Einfluss eines Breitenfehlers auf die Zeitbestimmung.

Um diesen Einfluss zu bestimmen, hat man die Grundgleichung (1) nach t und nach φ zu differentiiren. Diese Gleichung, nach t aufgelöst, ist

$$\cos t = \frac{\sin h}{\cos \delta} \; \frac{1}{\cos \varphi} - \operatorname{tang} \delta \operatorname{tang} \varphi$$

woraus: $$-\sin t \; dt = \left(\frac{\sin h}{\cos d} \; \frac{\sin \varphi}{\cos^2 \varphi} - \frac{\operatorname{tang} \delta}{\cos^2 \varphi} \right) d\varphi \tag{19}$$

nach (14) und nach Fig. (3.) ist

$$\cos \delta \; \sin t = \sin a \; \cos h$$
$$\sin \delta = \sin \varphi \; \sin h - \cos \varphi \; \cos h \; \cos a$$

also

$$-\sin a \; \cos h \; d t = \sin h \; \frac{\sin \varphi}{\cos^2 \varphi} - \frac{\sin \varphi \; \sin h - \cos \varphi \; \cos h \; \cos a}{\cos^2 \varphi}$$

$$= + \frac{\cos h}{\cos \varphi} \; \cos a$$

$$d t = - \frac{\operatorname{cotg} a}{\cos \varphi} \; d \varphi$$

$$\varDelta t^{(s)} = - \frac{1}{15} \; \frac{\operatorname{cotg} a}{\cos \varphi} \; \varDelta \varphi^{('')} \tag{20}$$

hieraus folgt als Hauptresultat, dass im ersten Vertical mit $a = 90^0$, $\varDelta t = 0$ wird, d. h. im ersten Vertical ist die Ortszeitbestimmung nahezu unabhängig von der Kenntniss der Breite.

Dieses Resultat ist namentlich auf Reisen und insbesondere für den Seemann wichtig.

Wir betrachten in dieser Hinsicht nochmals das Beispiel von S. 61. Der Stern Aldebaran befand sich im Azimut etwa $a = 82^0$, von Süden nach Osten (die Kenntniss dieses Azimuts war auch für die Monddistanzreduction nöthig) und mit $\varphi = 27^0$ hat man nun aus (20):

$$\varDelta t^{(s)} = 0{,}01 \; \varDelta \varphi^{('')}$$

Schätzt man $\varDelta \varphi^{('')}$ sogar zu $\pm 30''$, so erzeugt dieses einen Zeitfehler von nur $0{,}3^s$, weil der Stern nahe im Osten stand. Wäre ein Stern im Azimut 45^0 benützt worden, so würde man in diesem Fall einen Zeitfehler von $2{,}2^s$ erhalten haben.

§ 16. Zeitbestimmung aus correspondirenden Sonnenhöhen.

Jeder Fixstern beschreibt am Himmel täglich einen zum Meridian symmetrischen Bogen. Wenn man daher einen solchen Stern in zwei Lagen gleich hoch links und rechts vom Meridian beobachtet, so entspricht das arithmetische Mittel der beiden hiebei notirten Uhrzeiten dem Durchgang des Sterns durch den Meridian, und zwar unabhängig von dem Gange der Uhr, weil die Verzögerung oder Voreilung dieses Ganges sich im Mittel aufhebt.

Auf die Sonne kann man diese Methode, die Zeit der Culmination zu bestimmen, nicht unmittelbar anwenden, weil die Sonne ihren Ort am Himmel selbst ändert, und zwar sowohl in Rectascension als auch in Declination. Die Rectascensionsänderung (als gleichförmig angenommen), eliminirt sich ebenso wie der Gang der Uhr von selbst und der Einfluss der Declinationsänderung wird durch folgende Betrachtung gefunden:

Für eine Höhe h, Declination δ und Breite φ hat man den Stundenwinkel t nach (2) § 13. (S. 56), gegeben durch die Gleichung:

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

Die Ableitung nach t und nach δ gibt:

$$-\sin t\, dt = \frac{\sin h}{\cos \varphi} \frac{\sin \delta}{\cos^2 \delta}\, d\delta - \operatorname{tang} \varphi \frac{1}{\cos^2 \delta}\, d\delta \tag{2}$$

Es ist aber nach (1):

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$$
$$\sin h \sin \delta = \sin \varphi \sin^2 \delta + \cos \varphi \cos \delta \sin \delta \cos t.$$

Dieses in (2) eingesetzt gibt:

$-\sin\varphi(1-\sin^2\delta)$

$$-\sin t\, dt = \frac{d\delta}{\cos \varphi \cos^2 \delta} (\sin \varphi \sin^2 \delta + \cos \varphi \cos \delta \sin \delta \cos t - \sin \varphi)$$

$$-\sin t\, dt = \frac{d\delta}{\cos \varphi \cos^2 \delta} (-\sin \varphi \cos^2 \delta + \cos \varphi \cos \delta \sin \delta \cos t)$$

$$dt = \left(\frac{\operatorname{tang} \varphi}{\sin t} - \operatorname{tang} \delta \operatorname{cotg} t\right) d\delta \tag{3}$$

Es sei für die Vormittagsbeobachtung der Stundenwinkel $= -t$ und die Declination $= \delta$, für die Nachmittagsbeobachtung der Stundenwinkel $= t + \Delta t$ und die Declination $= \delta + \Delta \delta$. Dann ist das arithmetische Mittel der beiden Stundenwinkel

$$\frac{-t + (t + \Delta t)}{2} = + \frac{\Delta t}{2}$$

und man muss daher das arithmetische Mittel der beobachteten Uhrzeiten um $\frac{\Delta t}{2}$ vermindern, um auf den Moment der Culmination (Stundenwinkel $=$ Null) zu kommen, oder man sagt: es ist die Mittagsverbesserung v:

$$v = -\frac{\Delta t}{2} \tag{4}$$

Δt ergibt sich aber aus der Declinationsänderung $\Delta \delta$ nach der Differentialgleichung (3):

Wenn für Δt die ganze Zwischenzeit

$$2v = \Delta t^{(s)} = \left(\frac{tang\,\varphi}{sin\,t} - tang\,\delta\ cotg\,t\right) \frac{\Delta \delta^{('')}}{15} \quad 2t\mu \tag{5}$$

wo der Nenner 15 zur Verwandlung von Bogensecunden in Zeitsecunden zugesetzt ist.

$\Delta \delta^{('')}$ ergibt sich durch Proportionalrechnung aus der im Nautical Almanac angegebenen stündlichen Declinationsänderung, welche mit μ_1 bezeichnet sein möge. Ist nämlich $t^{(h)}$ die halbe Zwischenzeit in Stunden gezählt, so ist die Gesammtdeclinationsänderung von der Vormittags- bis zur Nachmittagsbeobachtung:

$$v = -\frac{\Delta t}{2}$$

$$\Delta \delta^{('')} = 2\, t^{(h)}\ \mu_1, \qquad = -\frac{(\ \ )}{2}\frac{\Delta\delta}{15} \tag{6}$$

$$= -\frac{(\ \ )}{2}\frac{2t\mu}{15}$$

also aus (4), (5) und (6).

$$\text{Mittagsverbesserung } v^{(s)} = -\mu_1 \frac{t^{(h)}}{15}\left(\frac{tang\,\varphi}{sin\,t} - tang\,\delta\ cotg\,t\right) \tag{7}$$

Zur tabellarischen Berechnung wird gesetzt:

$$-\frac{t^{(h)}}{15}\frac{1}{sin\,t} = A, \qquad +\frac{t^{(h)}}{15}\,cotg\,t = B \tag{8}$$

oder mit $t = t^{(m)}$ in Zeitminuten:

$$-\frac{t^{(m)}}{900}\frac{1}{sin\,t} = A \qquad +\frac{t^{(m)}}{900}\,cotg\,t = B \tag{9}$$

dann ist die Mittagsverbesserung:

$$v^{(s)} = \mu_1\ A\ tang\,\varphi + \mu_1\ B\ tang\,\delta. \tag{10}$$

Die Logarithmen der Coefficienten A und B sind auf der Tafel S. [16] des Anhangs zusammengestellt. (Zugleich ist dort $log\,A'$ für Meridianverbesserung nach § 17. mit aufgenommen.) Wegen der Ungleichheit der Differenzen wird zwar $log\,A$ und $log\,B$ aus S. [16] nicht auf vier Stellen genau durch Interpolation erhalten, jedenfalls erhält man aber nach dieser Rechnung noch 0,1 Zeitsecunden genau.

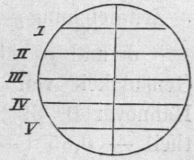
Für geringere Genauigkeit von nur 1 — 2 Zeitsecunden wurde die zweite Tafel, S. [17] des Anhangs, zunächst für die Breite 49° (Karlsruhe) berechnet, welche aber auf 1—2 Secunden genau auch für ganz Deutschland gebraucht werden kann.

Für eine besondere Mittelbreite kann man sich immer ein Täfelchen nach Art von S. [17] berechnen; wie z. B. in des Verf. „Physische Geographie und Meteorologie der libyschen Wüste" S. 6 ein solches Täfelchen für die Breite 28° mitgetheilt ist.

Streng genommen sollte an der Mittagsverbesserung (7) und (10) noch die Reduction von Sternzeit auf Sonnenzeit angebracht werden, welche aber niemals 0,1 Secunde erreicht und daher vernachlässigt werden kann.

Als Instrument zum Messen der gleichen Höhen vor und nach Mittag setzen wir einen Theodolit von der Art wie Fig. 4. S. 41 voraus. Man stellt etwa die Alhidade des Höhenkreises auf einer beliebigen Stelle des Limbus fest (wobei man den absoluten Werth des Höhenwinkels nicht zu kennen braucht), beobachtet bei gut einspielender Längslibelle Vormittags den Moment der Berührung eines Sonnenrandes mit dem Horizontalfaden des Fernrohrs und ebenso Nachmittags, dann hat man in diesen zwei Uhrbeobachtungen eine vollständige Zeitbestimmung. Zur Controle kann man bei derselben Fernrohrstellung beide Randberührungen der Sonne beobachten. Will man noch mehr Messungen vereinigen, so hat man zuerst das Mittel, die Alhidade des Höhenkreises nach und nach auf verschiedene Theilstriche einzustellen, die man dann Nachmittags in umgekehrter Reihenfolge wieder vornimmt. So kann man beliebig lange Reihen von je 5, 10, 20 Ablesungen bilden, und dadurch die Genauigkeit ziemlich steigern. Indessen ist das beständige Neueinstellen der Striche des Höhenkreises mühsam, lenkt die Aufmerksamkeit von der Zeitbeobachtung ab, erschüttert das Instrument und ist schon an sich nicht so genau wie das Festhalten einer Einstellung. Ein besseres Mittel der Beobachtungshäufung ist die Benutzung von mehr als einem Horizontalfaden im Ocular des Fernrohrs. Ich habe bei dem Theodolit von § 10. Fig. 4. S. 41 das Ocular, welches ursprünglich fünf verticale und einen horizontalen Faden zeigte, für den Zweck der correspondirenden Sonnenhöhen um 90° gedreht, so dass es den Anblick von Fig. 1. gewährt.

Fig. 1.
Horizontalfäden für correspondirende Sonnenhöhen.



Mit den 5 Horizontalfäden allein ist aber der Zweck noch nicht erreicht, es kommt auch noch darauf an, dem Fernrohr für die ganze Dauer der Messungen eine constante Neigung gegen den Horizont zu erhalten, und hiezu haben wir an der Horizontalachse des Theodolits S. 41 eine besondere Libelle L'' anbringen lassen, welche mittelst eines hölzernen Futters A an die rauh gemachte Horizontalachse scharf angeschraubt werden kann. (Das hölzerne Futter A ist deswegen so weit gehalten, damit dieselbe Libelle auch an unser Passage-Instrument (§ 18.) angeschraubt werden kann). Die Libelle L'' hat links eine auf eine Spiralfeder wirkende Mikrometerschraube, welche aber nur vor dem ersten Einstellen benutzt werden darf. Wird im Laufe der Messungen neues Einstellen der Libelle L'' nöthig, so muss hiezu eine hintere oder vordere Stellschraube des Dreifusses in Angriff genommen werden.

Wenn man mit dieser Einrichtung an jedem der 5 Horizontalfäden beide Sonnenränderberührungen beobachtet, so hat man ziemlich mühelos 10 Zeitbestimmungen, welche in ein Mittel vereinigt werden, wie folgendes Beispiel zeigt:

Hannover, Technische Hochschule, 2. April 1884.

Zeitbestimmung aus correspondirenden Sonnenhöhen:

Faden		Vormittag		Nachmittag	Mittel
I.	Eintritte	$9^h\ 10^m\ 1^s$	Austritte	$3^h\ 2^m\ 47^s$	$12^h\ 6^m\ 24{,}00^s$
II.		$10^m\ 32{,}5^s$		$2^m\ 17^s$	$24{,}75^s$
III.		$11^m\ 5^s$		$1^m\ 43^s$	$24{,}00^s$
IV.		$11^m\ 36^s$		$1^m\ 13^s$	$24{,}50^s$
V.		$12^m\ 8^s$		$3^h\ 0^m\ 40{,}5^s$	$24{,}25^s$
I.	Austritte	$9^h\ 14^m\ 25^s$	Eintritte	$2^h\ 58^m\ 24^s$	$24{,}50^s$
II.		$14^m\ 57^s$		$57^m\ 52^s$	$24{,}50^s$
III.		$15^m\ 30^s$		$57^m\ 17^s$	$23{,}50^s$
IV.		$16^m\ 0^s$		$56^m\ 48^s$	$24{,}00^s$
V.		$16^m\ 32^s$		$2^h\ 56^m\ 14^s$	$23{,}00^s$
Mittel		$9^h\ 13^m\ 16{,}65^s$		$2^h\ 59^m\ 31{,}55^s$	$12^h\ 6^m\ 24{,}10^s$

$$\text{Zwischenzeit } 2t = 5^h\ 46^m\ 14{,}90^s$$
$$\text{Halbe} \quad \text{„} \quad t = 2^h\ 53^m\ \ 7{,}45^s$$

Der Nautical Almanac für 1884 S. 56 gibt für den 2. April, wahrer Mittag

Declination $\delta = +\ 5^0\ 12'$, stündliche Aenderung $\mu_1 = +\ 57{,}47''$

Zeitgleichung $g = +\ 3^m\ 27{,}76$ stündliche Aenderung $= -\ 0{,}746^s$.

δ und μ_1 können unmittelbar gebraucht werden (weil es bei δ auf Genauigkeit von 1′ nicht ankommt), für die Zeitgleichung hat man, da Hannover $0^h\ 39^m = 0{,}65^h$ östlich von Greenwich liegt, den Proportionaltheil $-\ 0{,}65\ (-\ 0{,}746^s) = +\ 0{,}48^s$ in Rechnung zu bringen, und hat damit die Zeitgleichung im wahren Hannover-Mittag

$$g = +\ 3^m\ 27{,}76^s + 0{,}48^s = +\ 3^m\ 28{,}24^s$$

Nun kommt die Berechnung von v nach der Formel (10) und der Hülfstafel S. [16]. $t = 2^h\ 53{,}1^m$ gibt nach dieser Tafel $\log A = 9.4480_n$ $\log B = 9.3100$

$$\mu_1 = +\ 57{,}47'' \qquad \log \mu_1\ 1.7594 \qquad \log \mu_1\ 1.7594$$
$$\log A\ 9.4480_n \qquad \log B\ 9.3100$$
$$\varphi = 52^0\ 23' \quad \delta = +\ 5^0\ 12' \qquad \log \operatorname{tang} \varphi\ 0.1132 \qquad \log \operatorname{tang} \delta\ 8.9591$$
$$1.3206_n \qquad 0.0285$$
$$\underbrace{-\ 20{,}92 \qquad +\ 1{,}07}_{v = -\ 19{,}85^s}$$

$$\text{Unverbesserter Mittag } 12^h\ 6^m\ 24{,}10^s$$
$$\text{Wahrer Mittag } 12^h\ 6^m\ \ 4{,}25^s$$
$$\text{soll } 12^h + g = 12^h\ 3^m\ 28{,}24^s$$
$$\text{Correction der Uhr } -\ 2^m\ 36{,}01^s$$

d. h. mittlere Hannoveraner Ortszeit = Angabe der Uhr $-\ 2^m\ 36{,}0^s$.

M i t t e r n a c h t s v e r b e s s e r u n g. Wenn man zwei gleiche Sonnenhöhen, die eine Nachmittags und die andere am Vormittag des folgenden

Tages combinirt, so gelten für die Mitternacht im Wesentlichen dieselben Betrachtungen wie vorher für den Mittag. Die Formel für die zugehörige „Mitternachtsverbesserung“ wird aber abgeändert, weil der Stundenwinkel t nun von Mitternacht gezählt wird. Setzt man in der Entwicklung (1) bis (3) überall $180^0 - t$ oder $12^h - t$ an Stelle von t, so geht (3) über in:

$$d\,t = \left(-\,\frac{tang\,\varphi}{sin\,t} - tang\,\delta\;cotg\,t\right)d\,\delta$$

und statt (7) bekommt man die

$$\text{Mitternachtsverbesserung } v^{(s)} = -\,\mu_1\,\frac{t^{(h)}}{15}\left(-\,\frac{tang\,\varphi}{sin\,t} - tang\,\delta\;cotg\,t\right)$$

Es wird gesetzt

$$+\,\frac{t^{(h)}}{15}\,\frac{1}{sin\,t} = A \qquad +\,\frac{t^{(h)}}{15}\,cotg\,t = B \tag{11}$$

womit die Mitternachtsverbesserung wird:

$$v^{(s)} = \mu_1\,A\;tang\,\varphi + \mu_1\,B\;tang\,\delta \tag{12}$$

d. h. es gilt für die Mitternachtsverbesserung der Form nach dieselbe Formel wie früher (10) für die Mittagsverbesserung, es hat aber nun A nach (11) gegen (9) sein Vorzeichen geändert. Hiernach sind $log\,A$ und $log\,B$ im zweiten Theil der Hülfstafel von S. [16] berechnet worden.

Zu einem Beispiel der Zählung über Mitternacht nehmen wir die soeben behandelte Nachmittagsbeobachtung vom 2. April 1884 zusammen mit einer Vormittagsbeobachtung vom 3. April, nämlich, sofort in Mittelzahlen:

2. April Nachmittag	3. April Vormittag	Mittel
$2^h\ 59^m\ 31{,}55^s$	$9^h\ 10^m\ 16{,}30^s$	$12^h\ 4^m\ 53{,}92^s$
$2\,t = 18^h\ 10^m\ 44{,}75^s$		
$t = 9^h\ 5^m\ 22{,}38^s$		

Naut. Alm. für 1884 S. 56 gibt für 2. und 3. April:

$$\delta = \frac{5^0\,12' + 5^0\,35'}{2} = +\,5^0\,23' \qquad \mu_1 = \frac{57{,}47'' + 57{,}23}{2} = +\,57{,}35''$$

$$g = \frac{3^m\,27{,}76^s + 3^m\,9{,}91^s}{2} - 0{,}65\,(-\,0{,}744) = +\,3^m\,19{,}32^s$$

Die Hülfstafel S. [16] gibt mit $t = 9^h\,5{,}4^m$ $log\,A = 9.9436$ und $log\,B = 9.8028_n$, also nun nach Formel [12]:

$$\begin{array}{lrr}
\mu_1 = 57{,}35 & log\,\mu_1\;\; 1.7585 & log\,\mu_1\;\; 1.7585 \\
 & log\,A\;\; 9.9436 & log\,B\;\; 9.8028_n \\
\varphi = 52^0\,23',\;\; \delta = +\,5^0\,23' & log\,tang\,\varphi\;\; 0.1132 & log\,tang\,\delta\;\; 8.9742 \\
\hline
 & 1.8153 & 0.5355_n \\
 & +\,65{,}36 & -\,3{,}43
\end{array}$$

$$\begin{array}{rl}
v = +\,61{,}93^s = & +\,1^m\;\;1{,}93^s \\
\text{Unverbesserte Mitternacht} & 12^h\;4^m\;53{,}92^s \\
\hline
\text{Wahre Mitternacht} & 12^h\;5^m\;55{,}85^s \\
\text{soll } 12^h + g = & 12^h\;3^m\;19{,}32^s \\
\hline
\text{Correction der Uhr} & -\;2^m\;36{,}53^s
\end{array}$$

Als Beispiel für die Uebereinstimmung, welche mehrere Zeitbestimmungen der fraglichen Art geben können, sollen 5 Bestimmungen dienen, welche bei aussergewöhnlich dauernder Wolkenlosigkeit in Hannover mit dem Meyerstein'schen Instrument Fig. 4. S. 41 gewonnen wurden.

Zeit	Correction der Uhr Breguet	Differenz	
1884 31. März	— 2m 34,49s		
1884 1. April	— 2m 35,32s	— 0,83s	
1884 2. „	— 2m 36,00s	— 0,68s	(13)
1884 3. „	— 2m 36,76s	— 0,76s	
1884 4. „	— 2m 37,33s	— 0,57s	

Das Instrument, dessen Fernrohr auf constanter Höhe festgestellt war, blieb während dieser Zeit auf einem Steinpfeiler stehen. Die Messung im Einzelnen ist wie bei dem ersten Beispiel S. 76.

Zur Veranschaulichung der Genauigkeit unter ungünstigeren Verhältnissen mögen folgende Vergleichungen von der libyschen Expedition (1873—1874) dienen. Als Instrument diente der in Fig. 1. § 10. S. 38 abgebildete Theodolit; es wurden meist 10 Höhen hintereinander an einem Nonius des Höhenkreises auf etwa 1′ genau eingestellt, und die Zeiten der Sonnenrandberührung an dem in der linken Hand gehaltenen Taschenchronometer abgelesen. Die vor den Sonnenstrahlen ungenügend geschützte Libelle wurde mittelst der Stellschrauben des Dreifusses im Einspielen erhalten. Auf 9 Hauptpunkten wurde die Messung in zwei Gruppen ausgeführt, 10 mit Unterrand, 10 mit Oberrand der Sonne. Die Resultate (Ortszeit — Chronometer) waren (Phys. Geogr. u. Met. der libyschen Wüste S. 7—8):

			I	II	I—II	(I—II)²
1. Regenfeld	29. Januar	1874	0h 55m 7,3s	0h 55m 6,7s	+ 0,6s	0,36
2. „	31. „	1874	0h 55m 4,4s	0h 55m 2,6s	+ 1,8s	3,24
3. „	5. Februar	1874	0h 55m 8,7s	0h 55m 10,3s	— 1,6s	2,56
4. Siuah	21. „	1874	0h 48m 16,3s	0h 48m 15,3s	+ 1,0s	1,00
5. Beharieh	7. März	1874	1h 2m 27,1s	1h 2m 25,0s	+ 2,1s	4,41
6. Farafrah	12. „	1874	0h 59m 11,7s	0h 59m 10,3s	+ 1,4s	1,96
7. Chargeh	24. „	1874	1h 10m 11,3s	1h 10m 11,7s	— 0,4s	0,16
8. Esneh	1. April	1874	1h 18m 35,5s	1h 18m 33,7s	+ 1,8s	3,24
9. „	2. „	1874	1h 18m 39,4s	1h 18m 41,1s	— 1,7s	2,89
						19,82

$$\text{Mittlere Differenz } d_1 = \sqrt{\frac{19{,}82}{9}} = \pm\ 1{,}48^s$$

Mittlerer Fehler eines Mittels aus beiden Messungen $= \pm\ 0{,}74^s$.

Auf einer Sternwarte wäre das ein schlechtes Resultat, für jene Verhältnisse war es befriedigend.

Einfluss ungleicher Refractionen. Die Refraction wird gewöhnlich bei correspondirenden Sonnenhöhen Vormittags und Nachmittags als gleich angenommen, und deswegen nicht in Rechnung gebracht, da es sich ja überhaupt nur um gleiche Höhen handelt. Nun ist aber im Allgemeinen die Lufttemperatur zu gleichen Zeiten vor und nach dem wahren Mittag nicht dieselbe, weil das Wärmemaximum etwa auf 2 Uhr Nachmittags fällt. Man wird im Sommer wohl etwa 5^0 Differenz der Lufttemperaturen Vormittags und Nachmittags annehmen können. Hat man nun niedere Höhen, z. B. 10^0, so gibt nach der Tafel S. [8] oder [9] hier eine Temperaturdifferenz von 5^0 eine Refractionsänderung von $6''$, und diesem entspricht nach der Tafel von § 15. (S. 67) bereits ein Zeitfehler von 1 Secunde. Nimmt man die Höhen nicht unter 20^0, so wird nach S. [9] für 5^0 Temperaturdifferenz eine Höhendifferenz $= 3''$, und ein Zeitfehler von vielleicht 0,5 Secunden, entstehen. Diese Betrachtung zeigt, dass eine absolute Genauigkeit von 0,1 Zeitsecunde mit correspondirenden Sonnenhöhen ohne Temperaturberücksichtigung erst bei Höhen über 30^0 erreichbar ist.

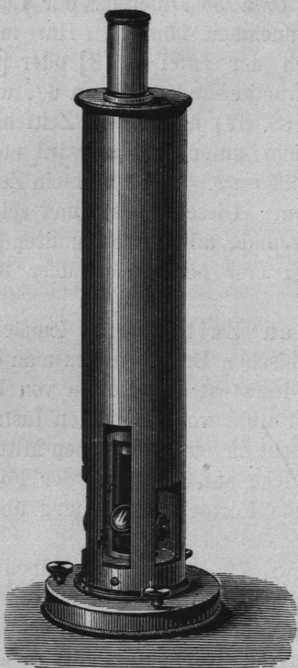
Vortheile der correspondirenden Zeithöhen. Zunächst hat man die Unabhängigkeit von der geographischen Breite, indem man die Breite nur beiläufig zu kennen braucht. Dieses ist auf Reisen von besonderem Gewicht. Zweitens hat man keine Furcht vor constanten Instrumentenfehlern zu haben. Die Berechnung besteht in einer einfachen Mittelbildung mit Zuziehung einer Hülfstabelle, welche auf Reisen in der Form von S. [17] des Anhangs jede trigonometrische Formel-Ausrechnung überflüssig macht.

Wenn man an dem Theodolit die oben S. 75 beschriebene Libellen-Anordnung und ein Fadennetz nach Fig. 1. hat, so wirkt das Instrument als eine Art Passage-Instrument im verticalen Sinn und man hat dann in einem solchen Theodolit, welcher nicht dauernd fest aufgestellt zu sein braucht, einen bequemen Ersatz eines wirklichen Passage-Instrumentes (§. 18), welches, um absolute Zeiten auf 0,1 Secunden zu liefern, nicht nur fest aufgestellt sein muss, sondern auch freien Himmel nach Süden und nach Norden haben muss, was ohne eigentliche Sternwarte, oder Beobachtungsschutzhütte im Freien, kaum zu erfüllen ist.

Die Abhängigkeit von der Witterung. In Deutschland gibt es nur wenige Sommertage, an denen man mit Sicherheit auf wolkenfreien Himmel zur Zeit der Nachmittagshöhen rechnen kann, nachdem die Vormittagshöhen gelungen sind. Z. B. unter dem trüben Hannover'schen Himmel habe ich viele Wochen verwendet, um einige zusammenhängende Reihen von der Art der oben unter (13) beschriebenen zu erhalten. Günstiger ist schon das süddeutsche Klima; und vollends der fast wolkenlose afrikanische Himmel, unter welchem ich im Winter 1873—1874 solche Messungen machte, ist hiezu ausgezeichnet, und gestattet auf Reisen die fragliche Methode fast ausschliesslich anzuwenden.

Besondere Instrumente für correspondirende Sonnenhöhen. Da es bei solchen Instrumenten nicht auf die Kenntniss des Höhenwinkels in Gradmaass ankommt, sondern nur auf die Constanterhaltung eines in weiten Grenzen beliebigen Winkels, kann man manche einfache Vorrichtungen bei genügender Genauigkeit ohne grosse Kosten herstellen. Wir sahen z. B. bei einem Uhrmacher R. in Karlsruhe eine zum Auffangen eines Sonnenbildes eingerichtete Objectivlinse mit einem ganz einfachen Gestell und einer Libelle für diesen Zweck im Gebrauch.

Fig. 2. Instrument zur Beobachtung correspondirender Sonnenhöhen.



In der Zeitschrift für Instrumentenkunde 1881, S. 130—131 wird als Citat von „S. C. Chandler jun. The Observatory (Nr. 45) Januar 1881" unter dem Namen „Chronodeik" das in Fig. 2. abgebildete Instrument beschrieben.

In dem cylindrischen Gehäuse befindet sich ein pendelartig aufgehängter ebener Spiegel, welcher, in beliebiger Neigung schief gestellt, in der unteren Oeffnung sichtbar ist. Mit diesem schiefen Spiegel wird die Sonne aufgefangen und nach oben in ein kleines Fernrohr reflektirt, das mit der Pendelaufhängung des Spiegels fest verbunden ist. Das Ocular dieses Fernrohrs ragt oben aus dem Gehäuse hervor.

Anmerkungen.

Ausführlichere Tafeln der *log A* und *log B* als die unsrigen von S. [16], nämlich mit Intervall von 1^m, gibt Domke, nautische, astronomische und logar. Tafeln S. 231—233, oder Ligowski, Sammlung fünfstelliger log., trig., nautischer und astronomischer Tafeln S. 188—189, und Albrecht, Formeln und Hülfstafeln für geographische Ortsbestimmungen, S. 141—142. Diese Tafeln setzen sämmtlich voraus, dass μ_1 nicht wie bei unseren Formeln und Tafeln die einstündige Declinationsänderung für den fraglichen Tag ist, sondern dass ein Werth μ = der 48stündigen Declinationsänderung eingeführt werde. Dieses ist die ursprünglich von Gauss angenommene Grösse, es soll nämlich dieses μ die Declinationsänderung von gestern auf morgen sein, welche, proportional reducirt, allerdings die Declinationsänderung zwischen der Vormittags- und der Nachmittagsbeobachtung gut liefert. In den älteren Jahrgängen des Berliner astron. Jahrbuchs war dieser Werth *log* μ fünfstellig von Tag zu Tag angegeben. Seitdem dieses nicht mehr geschieht, ist die Rechnung mit der einstündigen Aenderung μ_1 bequemer und ebenso genau, denn diese ist im Nautical Almanac für jeden Mittag genau so angegeben, wie es jenes Gauss'sche 48stündige μ verlangt, nämlich $\mu_1 = \frac{1}{48} (\varDelta\delta_2 + \varDelta\delta_1)$, wo $\varDelta\delta_1$ und $\varDelta\delta_2$ zwei aufeinanderfolgende eintägige Declinationsänderungen sind.

Uebrigens, wenn man auch nicht den Nautical Almanac, sondern das Berliner Jahrbuch benutzt, welches nicht die einstündigen Aenderungen, sondern geradezu die Declinationsdifferenzen von Tag zu Tag gibt, scheint es uns bei zwei aufein-