Schraube um 1 Strich einer Gangänderung der Uhr um 1 Secunde pro 1 Tag entspricht.

In der angegebenen Weise wurde durch verschiedene Versuche der Gang der fraglichen Uhr allmälig auf etwa 1^s pro Tag gebracht und so gelassen.

Wenn die Gangregulirung praktisch so einfach wäre, als die mathematische Betrachtung andeutet, so würde es ein Leichtes sein, einer Pendeluhr in wenigen Wochen auf $0{,}1^s$ genau den Gang $0{,}0^s$ zu verschaffen, allein es treten hiebei manche Störungen ein, deren Ursachen man nicht kennt. Nach jeder Neuregulirung dauert es eine gewisse Zeit bis sich überhaupt wieder ein gleichförmiger Gang einstellt, der innerhalb der letzten Secunde zum Theil dem Zufall anheim gegeben ist. Hat man daher einmal den Gang einer Uhr innerhalb 1^s pro Tag gebracht, so thut man am besten daran, Nichts mehr daran zu ändern, sondern den einmal vorhandenen Gang nur noch rechnerisch zu verfolgen.

Bei Taschenuhren ist es noch schwieriger, den Gang genau zu reguliren. Unser Taschenchronometer (von Kutter in Stuttgart) hat einen Regulator mit Zeigerspielraum von 5 mm. Eine versuchsweise vorgenommene Aenderung um 1 mm gab eine Gangänderung um 40^s, worauf durch mehrfaches Probiren mit schwachem Drücken innerhalb 0,1 mm der Gang allmälig wieder auf etwa 1^s pro Tag gebracht wurde.

Zahlreiche praktische Resultate über Chronometer-Genauigkeit findet man in den verschiedenen Jahrgängen der „Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie, herausgegeben von der Kaiserlichen Admiralität“. Berlin, Mittler und Sohn.

§ 13. Zeitbestimmung aus einer einzelnen Sonnen- oder Sternhöhe.

Indem wir das astronomische Dreieck Fig. 1. oder Fig. 3. von § 4. (S. 10 und 11) wieder vornehmen, haben wir auch von dort die zur Bestimmung von t aus φ h und δ dienende Gleichung (1) § 4. S. 11:

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t \tag{1}$$

oder nach $\cos t$ aufgelöst:

$$\cos t = \frac{\sin h - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta} \tag{2}$$

Die Anwendung soll sofort an einem Beispiel gezeigt werden. Als Instrument zum Messen der Sonnenhöhe diente der ältere Meyerstein'sche Theodolit mit gebrochenem Fernrohr Fig. 4. § 10. S. 41.

Da der Sonnenmittelpunkt nicht unmittelbar beobachtet werden kann, wird zuerst der Oberrand der Sonne anvisirt, und bei gut einspielender Längslibelle der Moment der Berührung des Sonnenrandes mit dem Horizontalfaden an der Taschenuhr notirt, worauf die Ablesung an beiden Nonien des Höhenkreises erfolgt. Dann wird das Fernrohr durchgeschlagen und die ganze Operation mit dem Unterrand der Sonne wiederholt.

Da man annehmen kann, dass in der kurzen Zeit von wenigen Minuten, welche diese Messung dauert, die Höhenänderung der Sonne der Zeit proportional ist, erhält man auf diese Weise in dem arithmetischen Mittel beider Zeit- und Höhenmessungen die Höhe des Sonnenmittelpunkts für einen bestimmten Zeitpunkt, ohne den Sonnendurchmesser selbst, und den Indexfehler des Höhenkreises, zu kennen, denn beide werden eliminirt. Es ist auch nicht einmal nöthig, sich genau Rechenschaft zu geben, ob man jeweils den Oberrand oder den Unterrand der Sonne benützt, wenn nur wenigstens in Lage II der andere Rand genommen wird als in Lage I.

Unser Theodolit Fig. 4. § 10. S. 41 gibt die in den Figuren 1. und 2. veranschaulichten Verhältnisse, wobei der unmittelbare Anblick im Fernrohr dargestellt ist.

Fig. 1. Sonnenhöhenmessung. Fernrohrlage I.

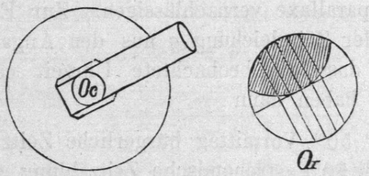
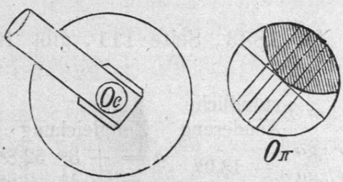


Fig. 2. Sonnenhöhenmessung. Fernrohrlage II.



Die Messung ist folgende:

Hannover, Technische Hochschule 4. Juli 1883 Vormittags.
(3. Juli 1883 astr. Zählung.)

Taschen-Chronometer		Nonius links	Nonius rechts	
$7^h\ 48^m\ 40^s$ Vorm.	O_I	$235^0\ 38'\ 40''$	$55^0\ 40'\ 0''$ $(+\ 360^0)$	
$7^h\ 50^m\ 27^s$ Vorm.	U_{II}	$124^0\ 6'\ 20''$	$304^0\ 6'\ 30''$	
	I — II	$111^0\ 32'\ 20''$	$111^0\ 33'\ 30''$	
$7^h\ 49^m\ 33{,}5^s$		Mittel $111^0\ 32'\ 55''$		(3)

Zenitdistanz $z = 55^0\ 46'\ 28''$

Höhe $H = 90^0 - z = 34^0\ 13'\ 32''$ (4)

Das heisst also: In dem Moment, als die Uhr $7^h\ 49^m\ 33{,}5^s$ zeigte, war der scheinbare Höhenwinkel des Sonnen-Mittelpunktes $= 34^0\ 13'\ 32''$.

Gelegentlich wurde auch die Lufttemperatur $= 28^0$ C. und der Barometerstand 754 mm abgelesen, womit man nach den Tafeln im Anhang S. [7] bis [11] die Refraction berechnet:

$$
\begin{array}{rr}
\text{S. [7] gibt für } H = 34^0\ 13' & r_m = \ \ 1'\ 25'' \\
\text{S. [9] gibt für } H = 35^0 \text{ und } t = 28^0 & \textit{Correct.} = -\ \ \ 5'' \\
\text{S. [11] gibt für } H = 30^0 \text{ oder } 40^0 \text{ und } B = 754 & \textit{Correct.} = \ \ \ \ 0'' \\
\hline
\text{also wahre Refraction} & r = \ \ 1'\ 20''
\end{array}
$$

Man hat also jetzt nach (4):

$$
\begin{array}{rr}
\text{Scheinbare Höhe } H = & 34^0\ 13'\ 32'' \\
\text{Refraction } r = & 1'\ 20'' \\
\hline
\text{Wahre Höhe } H - r = h = & 34^0\ 12'\ 12'' \\
\text{Hiezu nach Seite [7] unten, für } h = 34^0 \text{ noch die Höhenparallaxe } p = & 9'' \\
\hline
\text{Auf den Erdmittelpunkt reducirt: Resultat } h = & 34^0\ 12'\ 21''
\end{array} \qquad (5)
$$

Wenn die Messung etwa überhaupt nicht auf 10'' genau, sondern etwa nur auf 30'' oder 1' genau ist, was wohl manchmal der Fall ist, so kann man natürlich die kleinen Correctionen für Lufttemperatur und Barometerstand, und auch die Höhenparallaxe vernachlässigen. Zur Ermittelung der Sonnendeclination δ und der Zeitgleichung g aus den Angaben des Jahrbuchs setzen wir voraus, dass die beobachtete Uhrzeit nahezu mittlere Hannoveraner Zeit sei, und haben dann

$$
\begin{array}{l}
\quad 1883,\ 4.\ \text{Juli}\ 7^h\ 50^m \text{ Vormittag bürgerliche Zeitzählung} \\
= 1883,\ 3.\ \text{Juli}\ 19^h\ 50^m \text{ astronomische Zeitzählung.}
\end{array}
$$

Hannover liegt $0^h\ 39^m$ östlich von Greenwich, die soeben genannte Hannoveraner Zeit entspricht also $19^h\ 50^m - 39^m = 19^h\ 11^m$ oder $= 19{,}18^h$ mittlerer Greenwicher Zeit.

Der Nautical Almanac für 1883, Seite 111, gibt für den mittleren Greenwicher Mittag:

Tag	Declination	stündliche Aenderung	Zeitgleichung	stündliche Aenderung
3. Juli	$\delta = +\ 22^0\ 58'\ 58''$	$-\ 13{,}0''$	$g = +\ 3^m\ 52{,}8^s$	$+\ 0{,}45^s$
4. Juli	$\delta = +\ 22^0\ 53'\ 58''$		$g = +\ 4^m\ 3{,}8^s$	

Die stündlichen Aenderungen (var. in 1 hour) sind von S. 110 des Nautical Almanac für den 4. Juli herübergesetzt, und das Vorzeichen $+$ der Zeitgleichung ist nach der Annahme des Berliner Jahrbuchs, dem Wortlaut des Nautical Almanac entsprechend, so angesetzt, dass die Zeitgleichung als Correction der wahren Zeit erscheint.

Nun rechnet man für den Zeitpunkt $19{,}18^h$ um $4{,}82^h$ rückwärts vom 4. Juli die Proportionaltheile:

$$4{,}82 \times 13{,}0 = 63'' = 1'\ 3'' \quad \text{und} \quad 4{,}82 \times 0{,}45 = 2{,}2^s$$

welche zu den Angaben für den 4. Juli mit richtigem Zeichen hinzugefügt geben:

$$\delta = +\ 22^0\ 55''\ 1' \qquad\qquad g = +\ 4^m\ 1{,}6^s \qquad (6)$$

Man braucht jetzt die geographische Breite des Beobachtungsortes

(Hannover, Technische Hochschule), welche aus anderweitigen Messungen als bekannt vorausgesetzt wird, nämlich

$$\varphi = 52^0\ 22'\ 50'' \tag{7}$$

Nun hat man die Werthe h φ δ aus (4) (5) (6) in die Formel (2) einzusetzen wie folgt:

$$\cos t = \frac{\sin h - \sin\varphi \sin\delta}{\cos\varphi \cos\delta}$$

$$\begin{array}{lr|l r|l}
\varphi = 52^0\ 22'\ 50'' & \log\sin\varphi & 9.898770 & \log\cos\varphi & 9.785624 \\
\delta = 22^0\ 55'\ \ 1'' & \log\sin\delta & 9.590392 & \log\cos\delta & 9.964293 \\
\hline
h = 34^0\ 12'\ 21'' & \log\sin\varphi\sin\delta & 9.489162 & \log\cos\varphi\cos\delta & 9.749917
\end{array} \tag{8}$$

$$\begin{array}{rl}
\log\sin h = 9.749866 & \sin h = 0{,}562167 \\
 & \sin\varphi\sin\delta = 0{,}308434 \\
\hline
 & \sin h - \sin\varphi\sin\delta = 0{,}253733
\end{array}
\qquad
\begin{array}{r|l}
Erg.\ \log\cos\varphi\cos\delta & 0.250083 \\
\log(\sin h - \sin\varphi\sin\delta) & 9.404377 \\
\hline
\log\cos t & 9.654460
\end{array} \tag{9}$$

$$t = 63^0\ 10'\ 24'' \tag{10}$$

Nach der Hülfstafel S. [2] erhält man die Verwandlung von t in Zeit:

$$\begin{array}{rl}
63^0 = & 4^h\ 12^m \\
10' = & \quad 0^m\ 40^s \\
24'' = & \qquad\ \ 1{,}6^s \\
\hline
t = & 4^h\ 12^m\ 41{,}6^s
\end{array} \tag{11}$$

Dieses ist jedoch vom wahren Mittag rückwärts gezählt

$$\begin{array}{rl}
\text{und gibt}\ t = & 7^h\ 47^m\ 18{,}4^s\ \text{Vormittag} \\
\text{hiezu nach (6)}\ g = & +\ \ 4^m\ \ 1{,}6^s \\
\hline
\text{Mittlere Zeit} = & 7^h\ 51^m\ 20{,}0^s \\
\text{Die Uhr zeigte (3)} & 7^h\ 49^m\ 33{,}5^s \\
\hline
\text{Also Correction der Uhr} & +\ \ 1^m\ 46{,}5^s
\end{array}$$

(12) … (13)

Die Berechnung von $\sin\varphi\sin\delta$ und $\log\cos\varphi\cos\delta$ ist in (8) deswegen vorangesetzt, weil man, im Falle mehrerer rasch nach einander gemessener Höhen, die Declination δ für die Mittelzeit als constant annehmen kann, und dann jene Berechnung (8) für 2, 3 oder mehr Höhen h gemeinsam benützen kann, wobei die Geschwindigkeit der Aenderung von δ (im März und September nahezu 1″ in 1 Zeitminute, im Juni und December fast verschwindend), sowie die überhaupt erstrebte Genauigkeit mit in Betracht kommt. Hat man eine Tafel der *sinus* selbst, so braucht man nicht, wie bei (9), zuerst $\log\sin h$ und daraus $\sin h$ aufzuschlagen.

Wenn es sich um Vormittagszeit handelt, so wird man bequemer, als bei (10) und (11) geschehen ist, $\log\cos t$ in der Spalte für $\log\sin$ aufsuchen und dort $t = 26^0\ 49'\ 36''$ entnehmen, welches mit der Tafel von S. [2] des Anhangs den Zeitwerth $1^h\ 47^m\ 18{,}4^s$ gibt und mit Zufügung von 6^h denselben Werth $7^h\ 47^m\ 18{,}4^s$ wie bei (12). Diese Abkürzung wurde in unserem vorstehenden Beispiel nur deswegen nicht vorgenommen, damit die äussere Uebereinstimmung mit der Formel nicht gestört wird.

Umformung der Grundgleichung (2)

$$1 - \cos t = \frac{\cos\varphi \cos\delta - \sin h + \sin\varphi \sin t}{\cos\varphi \cos\delta}$$

$$2 \sin^2 \frac{t}{2} = \frac{\cos(\varphi - \delta) - \sin h}{\cos\varphi \cos\delta}$$

Wir setzen $$\varphi - \delta = 90^0 - H \tag{14}$$

wo H die Bedeutung der Mittagshöhe für die Declination δ und die Breite φ hat (vgl. § 19.) damit wird:

$$2 \sin^2 \frac{t}{2} = \frac{\sin H - \sin h}{\cos\varphi \cos\delta} = 2 \frac{\sin \frac{H-h}{2} \cos \frac{H+h}{2}}{\cos\varphi \cos\delta}$$

$$\sin \frac{t}{2} = \sqrt{\frac{\sin \frac{H-h}{2} \cos \frac{H+h}{2}}{\cos\varphi \cos\delta}} \tag{15}$$

Diese Formel auf das Beispiel (6)—(10) angewendet, gibt:

$$\begin{aligned}
\varphi &= 52^0\ 22'\ 50''\\
\delta &= 22^0\ 55'\ \ 1''\\
\hline
\varphi - \delta &= 29^0\ 27'\ 49''\\
H &= 60^0\ 32'\ 11''\\
h &= 34^0\ 12'\ 21''\\
\hline
H + h &= 94^0\ 44'\ 32''\\
H - h &= 26^0\ 19'\ 50''\\
\frac{H+h}{2} &= 47^0\ 22'\ 16''\\
\frac{H-h}{2} &= 13^0\ \ 9'\ 55''
\end{aligned}$$

$\log \sin \frac{H-h}{2}$	9.357 479
$\log \cos \frac{H+h}{2}$	9.830 747
Erg. $\log \cos \varphi$	0.215 376
Erg. $\log \cos \delta$	0.035 703
$\log \sin^2 \frac{t}{2}$	9.439 305
$\log \sin \frac{t}{2}$	9.719 152

$$\frac{t}{2} = 31^0\ 35'\ 11''$$
$$t = 63^0\ 10'\ 22''$$

hinreichend übereinstimmend mit (10).

Man findet häufig auch andere Umformungen der Grundgleichung (2) angegeben, welche die Formel mehr für logarithmische Rechnung geeignet machen sollen. Ob man unmittelbar nach (2), oder nach (15) oder nach anderen Umformungen rechnen will, scheint mehr oder weniger Sache des Gutdünkens. Wir rechnen meist nach der Grundgleichung (2) selbst.

Wer den wiederholten Uebergang von den Logarithmen zu den Zahlen scheut, kann statt desselben die Additions- und Subtractions-Logarithmen anwenden.

Benützung einer Sternhöhe.

Wenn man statt einer Sonnenhöhe eine Sternhöhe gemessen hat, so geschieht zwar die Berechnung des Stundenwinkels t nach derselben Gleichung

(2) wie bei einer Sonnenhöhe, aber der Uebergang von dem Stundenwinkel zur mittleren Ortszeit gestaltet sich anders, nämlich durch Vermittlung der Rectascension des Sterns und der Sternzeit, nach der Grundgleichung (1) § 3. S. 7, wie folgendes Beispiel zeigt:

Am 26. December 1873 Abends, auf einem Lagerplatz Nekeb in der libyschen Wüste, maass ich die Höhe des Fixsterns Aldebaran, (welcher an diesem Abend zu einer Mond-Distanzmessung benutzt worden war) mit dem Theodolit Fig. 1. § 10. S. 38. Durch Verbindung der Ablesungen in zwei Fernrohrlagen mit dem arithmetischen Mittel der notirten Uhrzeiten ergab sich:

$$\text{Chronometer } 6^h\ 5^m\ 51{,}5^s, \quad \text{Sternhöhe} = 46^0\ 44'\ 1''$$
$$\text{Lufttemperatur} = 10^0\ \text{C.}, \quad \text{Barometerstand} = 740\ \text{mm}$$

hiernach wird die Refraction nach den Tafeln S. [7] [9] und [11] des Anhangs:

$$54'' - 0'' - 1'' = 53'', \text{ also wahre Höhe} = 46^0\ 44'\ 1'' - 53''$$
$$h = 46^0\ 43'\ 8''$$

Die Breite des Lagerplatzes war zuvor durch Polarsternhöhen bestimmt worden $\varphi = 27^0\ 15'\ 24''$, und die Länge war aus dem Itinerar vorläufig, für diesen Zweck hinreichend, $= 1^h\ 56^m$ östlich von Greenwich bekannt.

Der Nautical Almanac für 1873 gibt auf S. 347 die Position des Aldebaran (*α Tauri*) für den 26. December:

$$\text{Rectascension } \alpha = 4^h\ 28^m\ 41{,}9^s, \quad \text{Declination } \delta = +\ 16^0\ 15'\ 20''$$

und auf S. 223 die Sternzeit im mittleren Greenwicher Mittag für den 26. December $T = 18^h\ 20^m\ 12{,}7^s$.

Wenn man diese Werthe $h = 46^0\ 43'\ 8''$, $\varphi = 27^0\ 15'\ 24''$, $\delta = +\ 16^0\ 15'\ 20''$ in die Gleichung (2) S. 56 für $cos\ t$ einsetzt, so liefert die Ausrechnung zunächst $t = 45^0\ 20'\ 48'' = 3^h\ 1^m\ 23{,}2^s$. Da aber der Stern im Osten stand, so ist dieses der von der Culmination rückwärts gezählte Stundenwinkel, und der in gewöhnlicher Weise positiv gezählte Stundenwinkel ist daher $= 24^h - 3^h\ 1^m\ 23{,}2^s = 20^h\ 58^m\ 36{,}8^s$. Nun hat man nach der Grundgleichung (1) S. 7

$$\begin{array}{rl} \text{Stundenwinkel des Sterns } t = & 20^h\ 58^m\ 36{,}8^s \\ \text{Rectascension des Sterns (s. o.) } \alpha = & \underline{\ \ 4^h\ 28^m\ 41{,}9^s} \\ \text{Orts-Sternzeit } t + \alpha = S = & 25^h\ 27^m\ 18{,}7^s \end{array}$$

Es folgt die Verwandlung in mittlere Ortszeit nach S. 22, und hiezu reduciren wir die aus dem Nautical Almanac genommene Sternzeit im mittleren Greenwicher Mittag auf den Meridian des Beobachtungspunktes, dessen Länge $\lambda = 1^h\ 56^m$ östlich von Greenwich ist, dieses gibt nämlich nach der Tafel I auf S. [4] des Anhangs und S. 21 unten:

$$(\varDelta\,\lambda) = -\ (0^m\ 18{,}7^s + 0{,}3^s) = -\ 19{,}0^s$$
$$\text{also } T + (\varDelta\,\lambda) = 18^h\ 20^m\ 12{,}7^s - 19{,}0^s = 18^h\ 19^m\ 53{,}7^s$$

Man hat also Ortssternzeit (s. o.)	$S =$	$25^h\ 27^m\ 18{,}7^s$
	$T + (\varDelta\lambda) = T' =$	$18^h\ 19^m\ 53{,}7^s$
	$S - T' =$	$7^h\ 7^m\ 25{,}0^s$
Zur Verwandlung in Sonnenzeit (Tafel II. S. [4])		$-\ 1^m\ 10{,}0^s$
Mittlere Ortszeit	$=$	$7^h\ 6^m\ 15{,}0^s$
Das Chronometer zeigte		$6^h\ 5^m\ 51{,}5^s$
Also Correction des Chronometers	$+$	$1^h\ 0^m\ 23{,}5^s$

Dieses Beispiel zeigt zugleich das gegenseitige Ineinandergreifen der Ortszeitbestimmung und der Breitenmessung. Zur Polarisbreiten-Bestimmung, welche hier als vorhergehend erwähnt worden ist, war nämlich ebenfalls schon die Kenntniss der Ortszeit erforderlich, doch genügte hiezu eine erste Näherung, wie sie das Itinerar liefert. Sollte diese erste Annahme von dem Schlussresultat erheblich abweichen, so hat man immer das Hülfsmittel, mit der verbesserten Ortszeit die Breite nochmals zu berechnen, und mit der so verbesserten Breite auch die Ortszeit neu zu bestimmen, oder besser, beide Bestimmungen in eine Ausgleichung zusammenzufassen. (§ 21.)

Verschiedene Anordnungen der Beobachtung.

Bei den beiden, im Vorstehenden mitgetheilten Beispielen wurde der Indexfehler des Höhenkreises sofort eliminirt durch Durchschlagen des Fernrohrs und Combination des so erhaltenen Höhenwinkels mit dem Mittel der Uhrablesungen; ja bei der Sonne wurde auch noch der Sonnenhalbmesser auf diese Weise eliminirt, indem bei beiden Fernrohrlagen der obere und untere, bezw. der untere und obere Sonnenrand genommen wurde.

Für vereinzelte Messungen ist dieses entschieden die beste Methode, denn die hiebei zu machende Annahme der Proportionalität zwischen der Zeitänderung und der Höhenänderung ist in der kurzen zum Durchschlagen und Neueinstellen erforderlichen Zeit von 1 — 2 Minuten mit der unter solchen Umständen nöthigen Genauigkeit immer zulässig.

Wenn man nun diese ganze Messung zwei- bis dreimal wiederholen will, so wird man auf die Anordnung geführt:

$$\textit{Lage}\quad \underbrace{I \qquad II,}_{\frac{I+II}{2}} \qquad \underbrace{II \qquad I,}_{\frac{II+I}{2}} \qquad \underbrace{I \qquad II,}_{\frac{I+II}{2}}$$

so dass man zu drei vollen Messungen 3mal durchschlagen muss.

Dieses wiederholte Durchschlagen ist aber nicht nur zeitraubend, sondern auch wegen der damit verbundenen Erschütterungen des Instrumentes der Genauigkeit schädlich. Für längere Reihen wird es sich deshalb empfehlen, den Indexfehler durch Beobachtung eines terrestrischen Zielpunktes wegzuschaffen, oder auf etwa 30″ genau zu bestimmen, und in Rechnung zu bringen, ebenso auch den Sonnenhalbmesser an den Messungen anzubringen, dennoch aber die Messungen so anzuordnen, dass der Indexfehlerrest im Resultat wieder eliminirt wird, also z. B.

Lage I Unterrand	I_1	I_2	I_3	I_4				
Lage II Oberrand					II_5	II_6	II_7	II_8

Diese 8 Messungen werden einzeln behandelt, oder vielleicht auch zu je zweien in Mittel zusammengezogen, und geben in ihrem Gesammtmittel ein vom Indexfehler befreites Resultat, denn der kleine Indexfehler-Rest wird auf die erste Hälfte der Beobachtungen denselben Einfluss ausüben wie auf die zweite Hälfte.

Für den Sonnenhalbmesser ist am Fusse der Refractionstafel S. [7] des Anhangs ein kleines Täfelchen mitgetheilt, nebst Angabe der Höhenparallaxe.

Durch wiederholte Bestimmung der Stand-Correction einer Uhr, etwa von Woche zu Woche, gelangt man zur Kenntniss des Ganges, den man am besten graphisch darstellt, wie bereits in § 12. S. 53 behandelt worden ist.

Anmerkungen.

Für wiederholten Gebrauch an demselben Orte kann man sich ein Schema zu der vorstehenden Berechnung (8)—(9) S. 59 oder (15) S. 60 autographiren, welches sofort $log\ sin\ \varphi$ und $log\ cos\ \varphi$ und die Vorbereitung der Interpolationsrechnung für δ und g enthält.

Bremiker hat in seinen „logarithmisch-trigonometrischen Tafeln mit 5 Decimalstellen Berlin 1872“ im Anhang eine besondere Hülfstafel zur Zeitberechnung nach der Formel (2) mitgetheilt, welche die Functionswerthe

$$log \frac{1}{cos\ \varphi\ cos\ \delta} = log\ m \text{ und } log\ — tang\ \varphi\ tang\ \delta) = log\ n$$

für die Breite von Berlin $\varphi = 52{,}505^0$ geben. Hiebei ist jedoch eine eigenthümliche Winkeltheilung, nämlich Sexagesimalgrade mit centesimaler Unterabtheilung (z. B. $52^0\ 30'\ 17'' = 52{,}505^0$) benützt. Die Abhängigkeit der Werthe $log\ m$ und $log\ n$ von der Zeit ist für alle Jahre von 1872 bis 1922 durch Hülfstafeln dargestellt, so dass eine besondere Ephemeride erspart wird.

Man hat auch anderwärts für Seegebrauch immerwährende Ephemeriden für Sonnendeclination und Zeitgleichung entworfen, z. B. nautische, astronomische und logarithmische Tafeln von Domke, Berlin 1874 S. 88—89.

Bei dem geringen Preis der genaueren, jedes Jahr neu herausgegebenen Ephemeriden, welche man für andere Zwecke ohnehin braucht (s. o. § 6. S. 18) ist das Bedürfniss einer abgekürzten immerwährenden Sonnen-Ephemeride nicht dringlich, weshalb wir auch die Beigabe einer solchen in unserem Anhange unterlassen haben.

Was die Genauigkeit der in Rede stehenden Zeitbestimmungsmethode betrifft, so soll eingehende Erörterung hierüber später in § 15. angestellt werden, im Allgemeinen sei jetzt schon bemerkt, dass bei Vermeidung der Annäherung an den Mittag man mit einem gewöhnlichen Theodolit, der die Höhenwinkel auf $10''$—$20''$ genau gibt, bei einigen Wiederholungen wohl Genauigkeit von 1^s erreichen kann.

Für bürgerliche Zwecke, Regulirung von Thurmuhren auf dem Lande, und für ersten Unterricht, sind auch ganz rohe Messungen mit messingenen oder hölzernen Sextanten ohne Fernrohr, zu empfehlen, z. B. wird ein hölzerner Sextant von Reallehrer M. Eble im Verlag von Brandegger in Ellwangen (Württemberg) geliefert, der nicht durch Visiren, sondern durch Auffangen eines Sonnenbildes in bequemster Weise gehandhabt wird und an einem Lothfaden die Höhe mit Ablesung von 5′ gibt.

Umstehende Fig. 3. (aus der Zeitschrift für Instrumentenkunde 1885 S. 58 (über künstliche Horizonte, von Gelcich), entlehnt), zeigt die Anordnung dieses einfachen Werkzeuges, das wir aus eigener Erfahrung dem Liebhaber der Astronomie gut empfehlen. Der Sektor wird über einem Wassergefäss festgeklemmt, in