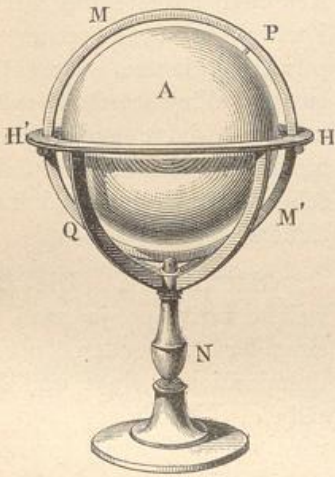
Die Circumpolarsterne haben also eine sichtbare obere und eine sichtbare untere Culmination.

Alle Sterne, welche sich auf der durch die Kreise  $DENF$  und  $SGHJ$  begrenzten Zone befinden, beschreiben Bahnen, welche theils oberhalb, theils unterhalb des Horizontes liegen: alle auf dieser Zone liegenden Sterne gehen also auf und unter. Derjenige Theil einer Sternbahn, welcher über dem Horizonte liegt, heisst der Tagbogen, der unterhalb des Horizontes liegende Theil dagegen ist der Nachtbogen.

Für alle Sterne, welche auf dem Himmelsäquator liegen, ist der Tagbogen dem Nachtbogen gleich. Auf der nördlichen Halbkugel der Erde ist der Tagbogen für die auf der nördlichen, der Nachtbogen für die auf der südlichen Hemisphäre des Himmels liegenden Sterne grösser.

Die auf- und untergehenden Sterne gehen allerdings auch während jeder Umdrehung der Himmelskugel zweimal durch die Ebene des Meridians, aber nur ihre obere Culmination ist sichtbar.

Fig. 4.



Die bisher besprochenen Erscheinungen der täglichen Bewegung des Himmels lassen sich sehr gut mit Hülfe eines Himmelsglobus, Fig. 4, anschaulich machen. Auf einem passenden Gestelle ist ein messingener Ring  $MM'$  eingesetzt, innerhalb dessen eine um die Axe  $PQ$  drehbare Kugel  $A$  angebracht ist. Auf dieser Kugel sind die verschiedenen Sterne und Sternbilder in gehöriger gegenseitiger Stellung verzeichnet.  $PQ$  stellt die Weltaxe,  $HHH'$  die Ebene des Horizontes dar. Um die Erscheinungen nachzuahmen, wie sie einem Beobachter in Wirklichkeit erscheinen, hat man nur den Ring  $M$  so

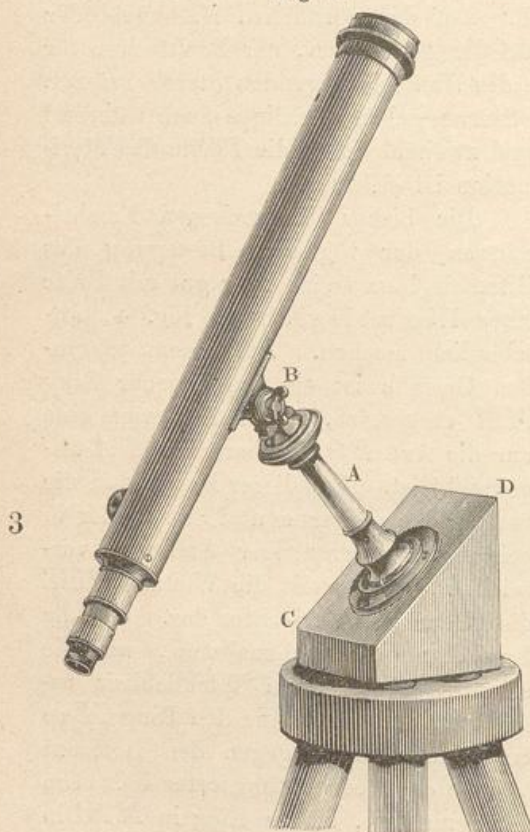
zu stellen, dass die Axe  $PQ$  um einen Winkel gegen den Horizont geneigt ist, welcher gleich der Polhöhe des Beobachtungsortes ist. Um eine gehörige Einstellung möglich zu machen, ist der Ring in  $MM'$  in Grade eingetheilt.

Wir werden später noch einmal auf den Gebrauch des Himmelsglobus zurückkommen.

Um sich davon zu überzeugen, dass jeder Stern in der That einen Kreis um die Weltaxe beschreibt, braucht man nur ein Fernrohr so aufzustellen, dass es sich um eine feste Axe drehen lässt, deren Richtung mit der Weltaxe parallel ist. Fig. 5 (a. f. S.) zeigt eine hierzu geeignete Vorrichtung. Von dem gewöhnlichen Stativ eines Fernrohres, welches eine Drehung um eine verticale und um eine horizontale Axe erlaubt, sind die Füße weggenommen und die sonst vertical stehende Säule  $A$  rechtwinklig auf der schrägen Fläche  $CD$  eines Klotzes befestigt, welche mit dem Horizonte einen ebenso grossen Winkel macht wie der Himmelsäquator. Stellt man nun den Apparat so auf, dass die Fläche  $CD$  dem

Himmelsäquator parallel ist, so fällt die Axe  $BA$  mit der Richtung der Himmelsaxe zusammen. Richtet man alsdann das Fernrohr auf irgend einen Stern, schraubt man dann die Schraube  $B$  fest zu, so dass der Winkel, welchen das Fernrohr mit der Säule  $A$  macht, sich nicht mehr ändern kann, so braucht man das Fernrohr nur langsam um die Axe  $A$  zu drehen, um den Stern beständig im Gesichtsfelde zu behalten. Bei

Fig. 5.



dieser Umdrehung beschreibt die Visirlinie des Fernrohres eine Kegelfläche und der Durchschnitt dieser Kegelfläche mit dem Himmelsgewölbe ist ein Kreis, welcher mit dem Himmelsäquator parallel läuft. Die beschriebene Art der Aufstellung eines Fernrohres nennt man die parallaktische Aufstellung. Wir werden später zweckmässigere und vollkommene Formen parallaktischer Aufstellung kennen lernen.

**Sternzeit.** Die Zeit, welche zwischen je zwei auf einander folgenden oberen Culminationen eines und desselben Fixsternes vergeht, wird ein Sterntag genannt.

Der Sterntag wird in 24 Stunden, jede dieser Stunden in 60 Minuten, jede Minute in 60 Secunden getheilt.

Die mittlere Sonnenzeit, nach welcher unsere gewöhnlichen Uhren gehen, ist von der eben erwähnten Sternzeit verschieden; denn die Zeit, welche von einer Sonnenculmination bis zur nächsten vergeht, ist, wie wir bald sehen werden, grösser als ein Sterntag.

Ein Sterntag ist nach mittlerer Sonnenzeit gleich 23 Stunden 56 Minuten und 4,09 Secunden, woraus sich folgende Vergleichung der Sternzeit und der mittleren Sonnenzeit ergibt:

Sternzeit	Mittlere Zeit
24h	23h 56 <sup>m</sup> 4,09 <sup>s</sup>
1h	0 59 50,17
1 <sup>m</sup>	0 0 59,84
1 <sup>s</sup>	0 0 0,997

und

Mittlere Zeit	Sternzeit
24h	24h 3 <sup>m</sup> 56,56 <sup>s</sup>
1h	1 0 9,86
1 <sup>m</sup>	0 1 0,16
1 <sup>s</sup>	0 0 0,003

Auf Sternwarten werden nicht allein Uhren gebraucht, welche nach mittlerer Sonnenzeit, sondern auch solche, welche nach Sternzeit gehen.

Die Sternzeit könnte man von der Culmination irgend eines beliebigen Sternes zählen, was aber in der That nicht geschieht; die Astronomen zählen vielmehr den Sterntag von der Culmination eines bestimmten, später näher zu definirenden Punktes auf dem Himmelsäquator an, welcher den Namen des Frühlingspunktes führt und an dessen Stelle gerade kein Stern steht. Vorläufig mag nur bemerkt werden, dass der Frühlingspunkt derjenige Punkt ist, in welchem die Sonne im März den Himmelsäquator passirt.

Hier mag auch die Bemerkung Platz finden, dass die deutschen Astronomen ihren Sonnentag von Mittag zu Mittag zählen, und nicht, wie es im bürgerlichen Leben geschieht, von Mitternacht zu Mitternacht, und dass sie ferner die 24 Stunden ununterbrochen fortzählen; und zwar beginnen sie ihren Tag am Mittag des gleichnamigen bürgerlichen Tages.

Die folgende kleine Tabelle enthält für verschiedene Stunden eines beliebigen Sonnentages die entsprechende Bezeichnung nach astronomischer und bürgerlicher Zeitrechnung:

Astronomische Zeit	Bürgerliche Zeit
6ten März 0h	6ten März 12 <sup>h</sup> Mittags
" " 4	" " 4 Nachmittags
" " 8	" " 8 Abends
" " 12	6 <sup>7</sup> ten " 12 Mitternacht
" " 16	7ten " 4 Morgens
" " 20	" " 8 Morgens

4 **Sternbilder.** Für Jeden, welcher die astronomischen Erscheinungen studiren will, ist es von grosser Wichtigkeit, zunächst die Bühne kennen zu lernen, auf welcher alle jene Erscheinungen vor sich gehen, also sich am Fixsternhimmel zu orientiren, d. h. sich wenigstens mit den ausgezeichneteren Sternen und ihrer gegenseitigen Stellung bekannt zu machen.

Die Zahl der im mittleren Europa mit blossem Auge sichtbaren Fixsterne beträgt ungefähr 3000. Nach der Stärke ihres Glanzes hat man sie in sechs Classen abgetheilt, so dass die hellsten als Sterne erster Grösse bezeichnet werden, während man die schwächsten, der einem guten Auge noch erkennbaren, Sterne sechster Grösse nennt. Unter den im mittleren Deutschland mit freiem Augè sichtbaren Sternen giebt es

14 Sterne erster Grösse

51 „ zweiter „

153 „ dritter „

325 „ vierter „

810 „ fünfter „

1871 „ sechster „

gegen 40 „ veränderlicher Grösse.

Dazu kommt aber noch eine ungeheure Anzahl von Sternen, welche nur durch Fernröhre sichtbar sind und welche teleskopische Sterne genannt werden.

Die Zahl der im mittleren Europa sichtbaren Sternbilder beträgt 57, wenn man einige kleinere, in späteren Zeiten auf Kosten der älteren eingeführten unberücksichtigt lässt. Die Namen dieser Sternbilder sind:

/ der kleine Bär,	der Widder,	Eridanus,
/ Cassiopeia,	der Stier,	der Hase,
/ Kamelopard,	Orion,	die Taube,
/ der Drache,	die Zwillinge,	das Einhorn,
/ Cepheus,	der kleine Hund,	der grosse Hund,
/ Perseus,	der Krebs,	das Schiff Argo,
/ der Fuhrmann,	der grosse Löwe,	Hydra,
der Luchs,	der kleine Löwe,	der Becher,
/ der grosse Bär,	der Sextant,	die Jungfrau,
die Jagdhunde,	das Haar der Berenice,	der Rabe,
Bootes,	die Schlange,	der Centaur,
die nördliche Krone,	Ophiuchus,	die Wage,
Hercules,	der Adler,	der Wolf,
/ die Leyer,	der Fuchs,	der Scorpion,
/ der Schwan,	der Pfeil,	der Schütze,
/ die Eidechse,	der Delphin,	das Schild des Sobieski,
Andromeda,	das Füllen,	der Steinbock,
die Fische,	Pegasus,	der Wassermann,
der Triangel,	der Walfisch,	der südliche Fisch.

Die Karten Tab. I. und III. des Atlases zeigen in Polarprojection die Sternbilder der nördlichen Hemisphäre bis zu einer Entfernung von  $60^{\circ}$  vom Nordpol des Himmels, welcher den Mittelpunkt dieser Karten bildet.

Die Karten Tab. II. und IV. zeigen in Aequatorialprojection den Theil des Himmels, welcher von zwei rechtwinklig auf der Weltaxe stehenden Kreisen begrenzt ist, von denen der eine  $50^{\circ}$  nördlich, der andere  $50^{\circ}$  südlich vom Himmelsäquator liegt, es kommen also die Sterne am oberen Rande von Tab. II. und IV. auch am äusseren Rande von Tab. I. und III. vor; am unteren Ende von Tab. II. und IV. befinden sich aber Sterne, welche im mittleren Europa nie über den Horizont kommen.

In diesen Karten sind die Sterne erster bis fünfter Grösse eingetragen, und zwar die Sterne erster Grösse als achtseitige Sternchen, die Sterne zweiter, dritter und vierter Grösse als sechsseitige, fünfseitige und vierseitige Sternchen; die Sterne fünfter Grösse endlich als blosse Punkte.

Die Sternkarten Tab. I. und II. enthalten nur die Sterne selbst, um nicht durch Weiteres die Uebersichtlichkeit der Constellation zu stören. Die Abtheilung der Sternbilder, die Namen derselben, die Bezeichnung der einzelnen Sterne u. s. w. findet man auf den Sternkarten Tab. III. und IV., welche, wie man sich leicht überzeugen kann, den Karten Tab. I. und II. vollkommen entsprechen.

Ein auf der Karte Tab. III. mit dem Radius  $50^{\circ}$  um den Pol als Mittelpunkt zu ziehender Kreis begrenzt den Theil des Himmels, dessen Sterne für das mittlere Deutschland nicht auf- und nicht untergehen.

Tab. 1 und 2\*) stellen einzelne sternreiche Gegenden des Himmels in etwas grösserem Maassstabe sammt den gebräuchlichen Figuren dar, und zwar Tab. 1 die Sternbilder Orion und Stier, Tab. 2 Leyer und Schwan.

**Bezeichnung der einzelnen Sterne.** Die auffallenderen 5 Sterne waren schon von den Alten mit besonderen Namen belegt worden, wie z. B. Sirius, Capella, Regulus u. s. w.; andere Namen einzelner Sterne rühren von den Arabern her, wie Deneb, Aldebaran, Rigel u. s. w. Da jedoch die Zahl der einzelnen Sterne viel zu gross ist, um jedem einen eigenen Namen beilegen zu können, ohne dass alle Uebersichtlichkeit verloren ginge, so haben die Astronomen seit Bayer und Doppelmayr die helleren Sterne jedes Sternbildes mit griechischen oder lateinischen Buchstaben bezeichnet, und zwar so, dass man in der Regel den hellsten Stern des Sternbildes  $\alpha$ , den folgenden  $\beta$  u. s. w. nannte. Später musste man jedoch auch noch zu Zahlen seine Zuflucht

\*) Während der Atlas die grösseren Tafeln enthält, ist eine Reihe kleinerer dem Text unmittelbar angehängt. Zum Unterschied sollen die Tafeln des Atlases mit lateinischen, die kleineren, dem Text angehängten Tafeln aber mit arabischen Ziffern bezeichnet werden.

nehmen; bei Weitem die grösste Zahl teleskopischer Sterne hat aber überhaupt keine besondere Bezeichnung.

Die bei uns sichtbaren Sterne erster Grösse sind:

1) Nördlich vom Aequator.

Wega oder  $\alpha$  der Leyer,  
 Capella oder  $\alpha$  des Fuhrmanns.  
 Arcturus oder  $\alpha$  des Bootes.  
 Aldebaran oder  $\alpha$  des Stiers.  
 Regulus oder  $\alpha$  des grossen Löwen.  
 Atair oder  $\alpha$  des Adlers.  
 Pollux oder  $\beta$  der Zwillinge.  
 Procyon oder  $\alpha$  des kleinen Hundes.  
 Beteigeuze oder  $\alpha$  des Orion.

2) Südlich vom Aequator.

Rigel oder  $\beta$  des Orion.  
 Sirius oder  $\alpha$  des grossen Hundes (der hellste Fixstern).  
 Spica oder  $\alpha$  der Jungfrau.  
 Antares oder  $\alpha$  des Scorpions.  
 Fomalhaut oder  $\alpha$  des südlichen Fisches.

Von Manchen wird auch noch Deneb oder  $\alpha$  des Schwans zu den Sternen erster Grösse gerechnet.

Es wird keine Schwierigkeit haben, diese Sterne auf den Karten Tab. I. und II., sowie auch auf Tab. III. und IV. aufzufinden.

Unter den Sternen zweiter Grösse ist hervorzuheben:

$\alpha$  Ursae minoris oder der Polarstern.

Algenib oder  $\alpha$  des Perseus, der nördliche von den beiden Sternen zweiter Grösse, welche unsere Karte in diesem Sternbilde zeigt. Der andere als ein Stern zweiter Grösse bezeichnete ist Algol oder  $\beta$  des Perseus, der Hauptstern im Haupte der Medusa. Algol, ist veränderlich, er wechselt zwischen zweiter und vierter Grösse.

Der grosse Bär enthält sechs Sterne zweiter Grösse, welche mit einem Stern dritter Grösse die Constellation Fig. 6 bilden, welche die Alten auch den Wagen nannten. Die Sterne  $\delta$ ,  $\epsilon$ ,  $\zeta$  und  $\eta$  bilden den Schwanz des grossen Bären. Alle diese sieben Sterne führen auch arabische Namen; so heisst  $\alpha$  des grossen Bären auch Dubhe; Merak und Mizar sind die arabischen Namen für  $\beta$  und  $\zeta$  Ursae majoris.

Im grossen Löwen finden sich ausser einem Sterne erster Grösse, dem Regulus, noch drei Sterne zweiter Grösse, von denen der östliche  $\beta$  Leonis auch den Namen Denebola führt.

In der Nähe des schon erwähnten Pollux im Sternbilde der Zwillinge, und zwar nordwestlich von demselben, findet sich  $\alpha$  Geminorum oder Castor, ein Stern zweiter Grösse.

Zu den schönsten Sternbildern des Himmels gehören Orion und der Stier, welche in Tab. 1 besonders dargestellt sind. Wie bereits oben erwähnt wurde, sind im Orion zwei Sterne erster Grösse, Rigel und Beteigeuze, im Stier aber einer, nämlich Aldebaran. Im Orion bilden drei nahe zusammenstehende Sterne zweiter Grösse eine fast gerade Linie (den Jakobsstab oder den Gürtel des Orion), welche nach Osten hin verlängert etwas über dem Sirius hinläuft.

Das Sternbild des Stieres ist besonders durch zwei Sterngruppen, die Hyaden und die Plejaden (das Siebengestirn oder die Gluckhenne), ausgezeichnet, deren schon Homer Erwähnung thut. Die Hyaden, zunächst bei Aldebaran, bilden mit demselben ein Dreieck; nordwestlich davon stehen die Plejaden, ein dicht gedrängter Sternhaufen, in dessen Mitte sich Alcyone, ein Stern dritter Grösse, befindet.

Wir werden später noch auf die Eigenthümlichkeiten einzelner Fixsterne zurückkommen.

**Orientirung am Himmel.** Um sich am gestirnten Himmel zu orientiren, geht man gewöhnlich vom Sternbilde des grossen Bären aus, welches durch die ausgezeichnete Constellation, Fig. 6, am nördlichen Himmel zu allen Jahreszeiten leicht aufgefunden werden kann. Denkt

Fig. 6.



man sich die Linie, welche die Sterne  $\alpha$  und  $\beta$  verbindet, in der Richtung von  $\beta$  über  $\alpha$  hinaus verlängert, so geht dieselbe nahe bei einem Sterne  $P$  vorbei, welcher ungefähr  $5\frac{1}{2}$ mal so weit von  $\alpha$  absteht als  $\beta$ . Dieser Stern ist der Polarstern ( $\alpha$  des kleinen Bären), welcher immer sehr nahe nördlich vom Beobachter steht.

Hat man einmal den grossen Bären und den Polarstern am Himmel aufgefunden, so geben diese Sterne den Ausgangspunkt zu einer weiteren Orientirung am Himmel und zur Aufsuchung der übrigen Sternbilder. Eine öfters wiederholte Vergleichung guter Sternkarten und Himmelsgloben mit dem gestirnten Himmel selbst ist das beste Mittel, die einzelnen Sternbilder kennen zu lernen.

Um eine solche Orientirung zu erleichtern, mag hier noch angeführt werden, an welcher Stelle des Himmels Abends um 9 Uhr die wichtigsten Sternbilder zu finden sind.

In der Mitte Januar steht um 9 Uhr Abends der Stier und Orion am südlichen Himmel; Aldebaran hat bereits den Meridian

passirt und Rigel ist der Culmination nahe. Am südöstlichen Himmel ist Sirius leicht aufzufinden. Dem Zenith sehr nahe steht Capella im Sternbild des Fuhrmanns. Eine gerade Linie von Rigel über Beteigeuze führt zum Sternbild der Zwillinge, welches durch die beiden Sterne Castor und Pollux leicht kenntlich ist. Am ostnordöstlichen Himmel geht der grosse Löwe auf. Regulus steht im Osten schon ungefähr  $20^{\circ}$  über dem Horizont. Etwas westlich vom Nordpunkt ist Wega eben über dem Horizont sichtbar.

Unterhalb des Horizontes befinden sich um diese Zeit unter anderen die Sternbilder Jungfrau, Scorpion, Schütze, Adler, Delphin u. s. w.

In der bezeichneten Abendstunde in der Mitte Februar culminirt Sirius, und Orion steht westlich, Castor und Pollux in einer Höhe von etwa  $70$  Graden noch etwas östlich vom Meridian. Nach Nordnordwesten hin steht  $\alpha$  des Schwans dem Horizont nahe. Am östlichen Himmel ist das Sternbild des Löwen jetzt ganz sichtbar, indem Denebola gerade nach Osten hin schon ungefähr  $25^{\circ}$  über dem Horizonte steht. Am westlichen Himmel findet man das Sternbild des Widders ungefähr  $30^{\circ}$  über dem Horizont. Im Nordosten ist Arcturus im Sternbild des Bootes eben aufgegangen.

Mitte März, Abends 9 Uhr. Der Widder dem Untergange nahe; Stier und Orion am westlichen Himmel, Regulus der Culmination nahe. Im Osten ist Spica im Sternbild der Jungfrau bereits aufgegangen. Gerade nach Norden steht  $\alpha$  des Schwans eben über dem Horizont.

Mitte April, Abends 9 Uhr. Orion und der Stier dem Untergange nahe; der grosse Löwe culminirt, und zwar hat Regulus den Meridian bereits passirt. Denebola steht noch östlich von demselben. Zwischen Aldebaran und Regulus findet man das Sternbild der Zwillinge am westlichen Himmel ungefähr  $40^{\circ}$  über dem Horizont. Im Südosten des Himmels steht das Sternbild der Jungfrau. Der grosse Bär steht fast im Zenith. Sirius dem Untergange nahe.

Mitte Mai, Abends 9 Uhr. Nach Norden hin, etwas westlich vom Meridian und noch  $20^{\circ}$  über dem Horizont findet man das Sternbild der Cassiopeia. Am nordöstlichen Himmel ist der Schwan bereits ganz aufgegangen, und Wega steht schon ziemlich hoch über dem Horizont. Etwas weniger hoch über dem Horizont steht Capella nach Nordwesten hin. Am westlichen Himmel findet man die Zwillinge und den kleinen Hund. Spica nähert sich dem Meridian. Etwas weiter davon entfernt, aber höher, findet sich Arcturus im Sternbild des Bootes.

Mitte Juni, Abends 9 Uhr. Arcturus hat den Meridian bereits passirt und steht ungefähr  $60^{\circ}$  über dem Horizont. Am westlichen Himmel ist der grosse Löwe sichtbar. Die Zwillinge sind zum Theil schon untergegangen, aber Castor und Pollux noch sichtbar. Im Südsüdwesten steht das Sternbild der Jungfrau. Am östlichen Himmel findet man den Delphin, den Adler, den Schwan und die Leyer. Am süd-südöstlichen Himmel steht Antares im Sternbild des Scorpions.

Mitte Juli, Abends 9 Uhr. Antares hat bereits den Meridian passirt. Regulus ist dem Untergange nahe. Spica steht am südwestlichen Himmel. Gerade nach Norden hin Capella fast am Horizont. Hoch am östlichen Himmel stehen Delphin, Adler, Schwan und Leyer.

Mitte August, Abends 9 Uhr. Spica eben untergehend, der Scorpion  $30^\circ$  westlich vom Meridian nahe über dem Horizont. Bootes am westlichen Himmel. Wega culminirt, beinahe  $80^\circ$  über dem Horizont, etwas östlich davon steht der Schwan.

Mitte September, Abends 9 Uhr. Delphin und  $\alpha$  des Schwans culminiren, am westlichen Himmel steht Arcturus dem Horizont nahe; am nordöstlichen Himmel sieht man Capella in geringer Höhe über dem Horizont.

Mitte October, Abends 9 Uhr. Am westlichen Himmel stehen Adler, Schwan und Leyer. Aldebaran und die Plejaden sind im Osten bereits aufgegangen.

Mitte November, Abends 9 Uhr. Gerade nach Norden hin steht der grosse Bär in seiner tiefsten Stellung. Cassiopeia beginnt zu culminiren. Orion ist im Osten, und etwas mehr nach Norden hin sind die Zwillinge aufgegangen. Ausserdem stehen am östlichen Himmel der Fuhrmann, Perseus, der Stier, und mehr nach Süden hin der Walfisch.  $\alpha$  der Andromeda hat eben den Meridian passirt. Am westlichen Himmel Adler, Leyer, Schwan u. s. w.

Mitte December, Abends 9 Uhr. Am östlichen Himmel glänzen Orion, der Stier, die Zwillinge, der Fuhrmann mit der Capella. Im Süden steht der Walfisch. Der Widder, ungefähr  $60^\circ$  über dem Horizont, hat bereits den Meridian passirt. Dem Zenith nahe stehen Perseus und Cassiopeia. Ersteres Sternbild ist der Culmination nahe, letzteres hat den Meridian bereits passirt. Am westlichen Himmel ist der Delphin dem Untergange nahe, mehr nach Norden hin steht die Leyer noch über dem Horizont und zwischen beiden etwas höher am Himmel der Schwan.

Die am oberen Rande der Karte Tab. IV. notirten Monatstage bezeichnen die Stelle des Himmels, welche an den genannten Tagen um Mitternacht culminirt. Zieht man z. B. von dem Punkte des oberen Randes, welcher dem 9. December entspricht, eine verticale Linie herunter, so geht diese durch den Stern  $\beta$  Orionis; Rigel culminirt also um Mitternacht am 9. December.

Ebenso ersieht man aus jener Karte, dass das Sternbild des Scorpions Ende Mai und Anfangs Juni um Mitternacht culminirt.

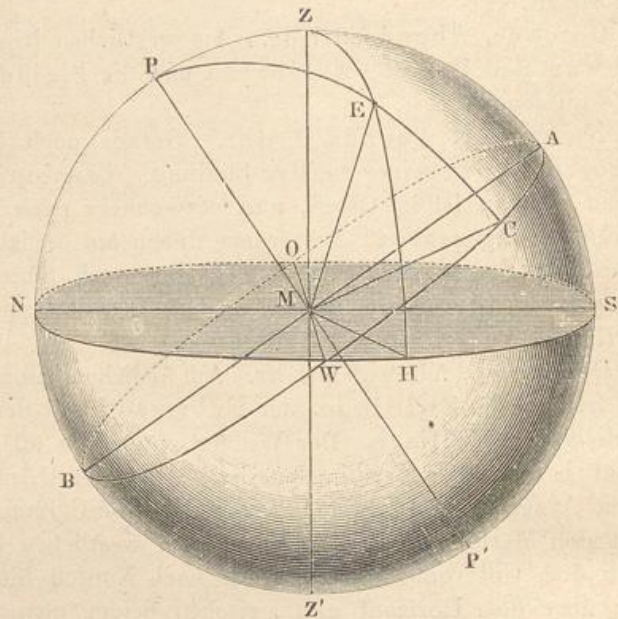
**Höhe und Azimut.** Um die Stellung eines Gestirns am Himmel mit der Genauigkeit zu bestimmen, wie es astronomische Zwecke erfordern, genügt es nicht, seine Stellung in einem Sternbilde anzugeben, es genügt z. B. nicht, zu sagen: der oder jener Stern steht im Kopfe des Drachen; der Mond befindet sich eben in der linken Schulter der

Jungfrau u. s. w. Solche Angaben können nur dazu dienen, annähernd den Ort des Gestirns am Himmel zu bezeichnen; eine genaue Ortsbestimmung erfordert mathematische Hilfsmittel.

Um irgend einen Punkt am Himmel mit mathematischer Genauigkeit zu bestimmen, bedarf es vor allen Dingen eines zweckmässig gewählten Coordinatensystems, und zwar zeigt sich für astronomische Zwecke ein auf der Oberfläche der Himmelskugel angebrachtes System grösster Kreise als das passendste.

Denken wir uns durch einen Stern  $E$ , Fig. 7, den Beobachtungsort  $M$ , und das Zenith  $Z$  desselben eine Ebene gelegt, so schneidet diese die

Fig. 7.



Himmelskugel in einem grössten Kreise  $ZEH$ , welcher rechtwinklig auf dem Horizonte steht.

Alle solche durch das Zenith gelegte, auf dem Horizont rechtwinklig stehende Kreise heissen Höhenkreise oder auch Verticalkreise.

Der Bogen  $EH$  vom Stern  $E$  bis zu dem Punkte  $H$ , in welchem sein Höhenkreis den Horizont trifft, heisst die Höhe des Sternes, der Bogen  $EZ$  aber vom Stern zum Zenith heisst die Zenithdistanz.

Höhe und Zenithdistanz eines Sternes ergänzen sich zu  $90^\circ$ . Ist also die Höhe eines Sternes  $60^\circ$ , so ist seine Zenithdistanz  $30^\circ$ .

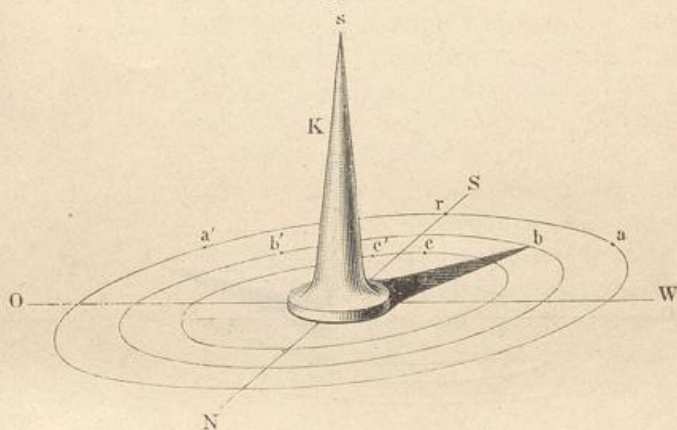
Der Bogen  $SH$  vom Südpunkte  $S$  des Horizontes bis zum Punkte  $H$ , in welchem der Höhenkreis des Sternes  $E$  den Horizont trifft, heisst das Azimut des Sternes  $E$ ; das Azimut eines Sternes kann also auch als der Winkel definiert werden, welchen sein Höhenkreis mit der Ebene des Meridians macht.

Das Azimut wird vom Südpunkte  $S$  nach Westen hin gezählt. Das Azimut  $90^\circ$  entspricht also dem Westpunkte. Für den Ostpunkt des Horizontes ist das Azimut  $270^\circ$ . Ein Höhenkreis, dessen Azimut  $315^\circ$  ist, liegt  $45^\circ$  östlich vom Meridian, er trifft gerade nach Südosten hin den Horizont.

Durch Höhe und Azimut ist die Stellung eines Sternes vollkommen bestimmt. Eine solche Bestimmung gilt jedoch immer nur für einen gegebenen Zeitmoment; denn in Folge der täglichen Bewegung des Himmels ändert sich sowohl Höhe als auch Azimut eines Gestirns in jedem Augenblick.

**Bestimmung des Meridians.** Denkt man sich durch das Auge  $S$  des Beobachters und ein Gestirn, welches eben culminirt, eine Verticalebene gelegt, so ist diese der Meridian.

Fig. 8.



In dem Moment, in welchem die Sonne ihre grösste Höhe erreicht, ist der Schatten, welchen ein verticaler Stab auf eine horizontale Ebene wirft, am kürzesten. Um also die Mittagslinie zu bestimmen, könnte man in dem Augenblick, in welchem die Länge des Stabschattens ein Minimum geworden ist, durch das Ende desselben eine gerade Linie nach dem Mittelpunkte des Stabes zu ziehen, diese Linie wäre alsdann die Mittagslinie.

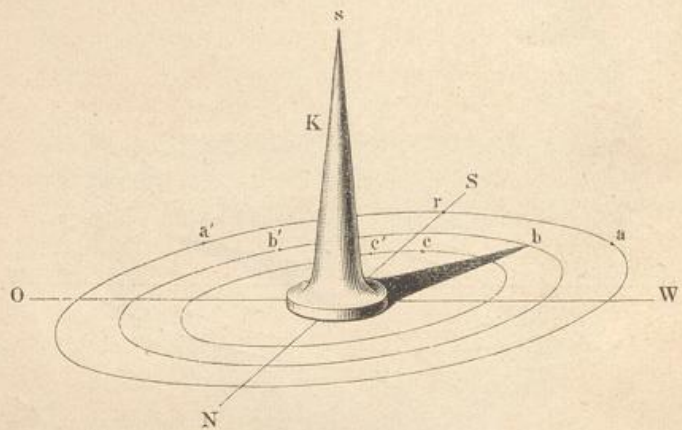
Nun aber ändert sich um die Mittagszeit die Länge des Schattens so langsam, dass man nicht erwarten kann, nach der angegebenen Methode die Richtung der Mittagslinie mit einiger Genauigkeit zu bestimmen. Genauer findet man sie auf folgende Weise:

Auf einer horizontalen Ebene (etwa der wagerecht gestellten Ebene eines Messtischblattes) ziehe man eine Reihe concentrischer Kreise und stelle dann einen spitzigen Kegel  $K$  von Holz oder Messing so auf, dass der Mittelpunkt seiner Grundfläche mit dem Mittelpunkte der gezogenen Kreise zusammenfällt. Dieser Kegel wirft nun einen Schatten. Zu einer

bestimmten Zeit des Vormittags wird die Spitze des Schattens gerade auf den äussersten Kreis fallen, und man bezeichnet nun den Punkt  $a$ , wo dies stattfindet. Je mehr die Sonne steigt, desto kürzer wird der Schatten, und so wird denn auch nach und nach die Spitze des Schattens den zweiten, den dritten u. s. w. Kreis treffen, und man bezeichnet jedesmal die Punkte  $b$ ,  $c$  u. s. w., wo dies der Fall ist. In gleicher Weise bezeichnet man auch des Nachmittags die Punkte  $c'$ ,  $b'$ ,  $a'$ , in welchen die Spitze des Stabschattens dieselben Kreise trifft. Halbirt man nun den Bogen  $aa'$ , zieht man von dem Halbirungspunkte  $r$  eine Linie nach dem Mittelpunkte der Kreise, so ist dies die Mittagslinie, welche in unserer Figur durch  $NS$  bezeichnet ist. In gleicher Weise erhält man sie durch Halbirtung des Bogens  $bb'$  und des Bogens  $cc'$ .

Wären alle Beobachtungen und Halbirtungen fehlerlos, so müssten die so bestimmten Mittagslinien genau zusammenfallen. Ist dies nicht

Fig. 9.



der Fall, so nimmt man eine zwischen diesen liegende mittlere Richtung als Mittagslinie an.

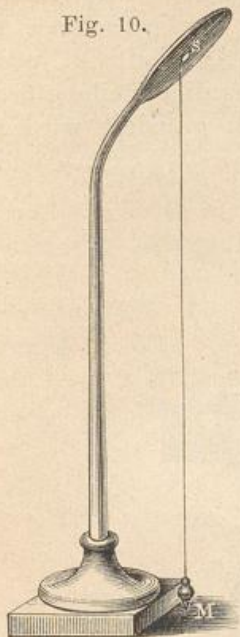
Eine solche Vorrichtung, wie überhaupt jede, welche dazu dient, um durch den Schatten irgend eines Körpers die Mittagslinie zu bestimmen oder Sonnenhöhen zu messen, wird ein Gnomon genannt. Ist einmal für einen Gnomon die Mittagslinie bestimmt, so erhält man durch diese Vorrichtung leicht Höhe und Azimut der Sonne für einen gegebenen Moment. Bezeichnen wir nämlich den Mittelpunkt der Kreise durch  $M$ , so ist der Winkel  $bMr$  das Azimut, der Winkel  $bsM$  ist die Zenithdistanz, der Winkel  $sbM$  ist die Höhe der Sonne in dem Moment, in welchem der Schatten der Spitze  $s$  nach  $b$  fällt.

Der Augenblick, in welchem die Spitze des Stabschattens gerade auf die Mittagslinie fällt, ist der wahre Mittag.

Wenn ein Gnomon die Sonnenhöhe mit einiger Genauigkeit geben soll, so muss er bedeutende Dimensionen haben, und in der That wandten auch die alten Aegypter die Obeliskten an, eine Sonnenhöhe zu be-

stimmen; allein mit der grösseren Höhe des schattenwerfenden Körpers

Fig. 10.



wird auch der Schatten der Spitze verwaschener, und hierin liegt alsdann eine neue Fehlerquelle.

Um den letzteren Uebelstand zu vermeiden, bringt man an der höchsten Spitze des Gnomons eine mit einer kleinen Oeffnung versehene Metallplatte an. Eine derartige Vorrichtung ist in Fig. 10 dargestellt. Die Scheibe wirft einen Schatten, in dessen Mitte ein rundes, helles Fleckchen erscheint, welches durch die Oeffnung *s* hindurch vom Sonnenlicht beschienen wird. Die Mitte dieses erleuchteten Fleckchens, welche sich mit ziemlicher Genauigkeit ermitteln lässt, entspricht der Spitze des Stabschattens in Fig. 9. Ein von der Oeffnung *s* herabhängendes Bleiloth bezeichnet den Punkt *M* auf der horizontalen Ebene, welcher gerade unter *s* liegt. Die Länge *Ms* entspricht dann der Länge des verticalen Stabes, welcher den gewöhnlichen Gnomon bildet.

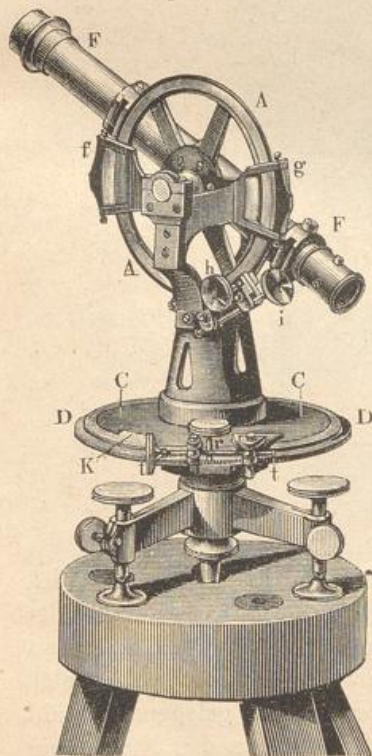
Auch nach diesem Princip hat man Gnomone im grossen Maassstabe ausgeführt, indem

man die durchbohrte Metallplatte in der Wand oder in der Decke eines grossen, innen freien Gebäudes, etwa einer Kirche, anbrachte und das Bild der Sonne auf den gegenüberliegenden Fussboden fallen liess. Einen solchen Gnomon errichtete Paul Toscanelli im Jahre 1467 in der Kuppel des Domes zu Florenz. Die Oeffnung war 277 Fuss über dem Fussboden der Kirche angebracht.

In älteren Sternwarten findet man noch solche Gnomone, in neueren Zeiten hat man sie verlassen, weil man jetzt weit genauere Mittel hat, die Richtung der Mittagslinie zu bestimmen und Sonnenhöhen zu messen.

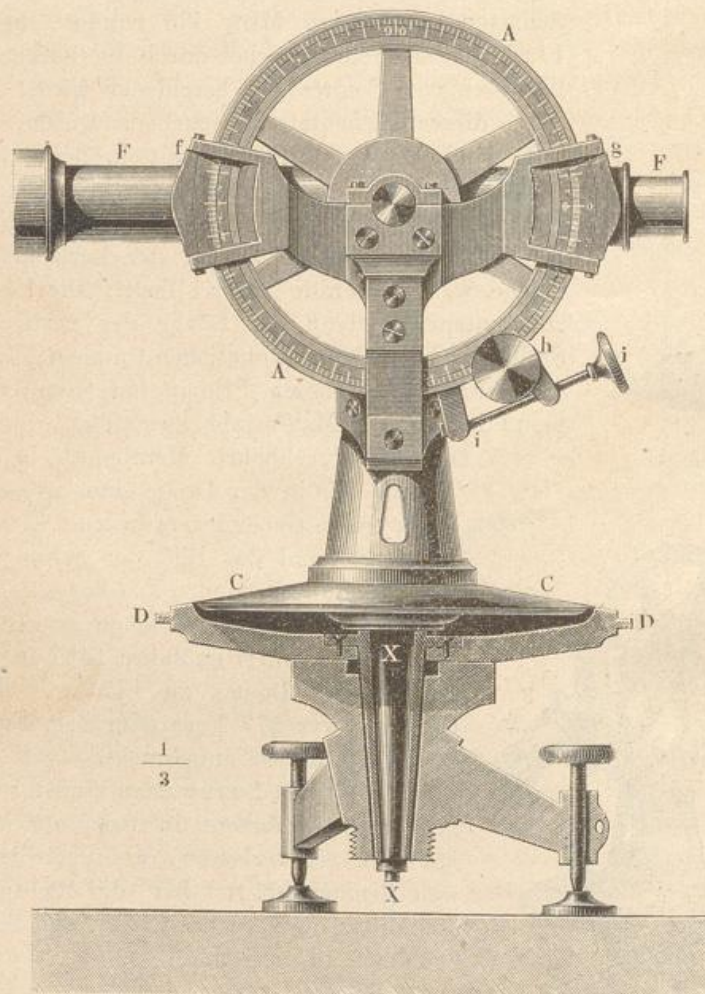
**Der Theodolit.** Ein ungleich genaueres Mittel, sowohl Höhe und Azimut zu messen, als auch den Meridian zu bestimmen, bietet der Theodolit dar. Ein solches Instrument ist in Fig. 11 perspectivisch und in Fig. 12 (a. f. S.) in grösserem Maassstabe in geometrischem

Fig. 11.



Aufriss dargestellt; es besteht im Wesentlichen aus zwei getheilten Kreisen, von denen der eine vertical, der andere horizontal ist. Der Verticalkreis *A* ist sammt dem Fernrohr *F* an einer horizontalen Axe befestigt und beide sind um diese Axe drehbar, so dass die gegenseitige Stellung des getheilten Verticalkreises und des Fernrohres nicht geändert werden kann. Zu beiden Seiten des drehbaren Kreises sind feste Nonien *f* und *g*.

Fig. 12.

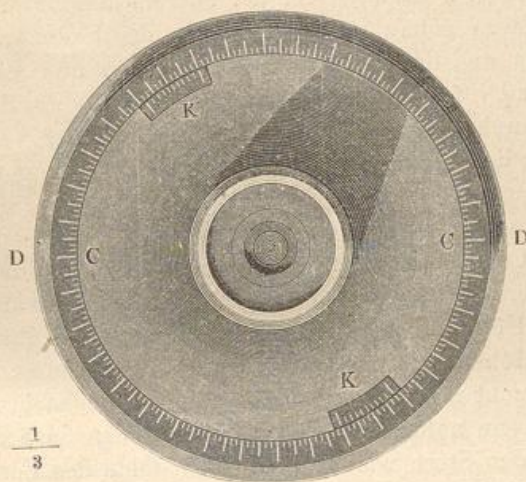


*g* angebracht. Wenn das Instrument gehörig aufgestellt und justirt ist, sollen die Nullpunkte der Nonien *g* und *f* auf die Punkte 0 und 180 der Theilung zeigen, sobald die Axe des Fernrohres vollkommen wagerecht steht; dreht man dann das Fernrohr aus seiner horizontalen Richtung heraus, um es auf einen höher oder tiefer gelegenen Punkt zu richten, so kann man die Grösse dieser Drehung an den Nonien ablesen.

Die Stellschraube *h* dient dazu, bei jeder beliebigen Neigung des Fernrohres dieses sammt dem Verticalkreis festzustellen. Die Mikrometerschraube *i* wird benutzt, um feinere Verstellungen des Fernrohres in seiner verticalen Umdrehungsebene zu bewirken.

Das Gestell, welches die horizontale Axe des Fernrohres trägt, ist auf einem horizontalen, um den verticalen Zapfen *X* drehbaren Kreise *C* befestigt, welcher der Alhidadenkreis oder die Alhidade genannt wird. Dieser Kreis dreht sich genau passend innerhalb eines mit dem Fussgestell des ganzen Apparates fest verbundenen, ringsum mit einer Gradtheilung versehenen kreisförmigen Ringes *D*, welcher der Limbus genannt wird. Die Alhidade trägt an ihrem äusseren Rande zwei Nonnien *K*, welche sich bei der Drehung der Alhidade längs der Theilung des Limbus hinbewegen und welche man deutlicher in Fig. 13 sieht, welche die Alhidade und den Limbus von oben gesehen darstellt, jedoch

Fig. 13.



mit Weglassung der Stellschraube *r*, Fig. 11. mittelst deren man die Alhidade an den Limbus anklemmen, und der Mikrometerschraube *t*, mittelst deren man eine feinere Verschiebung der Alhidade bewerkstelligen kann.

Um den Limbus und die Alhidade gehörig wagerecht zu stellen, was man an einer in der Mitte der Alhidade angebrachten Dosenlibelle erkennen kann, benutzt man die drei Fusschrauben (in Fig. 11 sowohl wie in Fig. 12 sind deren nur zwei sichtbar), welche das ganze Instrument tragen.

Wir bemerken noch, dass die Theodolitfernrohre stets astronomische Fernrohre sind (Lehrb. der Physik, 8. Aufl., Bd. II, 1, S. 371), dass sie also alle Gegenstände umgekehrt zeigen und dass sie mit einem Fadencross versehen sind. An der Stelle nämlich, an welcher das Bild des Objectives zu Stande kommt, ist eine in der Mitte mit einer runden Oeffnung versehene Metallscheibe angebracht; über diese Oeffnung sind

dann zwei sehr feine Fäden (in der Regel Spinnenfäden) sich rechtwinklig kreuzend ausgespannt, Fig. 14. Will man einen bestimmten

Fig. 14. Gegenstand, etwa einen Stern, einvisiren, so richtet man das Fernrohr so, dass das Bild des zu beobachtenden Gegenstandes genau in den Durchschnittspunkt der Fäden fällt. Man sieht, dass auf diese Weise die Visirlinie des Fernrohres vollkommen genau bestimmt ist.



Will man durch das Theodolitfernrohr die Sonne beobachten, so muss man vor dem Ocular ein dunkelfarbiges Glas, das Sonnenglas, anbringen, weil das Auge ohne ein solches den Glanz des Sonnenlichtes nicht ertragen würde.

**10 Bestimmung der Mittagslinie mit Hülfe des Theodolits.** Um nun mit Hülfe des Theodolits die Mittagslinie zu bestimmen, verfährt man in folgender Weise: Man richtet das Fernrohr des Instrumentes einige Zeit,  $n$  Stunden vor der oberen Culmination eines Sternes, so, dass der Stern genau im Mittelpunkte des Fadenkreuzes erscheint. Der Höhenkreis und der Horizontalkreis werden nun mittelst der Stellschrauben  $h$  und  $r$  festgestellt und dann der Nonius des Horizontalkreises abgelesen. Durch diese Ablesung ist die Lage der Verticalebene des Fernrohres für den Moment dieser ersten Beobachtung vollkommen bestimmt.

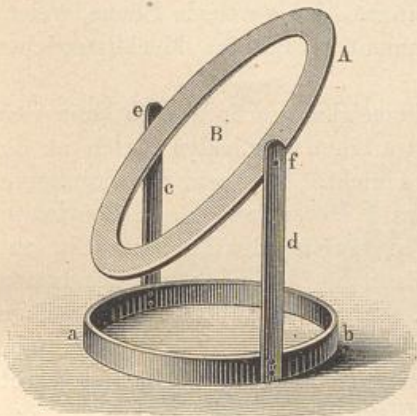
Der Stern schreitet nun nach Westen vor, während zugleich seine Höhe bis zur Culmination zunimmt. Nach der Culmination nimmt die Höhe wieder ab,  $n$  Stunden nach der Culmination wird der Stern wieder genau dieselbe Höhe haben, wie zur Zeit der ersten Beobachtung. Wenn man also den Höhenkreis und das Fernrohr unverändert in der Stellung gegen den Horizont lässt, die sie bei der ersten Beobachtung einnahmen, so wird man, wenn nahezu die Zeit von  $n$  Stunden nach der Culmination verflossen ist, den Stern wieder im Gesichtsfelde des Fernrohres finden, wenn man die Alhidade sammt Höhenkreis und Fernrohr um die verticale Axe des Instrumentes nach Westen dreht. Zunächst wird nun der Stern wieder genau hinter den verticalen Faden des Fadenkreuzes gebracht und dann folgt man dem Sterne, indem man den Horizontalkreis langsam und zwar zuletzt mit Hülfe der Mikrometerschraube  $t$  gegen Westen fortschiebt, bis zu dem Moment, in welchem der Stern so tief gesunken ist, dass er wieder genau im Mittelpunkte des Fadenkreuzes erscheint. Man liest nun abermals den Nonius des Alhidadenkreises ab und erfährt durch diese zweite Ablesung den Winkel, welchen die Verticalebene des Fernrohres bei der ersten Beobachtung mit der Verticalebene des Fernrohres bei der zweiten Beobachtung macht. Halbirt man diesen Winkel, so ist dann eine durch die Halbirungslinie gelegte Verticalebene die Ebene des Meridians.

Hat z. B. der Nonius des Alhidadenkreises bei der ersten Beobachtung auf  $152^{\circ}$  gestanden, bei der zweiten aber auf  $226^{\circ}$ , so wird sich

die Ebene des Fernrohres und des Höhenkreises im Meridian befinden, wenn man den Alhidadenkreis so stellt, dass der Nonius desselben auf  $189^0$  zu stehen kommt.

An der Sonne würde man in derselben Weise durch Vormittags- und Nachmittagsbeobachtungen den Meridian bestimmen können, wenn man z. B. jedesmal den scheinbar höchsten Punkt des Sonnenrandes auf den Durchschnittspunkt der beiden Fäden einstellte. Bei dieser Bestimmungsweise des Meridians mittelst correspondirender Sonnenhöhen ist indessen zu berücksichtigen, dass in der Zeit zwischen der Vormittags- und Nachmittagsbeobachtung die Sonne sich in ihrer scheinbaren jährlichen Bahn am Himmel (welche wir im dritten Capitel näher besprechen werden) fortbewegt hat, wodurch es nöthig wird, an der auf dem oben bezeichneten Wege gefundenen Mittagslinie noch eine Correction anzubringen, welche

Fig. 15.



ihren grössten Betrag zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen erreicht. Von diesem Uebelstande ist die Bestimmung des Meridians durch correspondirende Sternhöhen ganz frei.

Mit grosser Sicherheit erhält man den Meridian durch correspondirende Höhen von Circumpolarsternen, wenn man dieselben ungefähr sechs Stunden vor und nach ihrer Culmination anstellt.

Es ist leicht, zur Nachtzeit irgend einen Stern erster, zweiter oder dritter Grösse in das Gesichtsfeld des Fernrohres zu bringen; zur Nachtzeit aber ist das Fadenkreuz, welches bei Tage sich scharf von dem hellen Himmelsgrunde abhebt, ganz unsichtbar, wenn man nicht das Gesichtsfeld auf künstliche Weise erleuchtet.

Die Beleuchtung des Gesichtsfeldes in dem Fernrohre des Theodoliten kann man auf folgendem Wege bewerkstelligen. Auf das Objectivende des Fernrohres wird ein leichter Messingring *ab*, Fig. 15, aufgeschoben. An diesem sind zwei Messingstäbchen *c, d* befestigt, durch deren oberen Theil bei *e* und *f* je eine in eine Spitze auslaufende Schraube hindurchgeht, um welche sich der elliptische flache Ring *A* herumdrehen lässt. Die eine Seite des Ringes ist mit weissem Papier beklebt; durch eine seitlich aufgestellte Laterne wird diese weisse Fläche, erhellt und wirft dann hinlänglich Licht in das Fernrohr, um das Gesichtsfeld so zu erleuchten, dass das Fadenkreuz deutlich sichtbar wird. Von dem Sterne fallen noch genügend viele Strahlen durch den elliptischen Ausschnitt *B* auf das Objectiv des Fernrohres, um ein deutliches Bild des Sternes zu geben.

Hat man einmal nach der angegebenen Methode den Punkt des Limbus ermittelt, auf welchen man den Nonius der Alhidade einstellen muss, damit die verticale Drehungsebene des Fernrohres mit der Ebene des Meridians zusammenfällt, so bleibt noch übrig, die Richtung der Mittagslinie ein- für allemal zu fixiren, damit man das Instrument wieder wegnehmen kann, ohne bei einer späteren Aufstellung an derselben Stelle den Meridian von Neuem bestimmen zu müssen.

Die Fixirung der Mittagslinie geschieht dadurch, dass man das in die Ebene des Meridians gebrachte Fernrohr gegen den Horizont neigt und nun sieht, ob sich auf demselben oder auf der Erdoberfläche nicht irgend ein Gegenstand, etwa eine Thurmspitze, eine Mauerkante, eine Giebelspitze, ein Blitzableiter u. s. w., findet, welcher gerade im Meridian liegt, welcher also den Kreuzungspunkt des Fadenkreuzes passirt, wenn man das Fernrohr um seine horizontale Axe dreht. Ein solcher Punkt wird nun das Meridianzeichen genannt. Eine verticale Ebene, welche durch den Aufstellungsort des Instrumentes und das Meridianzeichen geht, ist die Ebene des Meridians.

Wenn sich kein passendes Meridianzeichen vorfindet, so kann man ein solches herrichten, indem man etwa einen verticalen Strich an der Wand eines passend gelegenen Hauses zieht. Ein sehr zweckmässiges Meridianzeichen besteht in einem etwa 1 Meter langen, in Centimeter getheilten Maassstabe, welchen man in horizontaler Lage und in entsprechender Entfernung so befestigt, dass die Meridianebene des Instrumentes seine Länge ungefähr halbirt. Ist dieser Maassstab einmal gehörig befestigt, so kann man durch später wiederholte Bestimmungen der Meridianebene leicht ermitteln, welcher Theilstrich desselben es eigentlich sei, der genau die Richtung der Mittagslinie bezeichnet.

Uebrigens kann man, wenn ein mit fein getheiltem Horizontalkreise versehenes Instrument zur Verfügung steht, jeden in beliebiger Richtung stehenden, gut sichtbaren Gegenstand als Marke für die Auffindung der Meridianrichtung benutzen. Hat man auf die vorhin beschriebene Weise die Lage der Meridianrichtung auf dem Horizontalkreise des Theodoliten gefunden, so ergiebt eine Einstellung irgend eines Gegenstandes auf die Mitte des Fadenkreuzes und Ablesung des Horizontalkreises das Azimut des eingestellten Objectes. Ist dieses einmal bekannt, so kann man später jederzeit durch Einstellung desselben und Ablesung des Horizontalkreises umgekehrt die Richtung des Meridians leicht wiederfinden.

- II Declination, Stundenwinkel und Rectascension.** Alle durch die Weltaxe  $PP'$ , Fig. 16, gelegten Ebenen schneiden die Himmelskugel in grössten Kreisen, welche den Namen der Declinationskreise oder der Stundenkreise führen. Durch jeden Stern kann man sich einen Stundenkreis gelegt denken und alle diese Stundenkreise stehen rechtwinklig auf der Ebene des Aequators.

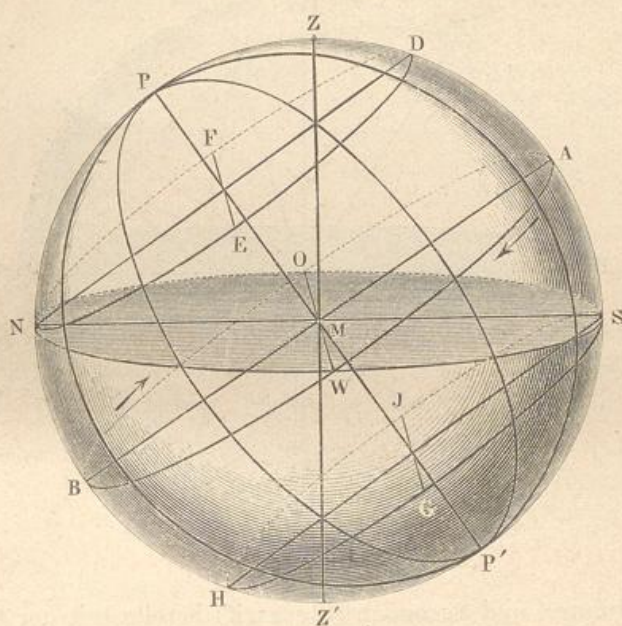
Der Viertelkreis  $PEC$ , Fig. 17 (a. f. S.), ist ein Theil des dem Sterne  $E$  angehörigen Stundenkreises. Dasjenige Bogenstück  $EC$  des Stundenkreises, welches zwischen dem Sterne und dem Aequator liegt, heisst die Declination oder die Abweichung des Sternes.

Die Declination eines Sternes ist nördlich oder südlich, je nachdem derselbe auf der nördlichen oder südlichen Halbkugel des Himmels liegt.

Der Bogen  $PE$  vom Sterne bis zum Pol heisst die Poldistanz. Poldistanz und Abweichung ergänzen sich zu  $90^\circ$ .

Während der täglichen Bewegung des Himmels ändert sich die Declination der Fixsterne nicht; die Abweichung eines Fixsternes ist also

Fig. 16.



eine unveränderliche Grösse, weil ja jeder Stern einen Kreis beschreibt, welcher mit dem Aequator parallel ist.

Alle solche Kreise, welche man sich auf der Himmelskugel parallel mit dem Aequator gezogen denkt, werden Parallelkreise genannt.

Der Winkel, welchen der Stundenkreis  $PEC$  des Sternes  $E$  mit dem Meridian  $PZA$ , Fig. 17, macht, wird der Stundenwinkel des Sternes  $E$  genannt. Der Stundenwinkel wird durch den Bogen  $AC$  auf dem Aequator gemessen, dessen ganzer Umfang entweder in 360 Grade oder in 24 Stunden und deren Unterabtheilungen getheilt ist. Die Stunde bezeichnet man gewöhnlich mit  $^h$ , die Zeitminute mit  $^m$ , und die Zeitsecunde mit  $^s$ ; dagegen die Bogenminute mit  $'$  und die Bogensecunde mit  $''$ .

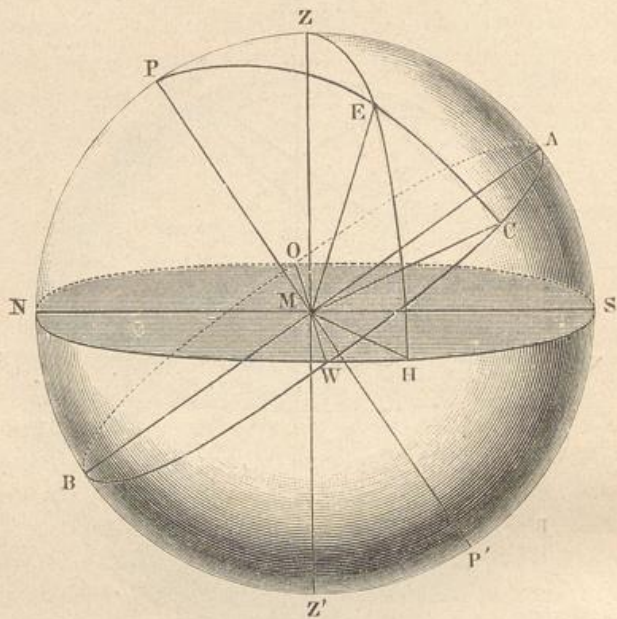
Es sind also:

$$\begin{aligned} 1^h &= 60^m = 15^\circ \\ 4^m &= 1^\circ \\ 1^m &= 15' \\ 4^s &= 1' \\ 1^s &= 15'' \end{aligned}$$

Die Zählung geschieht stets von dem Punkte *A* aus, in welchem der Meridian den Aequator schneidet, nach Westen hin.

Der in Zeit ausgedrückte Stundenwinkel eines Sternes, welcher sich immer nur auf einen bestimmten Moment bezieht, sagt aus, wie viel

Fig. 17.



Stunden, Minuten und Secunden (Sternzeit) bereits seit der letzten Culmination dieses Sternes verflossen sind.

Es ist klar, dass durch Stundenwinkel und Abweichung (Declination) für einen bestimmten Moment die Stellung eines Sternes am Himmelsgewölbe ganz in ähnlicher Weise bestimmt ist, wie durch Azimut und Höhe; während aber Höhe und Azimut eines Sternes sich durch die Drehung der Erde gleichzeitig ändern, bleibt die Declination constant und nur der Stundenwinkel ändert sich, weil in jedem Augenblicke ein anderer Punkt des Aequators es ist, von welchem aus der Stundenwinkel gezählt wird.

Eine von der Zeit unabhängige Bestimmung der Sternörter am Himmel erhält man, wenn man die Winkel auf dem Aequator nicht von einem veränderlichen Punkte aus zählt, sondern von einem Punkte, welcher eine feste Stellung auf dem Aequator, also mit der ganzen

Himmelskugel die tägliche Bewegung gemeinschaftlich hat. Zum Ausgangspunkte dieser Winkelzählung hat man den Seite 11 erwähnten Frühlingspunkt gewählt. Wir werden im dritten Capitel sehen, auf welche Weise dieser Punkt genau bestimmt werden kann.

Der in der Richtung von Süd nach Ost u. s. w. auf dem Aequator gezählte Winkel vom Frühlingspunkte bis zu dem Punkte, in welchem der Stundenkreis eines Sternes den Aequator trifft, wird die Rectascension oder die gerade Aufsteigung des Sternes genannt. Durch Rectascension und Declination ist die Stelle eines Sternes am Himmel vollkommen bestimmt.

Die Rectascension wird entweder in Graden oder in Stunden und ihren Unterabtheilungen ausgedrückt, wie wir dies schon beim Stundenwinkel gesehen haben. Die in Zeit ausgedrückte Rectascension eines Sternes giebt an, wie viel Stunden, Minuten und Secunden (Sternzeit) der fragliche Stern später culminirt als der Frühlingspunkt.

Folgendes ist die Rectascension (gerade Aufsteigung) und die Declination (Abweichung) einiger der ausgezeichnetsten Sterne für das Jahr 1890, nebst dem Betrage der jährlichen Veränderung durch die Präcession, von welcher im dritten Capitel die Rede sein wird. Mit Hilfe derselben kann man für nicht zu entfernte Zeiten den sogenannten mittleren Ort der Sterne berechnen. Um die Sternörter so zu erhalten, wie sie in Wirklichkeit dem Beobachter erscheinen (scheinbarer Ort), muss noch die Einwirkung der Nutation und Aberration (I. Buch, 3. Cap. und II. Buch, 1. Cap.) berücksichtigt werden. Für die umstehenden Sterne kann der scheinbare Ort für jeden Tag des Jahres aus dem Berliner Astronomischen Jahrbuche entnommen werden.

Namen	Grösse	Gerade		Jährl. Aend.	Abweichung 1890,0	Jährl. Aend.
		Aufsteigung 1890,0				
$\alpha$ Andromedae . . . . .	2	0h	2m 42s	+ 3,1 <sup>s</sup>	+ 28° 28' 59"	+ 19,9'
$\alpha$ Cassiopeiae . . . . .	2 $\frac{1}{2}$	0	34 16	+ 3,4	+ 55 56 2	+ 19,8
$\alpha$ Ursae minoris (Polaris)	2	1	18 31	+ 23,3	+ 88 43 18	+ 18,9
$\alpha$ Arietis . . . . .	2	2	0 58	+ 3,4	+ 22 56 31	+ 17,2
$\alpha$ Ceti . . . . .	2 $\frac{1}{2}$	2	56 32	+ 3,1	+ 3 39 28	+ 14,3
$\alpha$ Persei . . . . .	2	3	16 28	+ 4,3	+ 49 28 8	+ 13,1
$\eta$ Tauri (Alcyone) . . . .	3	3	40 57	+ 3,6	+ 23 45 52	+ 11,4
$\alpha$ Tauri (Aldebaran) . . .	1	4	29 36	+ 3,4	+ 16 17 15	+ 7,5
$\alpha$ Aurigae (Capella) . . .	1	5	8 34	+ 4,4	+ 45 53 7	+ 4,0
$\beta$ Orionis (Rigel) . . . .	1	5	9 15	+ 2,9	- 8 19 46	+ 4,4
$\beta$ Tauri . . . . .	2	5	19 20	+ 3,8	+ 28 30,49	+ 3,4
$\alpha$ Canis majoris (Sirius) .	1	6	40 18	+ 2,6	- 16 33 57	- 4,7
$\alpha$ Geminorum (Castor) . .	2 $\frac{1}{2}$ u. 3 $\frac{1}{3}$	7	27 35	+ 3,8	+ 32 7 45	- 7,6
$\alpha$ Canis minoris (Procyon)	1	7	33 33	+ 3,1	+ 5 30 23	- 9,0
$\beta$ Geminorum (Pollux) . .	1 $\frac{1}{2}$	7	38 35	+ 3,7	+ 28 17 29	- 8,4
$\alpha$ Hydrae . . . . .	2	9	22 11	+ 2,9	- 8 10 56	- 15,4
$\alpha$ Leonis (Regulus) . . . .	1 $\frac{1}{2}$	10	2 31	+ 3,2	+ 12 30 16	- 17,5
$\alpha$ Ursae majoris . . . . .	2	10	56 56	+ 3,7	+ 62 20 41	- 19,4
$\beta$ Leonis . . . . .	2	11	43 27	+ 3,1	+ 15 11 13	- 20,1
$\gamma$ Ursae majoris . . . . .	2 $\frac{1}{2}$	11	48 3	+ 3,2	+ 54 18 23	- 20,0
$\alpha$ Virginis (Spica) . . . .	1	13	19 24	+ 2,4	- 10 35 13	- 18,9
$\alpha$ Bootis (Arcturus) . . . .	1	14	10 39	+ 2,7	+ 19 45 19	- 18,9
$\alpha$ Librae . . . . .	2 $\frac{1}{2}$	14	44 48	+ 3,3	- 15 35 4	- 15,2
$\alpha$ Coronae . . . . .	2	15	30 2	+ 2,5	+ 27 5 7	- 12,3
$\alpha$ Scorpiae (Antares) . . .	1 $\frac{1}{2}$	16	22 40	+ 3,7	- 26 10 15	- 8,3
$\alpha$ Lyrae (Vega) . . . . .	1	18	33 13	+ 2,0	+ 38 40 54	+ 3,2
$\alpha$ Aquilae (Atair) . . . . .	1 $\frac{1}{2}$	19	45 25	+ 2,9	+ 8 34 41	+ 9,3
$\alpha$ Cygni . . . . .	1 $\frac{1}{2}$	20	37 31	+ 2,0	+ 44 52 11	+ 12,7
$\alpha$ Piscis austrini (Fomal- haut) . . . . .	1 $\frac{1}{2}$	22	51 34	+ 3,3	- 30 12 19	+ 19,0

Das Zeichen + bezeichnet eine nördliche, - eine südliche Declination.

Auf Himmelsgloben findet man den Aequator entweder in 360 Grade oder in 24 Stunden und Minuten getheilt. Der Nullpunkt dieser Theilung ist der Frühlingspunkt. Der durch den Frühlingspunkt gezogene Stundenkreis ist dann gleichfalls in Grade getheilt, so dass 90 Grade auf den Bogen vom Frühlingspunkte bis zum Nordpol und 90 Grade auf den

Bogen vom Frühlingspunkte bis zum Südpol gezählt sind. Auf diesem Stundenkreise kann dann die Declination für jeden einzelnen Parallelkreis abgelesen werden.

In der Sternkarte Tab. IV. erscheint der Aequator als gerade Linie; man sieht ihn hier in 360 Grade getheilt. Die entsprechende Theilung in Stunden und Minuten findet sich am unteren Rande der Karte. Auf der durch den Nullpunkt der Theilung des Aequators (den Frühlingspunkt) gelegten Verticalen findet man dann eine weitere Theilung, durch welche die Declinationen gemessen werden.

Auf der Karte Tab. III. kann man die Rectascensionen am Rande, die Declinationen auf einer vom Nordpol nach dem Rande gezogenen geraden Linie ablesen.

Nach diesen Erläuterungen wird es eine zweckmässige Uebung sein, nach den in der obigen Tabelle mitgetheilten Werthen der geraden Aufsteigung und der Abweichung die dort verzeichneten Sterne aufzusuchen.

Um die in Zeit angegebene Rectascension rasch in Bogen- oder Winkelwerthe umwandeln zu können, dient folgende Tabelle:

	1 <sup>s</sup> Zeit = 15'' Bogen		
	4 <sup>s</sup> " = 1' "		
	1 <sup>m</sup> " = 15' "		
	2 <sup>m</sup> " = 30' "		
	3 <sup>m</sup> " = 45' "		

Minuten	Grade	Minuten	Grade
4 Zeit	1 Bogen	32 Zeit	8 Bogen
8 "	2 "	36 "	9 "
12 "	3 "	40 "	10 "
16 "	4 "	44 "	11 "
20 "	5 "	48 "	12 "
24 "	6 "	52 "	13 "
28 "	7 "	56 "	14 "

Stunden	Grade	Stunden	Grade
1 Zeit	15 Bogen	13 Zeit	195 Bogen
2 "	30 "	14 "	210 "
3 "	45 "	15 "	225 "
4 "	60 "	16 "	240 "
5 "	75 "	17 "	255 "
6 "	90 "	18 "	270 "
7 "	105 "	19 "	285 "
8 "	120 "	20 "	300 "
9 "	135 "	21 "	315 "
10 "	150 "	22 "	330 "
11 "	165 "	23 "	345 "
12 "	180 "	24 "	360 "

Es sei z. B. auf Tab. IV.  $\alpha$  Leonis aufzusuchen. Seine Rectascension ist  $10^h 3^m$  (die Secunden müssen bei der Kleinheit der Karte unberücksichtigt bleiben) oder  $150^\circ 45'$ ; man geht also vom Frühlingspunkte aus auf dem Aequator nach der Linken bis zu dem Punkte, welcher  $150\frac{3}{4}$  Grad entspricht, errichtet in demselben ein Perpendikel, auf welchem man dann mit dem Zirkel die Declination von  $12\frac{1}{2}$  Grad nach Norden abzumessen hat, um den Ort des Regulus zu finden.

**12 Mittagsrohr und Mittagskreis.** Wir müssen nun sehen, auf welche Weise Rectascension und Declination der Gestirne mit Genauigkeit ermittelt werden kann.

Wenn ein Fernrohr so aufgestellt ist, dass es nur in einer verticalen Ebene bewegt werden kann, welche genau in die Ebene des Meridians fällt, so kann man an diesem Instrumente mit Hülfe einer guten Uhr genau den Zeitpunkt beobachten, an welchem irgend ein bestimmter Fixstern den Meridian passirt.

Man kann eine solche Beobachtung selbst bei Tage machen; denn obgleich man, während die Sonne am Himmel ist, die Sterne mit blossen Auge nicht sieht, so sind doch durch ein Fernrohr bei Anwendung hinreichend starker Vergrößerungen am Tage Sterne erster, zweiter, ja selbst dritter Grösse sichtbar.

Hat man nun an einem Tage die Culmination zweier Sterne beobachtet, so ist die Zeit (nach Sternzeit gemessen), welche zwischen der Culmination des ersten und der des zweiten, verstreicht, die in Zeit ausgedrückte Differenz der Rectascensionen beider Sterne.

Hätte man z. B. an einem bestimmten Tage die Culmination von  $\alpha$  Arietis an einer nach mittlerer Sonnenzeit gehenden Uhr um  $4^h 30^m 18^s$  Nachmittags beobachtet, die Culmination von  $\alpha$  Tauri aber um  $6^h 58^m 32^s$ , so ist der fragliche Zeitunterschied  $2^h 28^m 14^s$  mittlerer Sonnenzeit oder  $2^h 28^m 38^s$  Sternzeit. Die Rectascension von  $\alpha$  Tauri wäre demnach um  $2^h 28^m 38^s$  oder als Winkel ausgedrückt um  $37^\circ 9' 30''$  grösser als die Rectascension von  $\alpha$  Arietis, d. h. mit anderen Worten, der Stundenkreis von  $\alpha$  Arietis macht mit dem Stundenkreise von  $\alpha$  Tauri einen Winkel von  $37^\circ 9' 30''$ .

Ist also nur für einen einzigen Stern die Rectascension, d. h. der Abstand seines Stundenkreises vom Frühlingspunkte, bekannt, so kann man, von diesem Sterne ausgehend, nach der eben angegebenen Weise leicht die Rectascensionen aller übrigen Sterne ermitteln. Auf welche Weise aber der Abstand irgend eines Stundenkreises vom Frühlingspunkte bestimmt wird, das kann erst im dritten Capitel besprochen werden.

Um die Declination eines Sternes zu bestimmen, hat man nur das Fernrohr so zu richten, dass der Stern zur Zeit seiner Culmination gerade hinter dem horizontalen Faden des Fernrohrs steht, und dann die Höhe des Sternes an dem Verticalkreise abzulesen; zieht man von dieser Höhe den Winkel ab, welchen der Aequator mit dem Horizont macht,

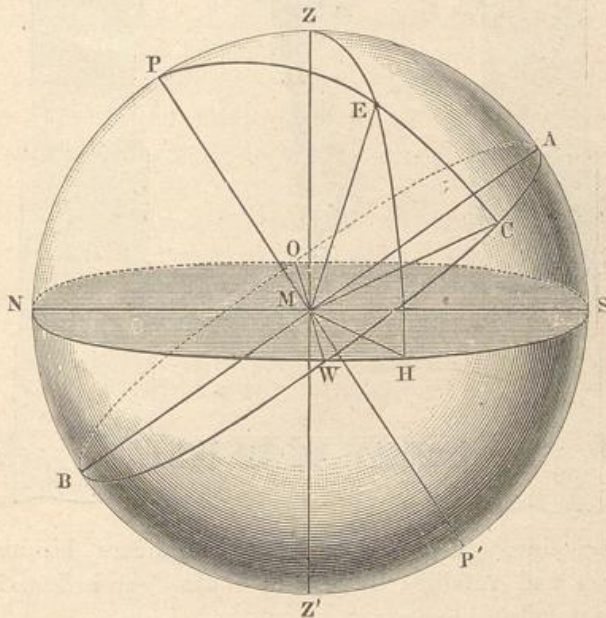
also den Bogen  $AS$ , Fig. 18, so erhält man die Declination des Sternes.

Es ist  $AS = PZ = 90^\circ - PN$ , d. h.  $90^\circ -$  der Polhöhe, da man den Bogen  $NP$  oder den Winkel  $NMP$ , welchen die Weltaxe mit dem Horizont macht, die Polhöhe nennt.

Gesetzt, man habe an einem Orte, für welchen die Polhöhe gerade  $50^\circ$  beträgt, die Höhe von  $\alpha$  Tauri zur Zeit der Culmination gleich  $56^\circ 17' 0''$  gefunden, so ist die Declination dieses Sternes gleich  $56^\circ 17' 0'' - 40^\circ = 16^\circ 17' 0''$ ; denn wenn die Polhöhe  $NP$   $50^\circ$  beträgt, so ist  $PZ = SA = 40^\circ$ .

Da die Bestimmung der Declination und Rectascension der Gestirne durch Beobachtungen im Meridian zu den wichtigsten Aufgaben der praktischen Astronomie gehört, so wendet man zu diesem Zwecke auf grösseren Sternwarten sehr sorgfältig gearbeitete und möglichst stabil

Fig. 18.



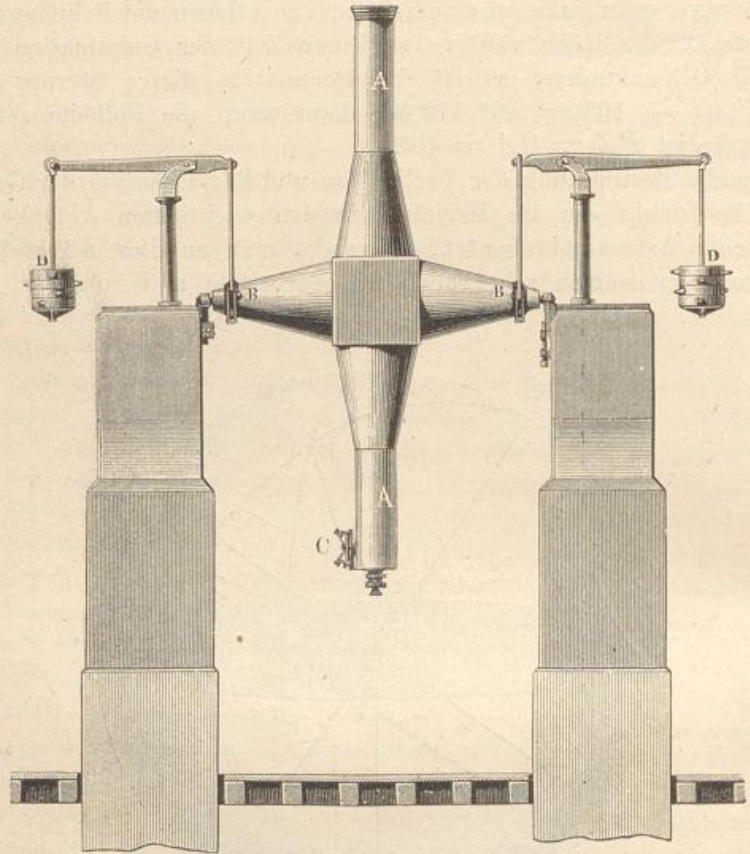
aufgestellte grössere Instrumente an, welche den Namen der Mittagskreise und der Passageninstrumente führen.

Der Mittagskreis oder Meridiankreis ist ein mit einem Fernrohr verbundener Höhenkreis von bedeutenden Dimensionen (man hat solche von 3 bis zu 6 Fuss Durchmesser), der nur in der Ebene des Meridians drehbar ist. Soll das Instrument lediglich zur Bestimmung der Rectascension dienen, so kann auch der Höhenkreis wegfallen, es bedarf dann nur eines in der Meridianebene drehbaren Fernrohres, welches dann ein Durchgangs- oder Passageninstrument genannt wird.

Fig. 19 (a. f. S.) stellt ein Passageninstrument dar.  $AA$  ist das Fernrohr, welches um eine horizontale Axe  $B$  gedreht werden kann, die in zwei

cylindrischen Zapfen endigt. Diese Zapfen ruhen auf Lagern, welche von massiven steinernen Pfeilern getragen werden. Diese Pfeiler sind für sich besonders fundamertirt und stehen mit dem übrigen Gebäude, in welchem das Passageninstrument aufgestellt ist, in keiner Verbindung;

Fig. 19.



sie gehen frei durch den Fussboden des Zimmers hindurch, dessen Schwankungen und zufällige Bewegungen also gar keinen Einfluss auf das Instrument haben können.

Fig. 20.

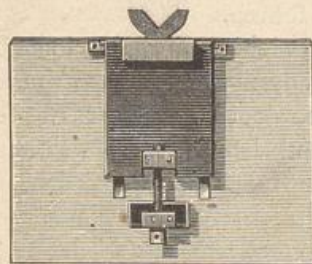
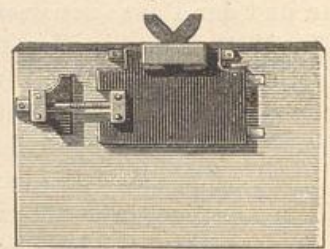


Fig. 21.



Die Einrichtung der Zapfenlager für die Axe *B* ist aus Fig. 20 und Fig. 21 zu ersehen. Das eine, Fig. 20, ist mittelst einer Schraube in

verticaler Richtung verschiebbar, um eine vollkommene Horizontalität der Axe *B* herstellen zu können; das andere, Fig. 21, kann dagegen in horizontaler Richtung verschoben werden, was nöthig ist, um die verticale Umdrehungsebene des Fernrohres genau in den Meridian zu bringen. — Zur genaueren Einstellung in den Meridian dient die Beobachtung der oberen und der unteren Culmination von Circumpolarsternen (§. 10).

Damit nicht das ganze Gewicht des Fernrohres auf den Zapfenlagern ruht, wodurch eine bedeutende Reibung und mit der Zeit eine Abnutzung der Zapfen und der Lager entstehen würde, ist das Fernrohr durch die Gegengewichte *D*, welche den grössten Theil seiner Last tragen, äquilibrirt.

Das Gebäude, in welchem das Passageninstrument aufgestellt ist, muss sowohl an der nördlichen und südlichen Wand als auch an der Decke mit einer durch Klappen verschliessbaren schmalen Oeffnung versehen sein, gerade als ob es in der Ebene des Meridians durchschnitten wäre. Diese Spalte erlaubt, das Fernrohr nach allen im Meridian gelegenen Punkten des Himmels zu richten.

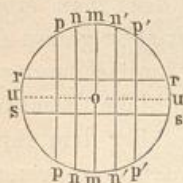
Da die Sterne bei Tage mit blossem Auge nicht sichtbar sind, auch meistens das Gesichtsfeld des Fernrohres so klein ist, dass man einen Stern nicht wahrnehmen kann, wenn das Fernrohr nicht sehr genau die Richtung auf den Stern hat, so gebraucht man ein Hülfsmittel, um vor der Beobachtung des Sternes dem Fernrohr die erforderliche Richtung zu geben. Man weiss vorher nahezu, in welcher Höhe über dem Horizont sich derselbe im Augenblick seiner Culmination befindet, man braucht also nur dem Mittagsrohr eine gleiche Neigung gegen den Horizont zu geben, damit der Stern das Gesichtsfeld passirt. Zu diesem Zwecke ist das Fernrohr mit einem kleinen Höhenkreise verbunden, welcher entweder an der Axe *B* oder, wie es Figur 19 zeigt, seitwärts am Rohre bei *C* angebracht ist. In dem letzteren Falle muss der Index des Kreises mit einer Libelle versehen sein, mit deren Hülfe die Einstellung geschieht. Wenn das Fernrohr genau horizontal steht, und der Index so gedreht wird, dass er gerade auf  $0^0 0'$  zeigt, so muss die Blase der Libelle sich in der Mitte des Rohres befinden. Bringt man das Fernrohr dagegen in irgend eine andere Richtung und dreht den Index so, dass die Blase der Libelle in der Mitte steht, so zeigt der Index die Richtung des Fernrohres über dem Horizonte an. Ein solcher kleiner Kreis dient lediglich zum Richten des Fernrohres und nicht zum Messen der Declination.

Das Passageninstrument wird meist in Verbindung mit einer Pendeluhr von grosser Genauigkeit gebraucht, deren Pendelschläge deutlich hörbar sind. Einige Zeit, bevor der Stern den verticalen Faden erreicht, schaut der Beobachter nach der Uhr, um sich die Stellung der Zeiger zu merken, und zählt dann, in das Fernrohr blickend, die Secunden nach dem Schläge der Uhr weiter bis zum Moment, wo er den Stern den verticalen Faden passiren sieht.

Die Uhr giebt die Zeit unmittelbar auf Secunden genau an, durch Uebung bringt es der Beobachter leicht dahin, noch Bruchtheile einer Secunde (etwa noch Zehntel-Secunden) zu schätzen.

Um eine grössere Genauigkeit der Resultate zu erlangen, hat man das einfache Fadenkreuz, wie wir es S. 24 kennen gelernt haben, durch eine Reihe von Fäden ersetzt, welche so geordnet sind, wie man Fig. 22 sieht. Neben dem mittleren verticalen Faden sind nämlich in gleichen Abständen auf jeder Seite noch zwei oder mehr andere aufgespannt. Man beobachtet nun für jeden dieser Fäden den Zeitpunkt, in welchem der Stern ihn passirt, reducirt darauf, nachdem die gegenseitige Entfernung der Fäden durch geeignete Messungen genau festgestellt ist, jede einzelne Beobachtung auf denselben, z. B. den Mittelfaden, und nimmt aus den so gefundenen Momenten das Mittel. Der Mittelfaden wird sich in der Regel nicht genau in dem Meridian befinden, sondern eine kleine Abweichung zeigen, welche durch die sogenannten Fehler der Aufstellung bewirkt wird. Dieselben setzen sich hauptsächlich zusammen 1) aus der nicht vollkommenen Horizontalität der

Fig. 22.



Umdrehungsaxe, 2) daraus, dass die Gesichtslinie, d. h. die Verbindungslinie zwischen dem Mittelpunkt des Objectivs mit dem Punkte  $o$  des Mittelfadens, an welchem die Beobachtung des Sternes geschieht, nicht rechtwinklig gegen die Umdrehungsaxe ist, und 3) daraus, dass die Umdrehungsaxe gegen die Ost-West-Richtung einen kleinen Winkel bildet. Diese Fehler werden durch ein

geeignetes Beobachtungsverfahren, dessen Auseinandersetzung hier zu weit führen würde, ermittelt, und jede beobachtete Sternpassage auf eine fehlerfreie Aufstellung des Instrumentes reducirt.

Von grosser Wichtigkeit für Rectascensionsbestimmungen sind die galvanisch registrirenden Uhren, welche von dem Amerikaner Locke zuerst in Anwendung gebracht wurden. Wird bei jedem Schläge des Pendels einer astronomischen Uhr die galvanische Kette geschlossen, in deren Schliessungsbogen eine dem Morse'schen Telegraphen ähnliche Vorrichtung eingeschaltet ist, so wird der Stift bei jedem Secundenschläge einen Punkt auf dem mit gleichmässiger Geschwindigkeit vorwärts bewegten Papierstreifen machen. Die Geschwindigkeit, mit welcher beim Locke'schen Apparate der Papierstreifen voranging, war der Art, dass die Secundenpunkte ungefähr einen Zoll von einander abstanden; bei den neueren Apparaten ist ihre Entfernung meist geringer.

Neben dem Elektromagneten dieses Schreibapparates ist aber noch ein zweiter angebracht, dessen Windungen einer anderen Kette angehören, welche der Beobachter beliebig schliessen kann, indem er mit dem Finger eine Taste anschlägt. Durch die Schliessung dieser zweiten Kette wird nun gleichfalls ein Stift gegen den Papierstreifen gedrückt; bei wiederholtem Anschlagen entsteht so auf dem Papierstreifen neben der ersten

Reihe von Punkten, den Secundenpunkten, eine zweite, welche wir Beobachtungspunkte nennen wollen.

Um den Moment einer Sternculmination zu erhalten, schaut der Beobachter in das Fernrohr, während er den Finger über der Taste hält, die er in dem Momente niederdrückt, in welchem der Stern hinter den Faden tritt. Auf diese Weise wird der Beobachtungsmoment auf dem Papierstreifen markirt.

Steht der Beobachtungspunkt neben einem Secundenpunkte, so ist der Beobachtungsmoment genau durch eine ganze Secundenzahl gegeben. Trifft der Beobachtungspunkt nicht neben einem Secundenpunkte, sondern zwischen zwei Secunden ein, so kann man mit dem Zirkel die Entfernung auf dem Papierstreifen abmessen und danach (mittelst einer Scala) bestimmen, welcher Bruchtheil einer Secunde noch zu der nächst vorhergehenden Secunde hinzukommt. So ist es möglich, den Zeitpunkt einer Beobachtung mit grosser Schärfe zu ermitteln.

Die grosse Genauigkeit der Ablesung ist ein wesentlicher Vorzug der galvanisch registrirenden Uhr, ausserdem aber gestattet diese Methode noch in gleicher Zeit ungleich mehr Beobachtungen anzustellen, als es vorher möglich war.

Eine registrirende Uhr lässt sich ferner noch mit dem elektrischen Telegraphen in Verbindung bringen und zu mannigfaltigen Zwecken benutzen. Dieselbe Uhr kann z. B. einen Registrirapparat an der Münchener und einen an der Wiener Sternwarte haben, und wenn an beiden Orten der Durchgang derselben Sterne durch den Meridian beobachtet wird, so lässt sich daraus mit einer früher nie erreichten Sicherheit die geographische Längendifferenz ableiten.

Lamont ersetzte den Papierstreifen durch eine mit Russ geschwärzte Metalltrommel, welche durch ein Uhrwerk mit gleichförmiger Geschwindigkeit um eine horizontale Axe gedreht wird. Auf beiden Seiten der Walze ragt die stählerne Umdrehungsaxe vor und ruht auf zwei messingenen Lagern. Die eine Hälfte dieser Axe ist nun mit einem Schraubengewinde versehen, so dass beim Umdrehen der Walze auch ein gleichförmiges Fortschieben derselben in der Richtung ihrer Längensaxe stattfindet; die Secundenpunkte, welche durch einen in Folge der Schliessung der Kette an die Walze angedrückten Stift hervorgebracht werden, bilden demnach auf derselben eine Spirale.

Die Beobachtungspunkte werden durch einen dicht neben dem ersteren angebrachten Stift markirt.

Hat der Beobachter den Beobachtungsmoment in der besprochenen Weise markirt, so tritt er nun, um die Zeit dieses Momentes zu bestimmen, zur Uhr und markirt in gleicher Weise auf der Linie der Beobachtungsmarken den Moment eines zu notirenden Secundenschlages. Nehmen wir z. B. an, diese Zeitmarke sei um  $3^h 25^m 17^s$  gemacht und man finde, dass der Zwischenraum zwischen ihm und der Beobachtungs-

marke einer Zeitdauer von  $52,7^s$  entspreche, so ist der Beobachtungsmoment  $3^h 25^m 17^s - 52,7^s = 3^h 24^m 14,3^s$ .

- 13 **Das Aequatorealinstrument.** Stundenwinkel und Declination sind in Beziehung auf den Aequator ganz dasselbe, was Azimut und Höhe für den Horizont sind, es muss sich demnach auch ein Instrument construiren lassen, welches für den Aequator dasselbe leistet, wie der Theodolit für den Horizont, welches also in gleicher Weise die Messung des Stundenwinkels und der Declination möglich macht. Ein solches Instrument wird Aequatorealinstrument genannt. Man könnte jeden Theodolit in ein Aequatorealinstrument verwandeln, wenn man den Azimutalkreis in eine solche Stellung brächte, dass er dem Aequator parallel wäre; die Umdrehungsaxe des Kreises *C*, Fig. 12, würde alsdann mit der Weltaxe zusammenfallen, der Limbus *D* würde zur Ablesung der Stundenwinkel, der Kreis *A* zur Ablesung der Declination dienen. Eine solche Aufstellung des Theodolits würde aber ebenso unbequem als unsicher sein, man hat deshalb das Aequatorealinstrument in anderer Weise construirt.

Fig. 23 stellt ein Aequatorealinstrument dar, wie sie auf Sternwarten gewöhnlich an einem erhöhten Orte des Gebäudes aufgestellt werden. *A* ist die der Weltaxe parallele Umdrehungsaxe, *DD* der Aequatoreal- oder Stundenkreis, *BB* der Declinationskreis.

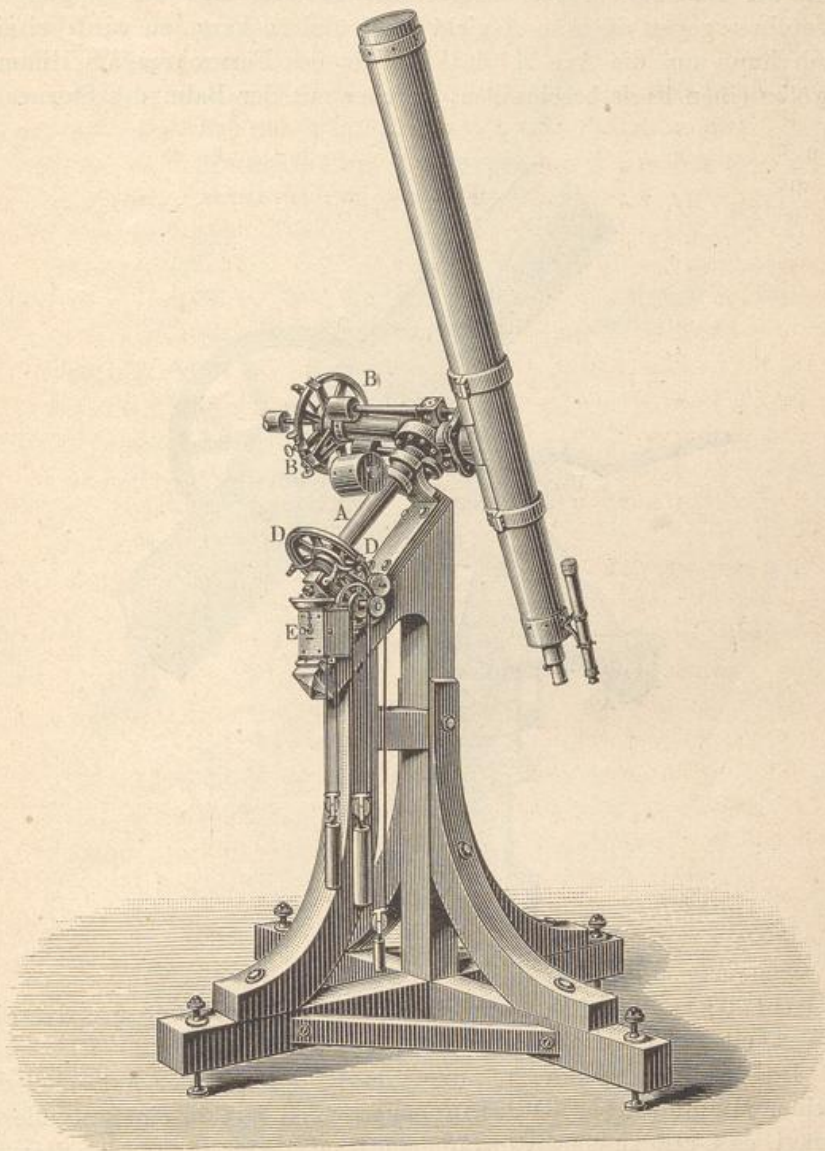
Wenn der Declinationskreis *B* vertical steht, so befindet er sich in der Ebene des Meridians und alsdann zeigt der Index des Stundenkreises auf Null. Der Index des Declinationskreises steht auf Null, wenn die Axe des Fernrohres in der Ebene des Aequators steht, wenn sie also einen rechten Winkel mit der Axe *A* macht.

Um das Instrument vor dem Einfluss der Witterung zu schützen, ist es mit einem gewöhnlich halbkugelförmigen Dache überdeckt, welches eine durch Klappen verschliessbare Oeffnung hat. Das ganze Dach ruht auf Rollen, so dass man es leicht mit Hülfe einer Kurbel um seine verticale Axe drehen und die Oeffnung nach der Seite des Himmels hinbringen kann, welche man gerade beobachten will.

Die am Aequatorealinstrument gemachten Messungen sind nicht der Genauigkeit fähig, wie die im Meridian am Passageninstrument und Meridiankreis gemachten, weil die in der Art der Aufstellung begründete Stabilität des Instrumentes nothwendig eine geringere sein muss, als bei den vorher beschriebenen Instrumenten. In der Regel werden daher mit dem Aequatoreal nur Vergleichen der Positionen nahe bei einander stehender Sterne ausgeführt, auf welche die Wirkung der Instrumentalfehler sehr nahe die gleiche ist. So werden z. B. Planeten oder Kometen, die nicht immer im Meridian beobachtet werden können, weil häufig zu der Zeit ihrer Culmination das Tageslicht störend ist, mit benachbarten Fixsternen verglichen, deren Position aus guten Sternverzeichnissen entnommen, oder zu gelegener Zeit am Meridiankreise er-

mittelt wird. Solcher Vergleichen kann man natürlich mit dem Aequatoreal in kürzerer Zeit eine grössere Anzahl machen, während mit dem Meridiankreise nur eine Beobachtung während der Culmination an- gestellt werden kann.

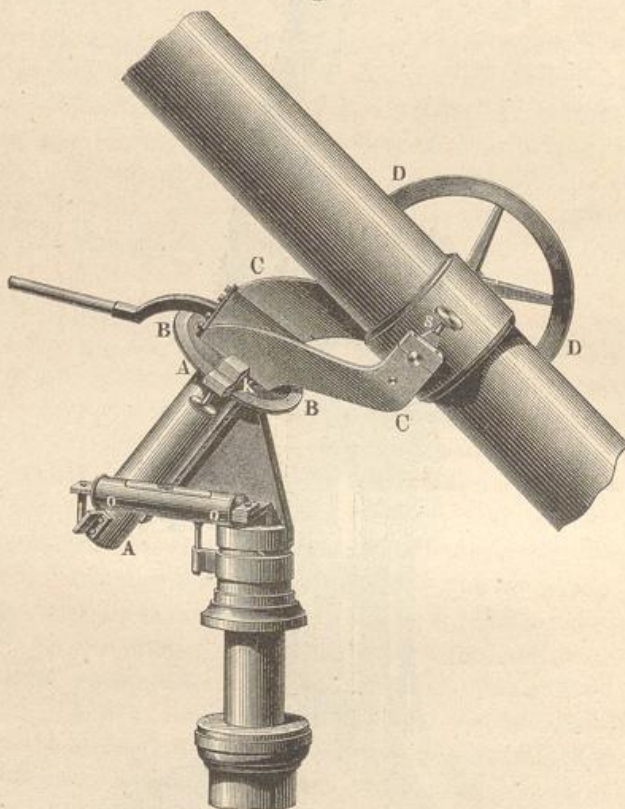
Fig. 23.



Das Aequatorealinstrument leistet dem Astronomen noch andere sehr wesentliche Dienste. Bei einem Fernrohre erscheint auch die Geschwindigkeit vergrössert, mit welcher die Gestirne in Folge ihrer täglichen Bewegung fortschreiten, und in kurzer Zeit ist sein Gesichtsfeld durchlaufen; man muss also bei gewöhnlichen Fernrohren fortwährend

ihre Richtung verändern, und zwar in verticalem und horizontalem Sinne, um den Stern nicht aus dem Gesichtsfelde zu verlieren. Bei dem Aequatorialinstrument ist es nun ungleich leichter, dem Gestirne zu folgen. Ist einmal das Fernrohr des Instrumentes auf einen Stern gerichtet und dann der Declinationskreis festgestellt, so dass sich die Neigung des Fernrohres gegen die Axe *A* nicht mehr ändern kann, so wird bei einer Umdrehung um die Axe *A* die Visirlinie des Fernrohres am Himmelsgewölbe einen Kreis beschreiben, welcher mit der Bahn des Sternes zu-

Fig. 24.



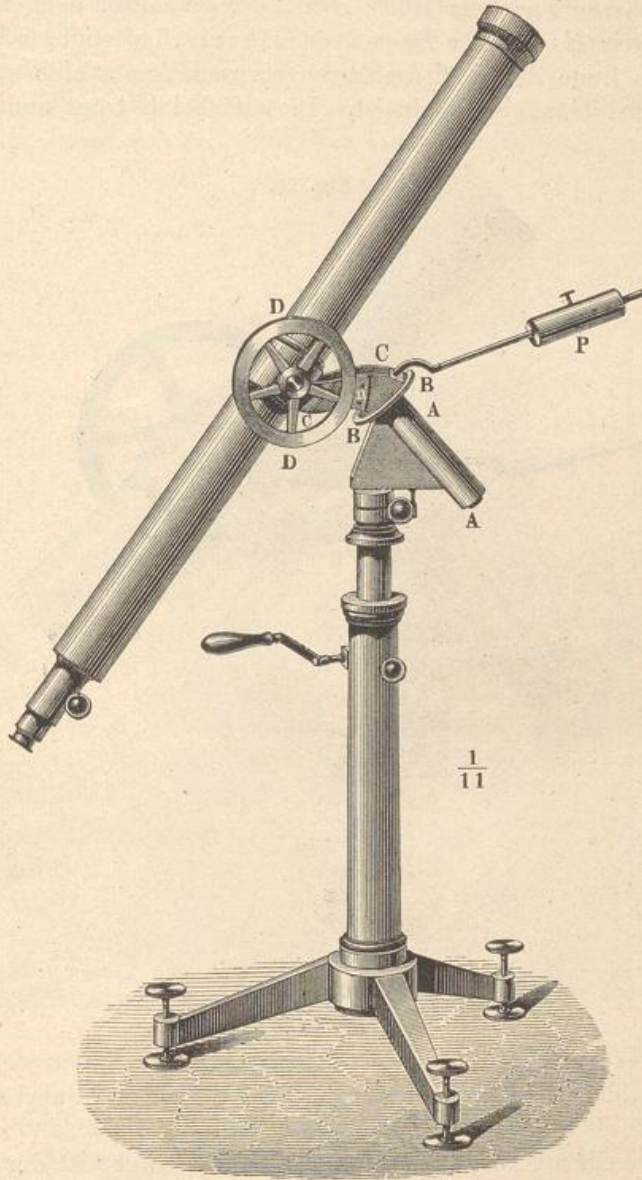
sammenfällt; es bedarf also nur einer langsamen Drehung um die eine Axe *A*, um das Gestirn im Gesichtsfelde zu behalten.

Die fragliche Drehung um die Axe *A* muss von der Art sein, dass in einer Minute (Sternzeit) der Drehungswinkel  $\frac{1}{4}^{\circ}$ , in einer Stunde  $15^{\circ}$  beträgt, dass also zu einer vollständigen Umdrehung 24 Stunden Sternzeit nöthig sind. Um eine gleichförmige Umdrehung um die Axe *A* hervorzubringen, hat man bei grösseren Aequatorialinstrumenten die Axe *A* mit einem Uhrwerke *E* in Verbindung gebracht, so dass das Fernrohr der Bewegung des Gestirnes folgt, welches man beobachten will.

Nach diesem Princip sind denn auch die grossen mit dem Namen der Refractoren bezeichneten Fernrohre aufgestellt, welche dazu dienen,

Beobachtungen über die Beschaffenheit einzelner Gestirne, z. B. des Mondes, des Saturn u. s. w., anzustellen, ausserdem aber auch mit geeigneten Mikrometerapparaten versehen sind, um die Positionen sehr

Fig. 25.



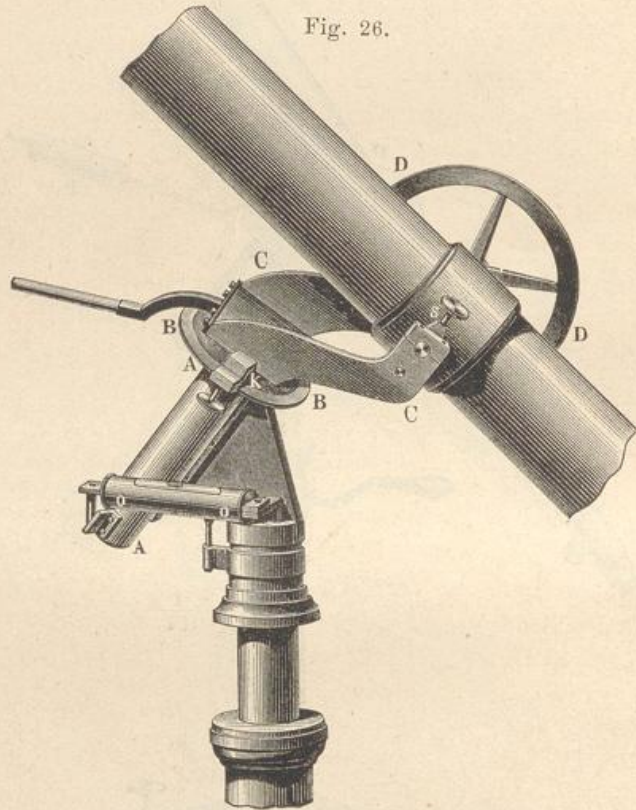
$\frac{1}{11}$

lichtschwacher Objecte mit benachbarten Fixsternen zu messen. Bei solchen Instrumenten wird dann auch die Drehung der Hauptaxe durch ein Uhrwerk bewerkstelligt.

Fig. 25 ist die Totalansicht eines transportablen Aequatorreal-instrumentes, von welchem Fig. 24 den mittleren Theil in grösse-

rem Maassstabe darstellt. Die Hauptaxe des Instrumentes, welches bei richtiger Einstellung desselben mit der Weltaxe parallel sein muss, wird durch einen eisernen Zapfen gebildet, welcher in der messingene Hülse *A* drehbar ist. Wir wollen diese Axe als die Axe *x* bezeichnen. Auf dem oberen Ende der Hülse *A* ist der getheilte, dem Erdäquator parallele Kreis *B*, also der Aequatorealkreis, befestigt, während auf dem oberen Ende der in *A* drehbaren eisernen Axe *x* eine starke messingene Gabel *C* aufgeschraubt ist. Diese Gabel *C* trägt nun das Fern-

Fig. 26.



rohr, welches zunächst um eine rechtwinklig zur Axe *x* stehende Axe drehbar ist, deren Zapfenlager sich im oberen Theil der Gabel *C* befinden und die wir als die Axe *y* bezeichnen wollen.

An derselben Axe *y*, welche das Fernrohr trägt, ist der Declinationskreis *D* befestigt, welcher sich mit dem Fernrohr dreht.

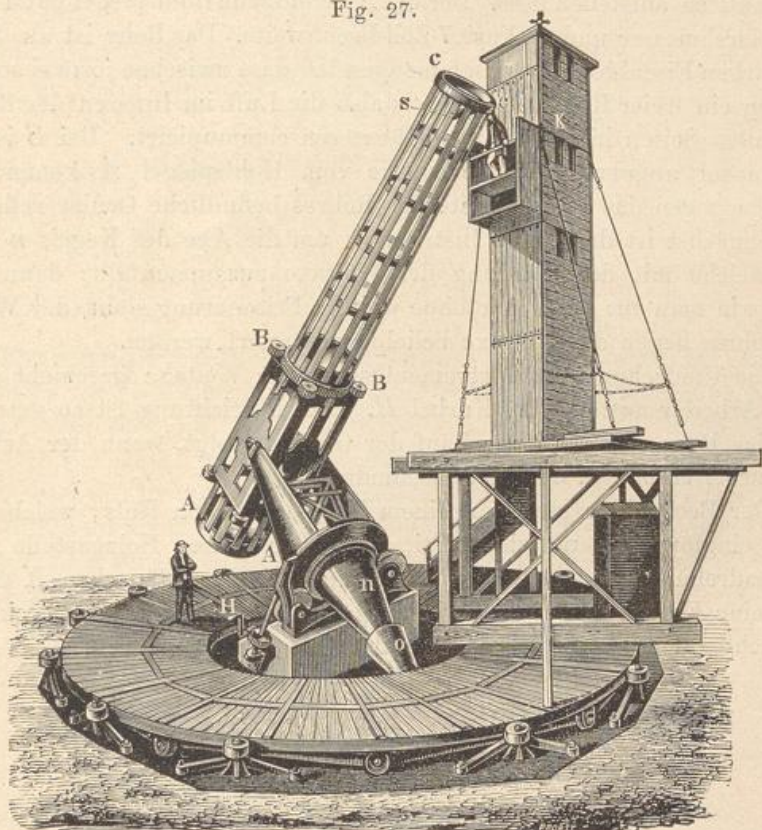
Der zum Declinationskreise gehörige Nonius *n* (Fig. 25) ist an der Gabel *C* befestigt. Er zeigt auf den Nullpunkt des Declinationskreises, wenn das Fernrohr rechtwinklig zur Weltaxe (also rechtwinklig zur Axe *x*) steht. In diesem Falle ist das Fernrohr gerade auf einen Punkt des Himmelsäquators gerichtet.

Aus dieser Lage hat man das Fernrohr sammt dem Declinationskreise um  $t$  Grade mehr in die Höhe oder nach unten zu drehen, wenn man auf einen Stern einstellen will, dessen nördliche oder südliche Declination  $t$  Grade beträgt.

Um das Fernrohr für eine bestimmte Declination  $t$  festzustellen, hat man nur die Klemmschraube  $s$ , Fig. 26, anzuziehen. Es wird dadurch eine fernere Drehung um die Axe  $y$  verhindert.

Der zum Aequatorealkreise  $B$  gehörige Nonius ist an der Gabel  $C$  befestigt und dreht sich mit dieser um die Axe  $x$ ; er zeigt auf den Null-

Fig. 27.



punkt des Aequatorealkreises, wenn die Fernrohraxe gerade im Meridian steht.

In Fig. 24, in welcher dieser Nonius sichtbar sein sollte, ist derselbe des kleinen Maassstabes wegen weggelassen. In Fig. 26 ist er durch die Gabel  $C$  verdeckt. Er steht der Klemmvorrichtung  $k$  diametral gegenüber, durch welche die Gabel  $C$  an den Kreis  $B$  festgeklemmt, also eine weitere Umdrehung um die Axe  $x$  verhindert werden kann.

$P$  ist ein Gewicht, welches zur Aequilibrirung des Fernrohres, und  $o$  ist eine Wasserwaage, welche zur richtigen Aufstellung des Instrumentes dient.

Ein solches Instrument führt gewöhnlich nur dann den Namen eines Aequatorealinstrumentes, wenn seine Kreise ziemlich gross und zu Messungen geeignet sind. Sind sie aber kleiner, so dass sie nur zur Einstellung des Fernrohres dienen, so wird das Instrument ein parallaktisch aufgestelltes Fernrohr oder ein Fernrohr mit parallaktischem Stativ genannt (siehe S. 10).

Auch bei Spiegelteleskopen wird die parallaktische Aufstellung in Anwendung gebracht. Fig. 27 (a. v. S.) stellt ein grosses Newton'sches Spiegelteleskop dar, welches Lassell in Sandfield-Park bei Liverpool parallaktisch aufstellen liess. Der bei *A* befindliche Hohlspiegel hat 4 engl. Fuss Durchmesser und 36 Fuss 7 Zoll Brennweite. Das Rohr ist aus Streifen starken Eisenblechs so zusammengesetzt, dass zwischen je zwei solchen Streifen ein freier Raum bleibt, dass also die Luft im Inneren des Rohres nach allen Seiten hin frei mit der äusseren communicirt. Bei *S* ist der Planspiegel angebracht, welcher die vom Hohlspiegel *A* kommenden Strahlen gegen das an der Seite des Rohres befindliche Ocular reflectirt.

Zunächst ist das ganze Instrument um die Axe des Kegels *n* drehbar, welche mit der Richtung der Weltaxe zusammenfällt; dann aber kann, wie man aus der Figur ohne weitere Erläuterung sieht, der Winkel des Rohres gegen die Weltaxe beliebig verändert werden.

Die Umdrehung des Instrumentes um die Weltaxe geschieht durch einen Arbeiter mittelst der Kurbel *H*. Die Einrichtung ist so getroffen, dass das Rohr dem täglichen Lauf der Gestirne folgt, wenn der Arbeiter die Kurbel einmal in der Secunde umdreht.

Der Beobachter steht auf einem Thürmchen von Holz, welches auf einem ringförmigen, um eine verticale Axe drehbaren Holzgestelle steht; die Umdrehung derselben wird durch einen in dem Häuschen *K* sitzenden, eine Kurbel drehenden Arbeiter besorgt, und hat zum Zweck, den Beobachter dem continuirlich bewegten Rohre nachzuführen.