Die Auswahl, ob *Erg. log sin* oder *cos* zu nehmen ist, dann die Entscheidung über den Quadranten nach Maassgabe der Vorzeichen von Zähler und Nenner, wird genau ebenso wie bei den elementaren Formeln der Polygonometrie getroffen (vgl. J. Handb. d. Verm. I S. 281).

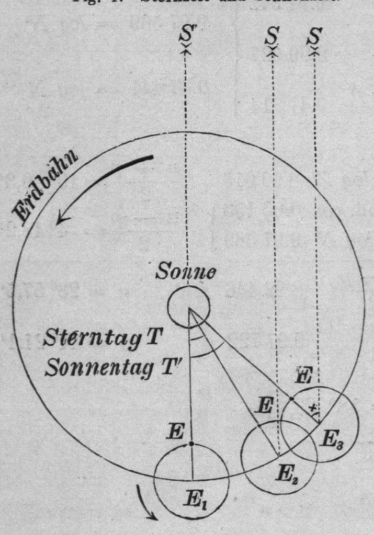
Nach diesen Formeln (1) (2) (3) ist die Tabelle der Azimute und Höhen für die Breiten 45^0 50^0 55^0 auf S. [15] des Anhangs berechnet worden, unter Annahme runder Werthe von δ und t. Auf die praktische Bedeutung dieser Resultate werden wir später zurückkommen.

§ 5. Sonnenzeit, Zeitgleichung.

Nach § 3. S. 8 kann der Stundenwinkel t eines beliebigen Himmelspunktes als Zeitmaass dienen, denn nach der Grundgleichung $T = t + \alpha$ sind T und t nur um ein constantes Stück α verschieden; vorausgesetzt ist aber hiebei, dass der fragliche Punkt S am Himmel fest, oder seine Rectascension α constant sei.

Aus diesem Grunde eignet sich die Sonne, welche eine eigene Bewegung am Himmel hat, nicht unmittelbar zur Zeitbestimmung, aus zwei Gründen: erstens ist ihre Rectascension α veränderlich, und zweitens ist diese Veränderung nicht gleichförmig, und zwar rührt diese Ungleichförmigkeit hauptsächlich davon her, dass die Bahn der Erde um die Sonne nicht ein Kreis, sondern eine Ellipse ist, und dass die Erdachse nicht rechtwinklig, sondern schief auf der Erdbahn steht. Man nimmt nun aber wegen der durch die Sonnenbewegung geregelten Tageszeiten diese Bewegung dennoch als Zeitmaass, indem man die Veränderung in Rechnung bringt.

Fig. 1. Sternzeit und Sonnenzeit.



Man versteht zunächst unter Sonnenzeit den Stundenwinkel der Sonne, und unter Sonnentag die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Culminationen der Sonne. Da aber aus den angegebenen Gründen die verschiedenen Sonnentage nicht gleich sind, also ein Sonnentag schlechtweg, ohne Datum, gar kein bestimmtes Zeitmaass ist, so hat man das Mittel aller Sonnentage eines Jahres als mittleren Sonnentag in die Zeitrechnung eingeführt, und dieser mittlere Sonnentag hat ein sehr einfaches Verhältniss zu dem Sterntag, welcher als erstes Zeitmaass in § 3. S. 7 erwähnt worden ist.

Um dieses Verhältniss zwischen mittlerem Sonnentag und Sterntag zu finden, betrachten wir in Fig. 1. die Bewegung der Erde um die Sonne unter der Voraussetzung kreisförmiger Erdbahn, und rechtwinkliger Stellung der Erdachse auf der Erdbahn.

E_1 E_2 E_3 sind drei aufeinanderfolgende Lagen des Erdmittelpunktes auf seiner Bahn, wobei E jedesmal denselben Punkt der Erdoberfläche, also $E_1 E$, $E_2 E$, $E_3 E$ jedesmal denselben Meridian vorstellt.

Zwischen E_1 und E_2 sei ein Sterntag T verflossen, d. h. die Erde hat sich einmal vollständig um ihre Achse gedreht, so dass ein unendlich ferner Stern S, welcher in $E_1 E$ culminirt hat, auch in $E_2 E$ wieder culminirt. Nehmen wir nun an, in E_1 habe der Stern S gleichzeitig mit der Sonne culminirt, so wird dieses in E_2 nicht wieder der Fall sein, weil die Sonne nicht ebenfalls unendlich entfernt ist; vielmehr muss die Erde von E_2 noch eine Strecke nach E_3 laufen, bis auch die Sonne zur Culmination kommt, und der Sonnentag T' ist in demselben Verhältniss grösser als der Sterntag T, als die von E_1 bis E_3 abgelaufene Erdrotation eine volle Umdrehung überschreitet.

Also jedenfalls ist der Sonnentag T' grösser als der Sterntag T, und die Differenz sei:

$$T' - T = x \tag{1}$$

Das (siderische) Jahr J habe n Sterntage und n' Sonnentage, d. h.

$$J = nT = n'T' \tag{2}$$

Da sowohl die Drehung der Erde um ihre Achse als auch die Bewegung um die Sonne gleichförmig angenommen sind, besteht die Proportion

$$\frac{x}{T'} = \frac{T'}{J} \tag{3}$$

Diese 3 Gleichungen (1) (2) (3) sagen alles aus, was wir über die fraglichen Zeitverhältnisse wissen, und man berechnet nun aus (1) und (3)

$$T' - T = \frac{T\,T'}{J}$$

Dann wegen (2):

$$T' - T = \frac{T'}{n} = \frac{T}{n'} \tag{4}$$

Um aus diesen in (4) enthaltenen 2 Gleichungen T und T' zu eliminiren, bildet man:

$$T'\left(1 - \frac{1}{n}\right) = T \text{ und } T\left(1 + \frac{1}{n'}\right) = T'$$

woraus durch Multiplication sich ergiebt:

$$n = n' + 1 \tag{5}$$

d. h. die Anzahl n der Sterntage eines Jahres ist um 1 grösser als die Anzahl n' der mittleren Sonnentage.

Die Zahlenwerthe sind (nach den Tafeln des Nautical Almanac):

$$n' = 365{,}2422 \qquad n = 366{,}2422$$

$$T' - T = \frac{T}{n'} = \frac{24 \times 60 \times 60}{365{,}2422} = 236{,}5554^s = 3^m\ 56{,}5554^s$$

Sternzeit

$$T' - T = \frac{T'}{n} = \frac{24 \times 60 \times 60}{366{,}2422} = 235{,}9094^s = 3^m\ 55{,}9094^s$$
mittlere Sonnenzeit.

Zur gegenseitigen Verwandlung von mittlerer Sonnenzeit und Sternzeit dienen unsere Hülfstafeln auf Seite [4] des Anhangs, wobei die Verwandlung in Form von Zuschlag oder Abzug ausgeführt wird. Hienach hat man z. B.

$7^h\ 19^m\ 0^s$ Sonnenzeit $= 7^h\ 19^m\ 0^s + 1^m\ 12{,}0^s + 0{,}2^s = 7^h\ 20^m\ 12{,}2^s$ Sternzeit

und umgekehrt

$7^h\ 20^m\ 12{,}2^s$ Sternzeit $= 7^h\ 20^m\ 12{,}2^s - 1^m\ 11{,}8^s - 0{,}3^s = 7^h\ 19^m\ 0{,}1^s$ Sonnenzeit.

Der Widerspruch $0{,}1^s$ in der Rückverwandlung rührt von Abrundungen her. Unsere Tafel Seite [4] soll in den Fällen gebraucht werden, in welchen 1^s die letzte Beobachtungseinheit ist und $0{,}1^s$ nur als letzte Rechnungsdecimale dient. Für genauere Zwecke hat man zahlreiche Tafeln, z. B. jeder Jahrgang des Nautical Almanac (vgl. § 6.) gibt etwa auf Seite 470—480 eine Reductionstafel für Sonnenzeit und Sternzeit auf $0{,}0001^s$ genau, ähnlich das Nautische Jahrbuch z. B. 1885 S. 202—203 auf $0{,}01^s$ genau und das Berliner astr. Jahrbuch für 1885 S. 366—367 in anderer Anordnung.

Bürgerliche und astronomische Zeitzählung.

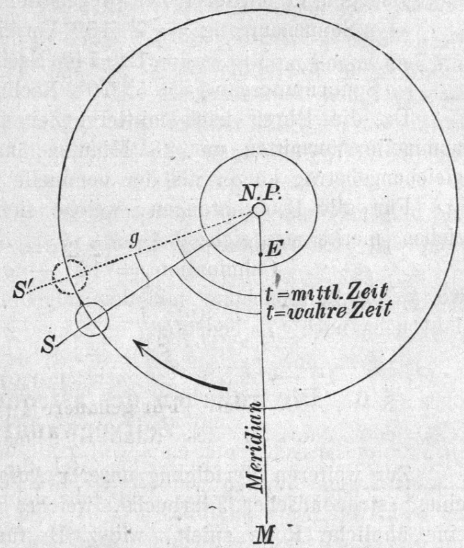
Der bürgerliche Tag beginnt um Mitternacht und endigt in der folgenden Mitternacht. Die Zeit wird zweimal von 0^h bis 12^h gezählt. Die Zeit von Mitternacht bis Mittag heisst Vormittag (V), die Zeit von Mittag bis Mitternacht heisst Nachmittag (N). Der astronomische Tag beginnt um Mittag und endigt im folgenden Mittag. Die Zeit wird einmal von 0^h bis 24^h gezählt. Das Datum des astronomischen Tages entspricht dem Nachmittag des auf ihn fallenden bürgerlichen Tages. Z. B. ist 1885 März 1. $4^h\ 27^m\ 16^s$ N. bürgerliche Zeit $=$ 1885 März 1. $4^h\ 27^m\ 16^s$ astronomische Zeit; dagegen 1885 März 1. $7^h\ 16^m\ 38^s$ V. bürgerliche Zeit $=$ 1885 Februar 28. $19^h\ 16^m\ 38^s$ astronomische Zeit.

Im Folgenden ist nach Umständen die eine oder andere Zeitzählung gewählt.

Die Originalbeobachtungen schreiben wir immer in bürgerlicher Zeit, zumal auch die astronomischen Uhren keine Bezifferung über 12^h hinaus haben.

Zeitgleichung. Die soeben behandelte mittlere Sonnenzeit ist ein willkürlich eingeführtes, fingirtes, aber gleichförmiges Zeitmaass; es entspricht der gleichförmigen, von der gesammten Himmelsbewegung verschiedenen Bewegung einer fingirten Sonne S' im Himmelsäquator (Fig. 2.), welche jedoch von der wahren Sonne S im Sinne des Stundenwinkels sich nicht weit entfernt. Indem wir nun von der Betrachtung der Bewegung der Erde um die Sonne, welche in Fig. 1. behandelt wurde, wieder zu der scheinbaren Bewegung der Sonne um die Erde zurückkehren, haben wir in Fig. 2.:

Fig. 2. Zeitgleichung g.



t' = mittlere Sonnenzeit = Stundenwinkel der fingirten Sonne.

t = wahre Sonnenzeit = Stundenwinkel der wahren Sonne.

Die Differenz $t' - t$ heisst die Zeitgleichung g, welche algebraisch aufgefasst, bald positiv, bald negativ ist, und in Bezug auf das Vorzeichen (nach dem Berliner astr. Jahrbuch) so angenommen wird:

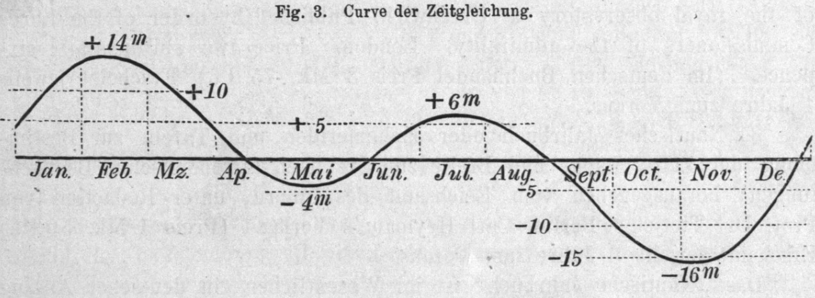
$$\text{Zeitgleichung} = \text{Mittlere Zeit} - \text{Wahre Zeit}$$

$$g = t' - t \tag{6}$$

$$\text{oder } t' = t + g \tag{7}$$

Hiernach erscheint die Zeitgleichung als Correction der wahren Zeit, um daraus die mittlere Zeit abzuleiten. Die extremen Werthe der Zeitgleichung sind $+ 14^m$ im Februar und $- 16^m$ im October. Den weiteren Verlauf zeigt die in Fig. 3. gegebene Zeitgleichungs-Curve, welche auf 1 Minute genau für die folgenden Jahre constant bleibt (vergl. S. [14]).

Fig. 3. Curve der Zeitgleichung.



Die in den Winter fallenden grossen Beträge $- 16^m$ und $+ 14^m$ der Zeitgleichung machen sich in der bürgerlichen Zeitrechnung wohl bemerklich, z. B. am 15. Februar ist in Berlin die halbe Tageslänge $= 4^h\,56^m$, es ist also:

Sonnenaufgang $= 7^h\ 4^m$ Vormittags Wahre Zeit,
Mittag $= 12^h\ 0^m$ Wahre Zeit,
Sonnenuntergang $= 4^h\ 56^m$ Nachmittags Wahre Zeit.

Dagegen in mittlerer Zeit wegen der Zeitgleichung $+ 14^m$:

Sonnenaufgang $= 7^h\ 18^m$ Vormittags Mittlere Zeit,
Mittag $= 12^h\ 14^m$ Nachmittags Mittlere Zeit,
Sonnenuntergang $= 5^h\ 10^m$ Nachmittags Mittlere Zeit.

Da die Uhren nach mittlerer Zeit gehen, ist am 15. Februar der nominelle Vormittag um 28 Minuten, nämlich um den doppelten Zeitgleichungsbetrag kürzer als der nominelle Nachmittag.

Für alle Beobachtungen, welche sich auf die Sonnenculmination beziehen, merke man sich:

$$\text{Culmination} = 12^h + g, \text{ mittlere Zeit,} \tag{8}$$

wo g die Zeitgleichung mit dem algebraischen Vorzeichen des Berliner Jahrbuchs nach (7) bedeutet.

§ 6. **Die Angaben des astronomischen Jahrbuchs. Zeitverwandlung.**

Zur weiteren Verfolgung unserer Aufgaben bedürfen wir der Angaben eines astronomischen Jahrbuchs, welches für den praktischen Astronomen eine ähnliche Rolle spielt, wie z. B. für den praktischen Trigonometer eine logarithmisch-trigonometrische Tafel, indem deren Zahlenangaben schlechthin als gegeben betrachtet werden, ohne dass der Praktiker im Stande wäre, sie sich selbst zu verschaffen.

Die für uns wichtigsten, zum Theil schon auf S. 2 und S. 16 erwähnten, Werke dieser Art sind:

1) Berliner Astronomisches Jahrbuch, herausgegeben von der königlichen Sternwarte zu Berlin, unter Redaction von W. Förster und F. Tietjen. Berlin, Ferd. Dümmler's Verlagsbuchhandlung, Harrwitz und Gossmann (Preis 12 Mark). Erscheint jeweils 2—3 Jahre zum Voraus.

2) The Nautical Almanac and astronomical ephemeris for the meridian of the royal observatory at Greenwich. Published by order of the Lords Commissioners of the admirality. London. Price two shillings and sixpence. (Im deutschen Buchhandel Preis 3 Mk. 75 Pf.) Erscheint jeweils 4 Jahre zum Voraus.

3) Nautisches Jahrbuch oder Ephemeriden und Tafeln zur Bestimmung der Zeit, Länge und Breite zur See nach astronomischen Beobachtungen, herausgegeben vom Reichsamt des Innern, unter Redaction von Prof. Dr. Tietjen. Berlin, Carl Heymann's Verlag. (Preis 1 Mk. 50 Pf.) Erscheint jeweils 3 Jahre zum Voraus.

Das „Nautische Jahrbuch" ist im Wesentlichen ein deutscher Auszug aus dem englischen „Nautical Almanac".

Wir nennen noch die „Connaissance des temps" und die „American Ephemeris", welche jedoch für uns weniger Interesse haben.

Jeder, der sich praktisch mit astronomischen Messungen und Berech-