nation kann man aber die Uhrzeit der Culmination eines Gestirnes auch ermitteln, ohne daß der Meridian bestimmt ist.

Beobachtet man, daß ein Stern, auf der Ostseite des Himmels aufsteigend, die Höhe $h$ in dem Augenblicke erreicht, in welchem die Uhr die Zeit $T$ zeigt, daß er, auf der Westseite des Himmels niedergehend, dieselbe Höhe $h$ wieder zur Uhrzeit $T'$ passirt, so ist offenbar die Uhrzeit seiner Culmination das Mittel zwischen den beiden beobachteten Zeiten, also $\frac{T + T'}{2}$.

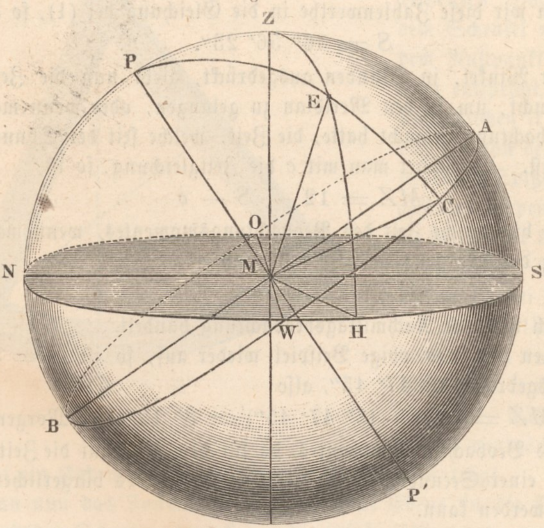
Hätte z. B. ein Stern die Höhe von 32° 17′ im Aufsteigen um $6^h$ 18′ 42″ Uhrzeit, im Niedergehen aber zur Uhrzeit $10^h$ 33′ 20″ passirt, so wäre die Uhrzeit der Culmination dieses Sternes $8^h$ 26′ 1″.

Wenn man diese Beobachtungsmethode anwenden will, um die Uhrzeit einer Sonnenculmination zu ermitteln, so muß man die Veränderung der Declination der Sonne, welche zwischen den beiden Beobachtungen stattfindet, in Rechnung bringen.

**Zeitbestimmung durch einfache Sonnenhöhen.** Da ein jedes 31
Gestirn in Folge seiner täglichen Bewegung seine Höhe stets ändert, und da es eine gewisse Höhe immer zu einer bestimmten Zeit passirt, so muß auch eine einzige Höhenmessung hinreichen, um eine Zeitbestimmung zu machen.

Zunächst kommt es darauf an, aus der beobachteten Höhe eines Gestirnes seinen Stundenwinkel $S$, d. h. den Winkel zu berechnen, welchen der Declinationskreis $PC$, Fig. 49, des Gestirnes $E$ mit dem Meridian $PZA$ macht.

Fig. 49.




Außer der beobachteten Höhe $HE$ muß zur Lösung dieser Aufgabe noch die Declination $CE$ des Gestirnes und die Aequatorhöhe $SA$ des Beobachtungsortes bekannt sein.

Der gesuchte Stundenwinkel $CA$, den wir mit $S$ bezeichnen wollen, ist der Winkel, den die Ebenen $PCM$ und $PAM$ mit einander machen. Dieser Winkel ist aber offenbar auch ein Winkel des sphärischen Dreiecks $PZE$ und zwar derjenige, welchen die Seiten $PZ$ und $PE$ dieses Dreiecks mit einander machen. In diesem Dreieck sind aber alle drei Seiten bekannt; es ist nämlich

$PZ = SA$, gleich der Aequatorhöhe des Beobachtungsortes, die wir mit $a$ bezeichnen wollen;

$PE = p$, die Poldistanz des beobachteten Gestirnes $E$, sie ist offenbar $= 90^0 - CE$, gleich $90^0$ weniger der bekannten Declination des Gestirnes;

$ZE = z$, die Zenithdistanz des Gestirnes, welche $90^0 - HE$, d. h. $90^0$ weniger der beobachteten Höhe ist.

Daraus ergiebt sich nun (Sphärische Trigonometrie, S. 12, Gleichung 12):

$$(sin.\ {}^1\!/_2\ S)^2 = \frac{sin.\ {}^1\!/_2\ (z + a - p)\ sin.\ {}^1\!/_2\ (z + p - a)}{sin.\ a\ .\ sin.\ p} \quad . \quad . \quad (1)$$

Nehmen wir z. B. an, man habe zu Freiburg am 15. Juni Vormittags die Sonnenhöhe $39^0$ beobachtet, so haben wir

$$z = 90 - 39 = 51^0$$

$$p = 90 - (23^0\ 18'\ 41'') = 66^0\ 41'\ 19'',$$

da am 15. Juni die Declination der Sonne $23^0\ 18'\ 41''$ ist, und

$$a = 42^0.$$

Setzen wir diese Zahlenwerthe in die Gleichung bei (1), so ergiebt sich

$$S = 56^0\ 56'\ 23''.$$

Dieser Winkel, in Stunden ausgedrückt, giebt nun die Zeit, welche die Sonne braucht, um in den Meridian zu gelangen, oder wenn man eine Nachmittagsbeobachtung gemacht hatte, die Zeit, welche seit der Sonnenculmination verstrichen ist. Bezeichnet man mit $c$ die Zeitgleichung, so ist

$$MZ = 12 - S - c$$

die mittlere bürgerliche Zeit des Beobachtungsmomentes, wenn man die Höhenbestimmung des Morgens gemacht hat, und

$$MZ = S + c,$$

wenn es sich um eine Nachmittagsbeobachtung handelt.

Nehmen wir das obige Beispiel wieder auf, so ist $S = 56^0\ 56'\ 23''$, in Zeit ausgedrückt, $3^h\ 47'\ 45''$, also

$$MZ = 12^h - (3^h\ 47'\ 45'') = 8^h\ 12'\ 15'' \text{ Morgens}$$

die Zeit des Beobachtungsmomentes, da für den 15. Juni die Zeitgleichung nur Bruchtheile einer Secunde beträgt, also für Zwecke des bürgerlichen Lebens vernachlässigt werden kann.

Gehen wir zu einem anderen Beispiele über. Am 4. März 1855 fand man zu Freiburg die Höhe der Sonne in dem Augenblicke, in welchem die Uhr Nachmittags $1^h\ 58'\ 36''$ zeigte, die Höhe des Sonnenmittelpunktes gleich $30^0$; wir haben also

$$z = 90^0 - 30^0 = 60^0,$$

$$p = 90^0 + (6^0\ 32'\ 55'') = 96^0\ 32'\ 55'',$$

da am genannten Tage die Declination der Sonne — ($6^0\ 32'\ 55''$) beträgt, und

$$a = 42^0.$$

Aus diesen Daten ergiebt sich

$$S = 28^0\ 26' = 1^h\ 52'.$$

Da nun für den fraglichen Tag $c = 12'\ 2''$, so ist die mittlere Zeit des Beobachtungsmomentes

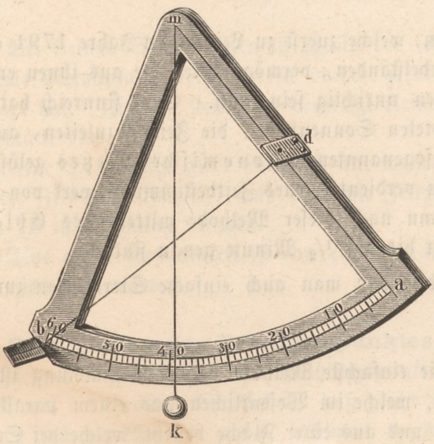
$$MZ = 2^h\ 4'\ 2''.$$

Da aber die Uhr $1^h\ 58'\ 36''$ zeigte, so ergiebt sich, daß diese Uhr um $5'\ 26''$ nachging.

Um Sonnenhöhen so genau zu messen, als es zur Bestimmung der Zeit für das bürgerliche Leben erforderlich ist, genügen einfachere Instrumente als die, welche wir früher kennen lernten; gewöhnlich wendet man in diesem Falle den Sextanten an.

Fig. 50 zeigt einen Sextanten der einfachsten Art. Er besteht im Wesentlichen aus einem getheilten Sechstelskreis (daher der Name), welcher mit zwei Radien ein Dreieck bildet. $m$ ist der Mittelpunkt des getheilten Bogens. An dem Schenkel $ma$, welcher dem Nullpunkte der Theilung entspricht, ist ein Messingblättchen $d$ so befestigt, daß ein von der gegenüberstehenden Spitze $b$ auf $ma$ gefälltes Perpendikel gerade die Mittellinie dieses Blättchens trifft. Parallel mit diesem ist bei $b$ ein zweites Messingblättchen angebracht. In der Mitte des Blättchens $b$ ist eine Linie eingeritzt, während $d$ ein kleines rundes Loch enthält.

Fig. 50.




Von $m$ hängt ein Faden herab, welcher eine Bleikugel $k$ trägt.

Hält man nun das Instrument so, daß seine Ebene in die Verticalebene der Sonne und der Schatten von $d$ gerade auf $b$ fällt (was man daran erkennt, daß die Sonnenstrahlen, welche durch die kleine Oeffnung in $d$ fallen, einen hellen Fleck auf der Mittellinie von $b$ bilden), so kann man auf dem getheilten Kreise die Höhe der Sonne ablesen. Es ist nämlich $bd$ die Richtung der Sonnenstrahlen. Der Winkel aber, welchen $bd$ mit der Horizontalen macht, ist gleich dem Winkel *amk*, da *am* auf *bd* und *mk* auf der Horizontalen rechtwinklig steht; der Bogen von *a* bis zum Bleiloth mißt also die Sonnenhöhe.

Da es schwierig ist, den Sextanten in freier Hand sicher genug zu halten, so wird er in der Regel mit einem passenden Stativ versehen, welches eine feste Aufstellung erlaubt.

Solche Sextanten von 6 bis 8 Zoll Radius sind in der Regel von Holz mit aufgeklebter Papierscala.

Eine sehr zweckmäßige Einrichtung hat neuerdings Eble dem Sextanten gegeben. Bei einem Halbmesser von 13 Zoll ist der Bogen unmittelbar in $1/_{12}$ Grade eingetheilt.

Die gemessenen Sonnenhöhen bedürfen noch, bevor man sie in die Rechnung einführen kann, einer Correction wegen der atmosphärischen Strahlenbrechung, welche wir erst im zweiten Buche werden kennen lernen. Die Theilung des Eble'schen Sextanten ist so eingerichtet, daß man unmittelbar die corrigirte Höhe ablesen kann.

Aus den beobachteten Sonnenhöhen den Stundenwinkel zu berechnen, ist immerhin eine etwas langwierige und für Manchen auch schwierige Arbeit. Deshalb hat bereits gegen Ende des vorigen Jahrhunderts Fr. Chr. Müller Tafeln berechnet, in welchen man für Orte vom 47. bis 54. Breitengrade für die von Grad zu Grad fortschreitenden Sonnenhöhen die entsprechende Zeit aufschlagen kann.

Müller's Sonnentafeln, welche zuerst zu Leipzig im Jahre 1791 erschienen, leiden an mehrfachen Uebelständen, vermöge deren die aus ihnen entnommene Zeit bis auf 10 Minuten unrichtig sein kann. Sehr sinnreich hat Eble die Aufgabe, aus den beobachteten Sonnenhöhen die Zeit abzuleiten, auf graphischem Wege mittelst eines sogenannten astronomischen Netzes gelöst, welches sehr empfohlen zu werden verdient (Neues Zeitbestimmungswerk von Eble, Ellwangen 1853). Man kann nach dieser Methode mittelst des Eble'schen Sextanten und Netzes die Zeit bis auf $1/_2$ Minute genau finden.

Es versteht sich von selbst, daß man auch einfache Sternhöhen zur Zeitbestimmung anwenden kann.

32 **Die Sonnenuhr.** Die einfachste Methode der Zeitbestimmung ist wohl die mittelst der Sonnenuhr, welche im Wesentlichen aus einem parallel mit der Weltaxe befestigten Stabe und aus einer Fläche besteht, welche bei Sonnenschein den Schatten jenes Stabes auffängt. Der Stab bildet die Axe, um welche sich die Schattenebene mit derselben Geschwindigkeit umdreht, mit welcher die Sonne am Himmel fortschreitet, d. h. sie dreht sich in jeder Stunde um 15 Grad. Zu gleichen Tageszeiten, d. h. gleich viel Stunden vor oder gleich viel Stunden nach der Culmination der Sonne, wird also die Schattenebene stets dieselbe Lage haben, und aus der Lage der Schattenebene, also auch aus der Lage des Stabschattens auf einer gegen den Stab unveränderlich festen Ebene kann man auf die Zeit schließen.