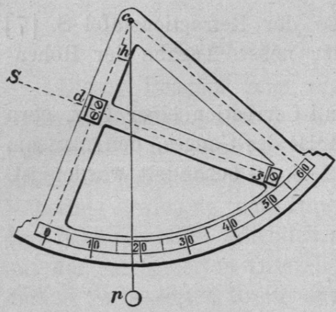
welchem das Rosshaarloth p zur Ruhe kommt. Das Ganze wird auf 3 Stellschrauben so gestellt, dass der Lothfaden an der Ebene des Sektors gerade anliegt, und dass die Sonne S, durch zwei kleine Löcher bei d scheinend, gegenüber auf dem Plättchen bei D zwei helle Bilder erzeugt, deren Mitte auf eine Strichmarke einspielt. Man kann, mit der Uhr auf dem Tisch und mit einer Stellschraube in der Hand, rasch Reihen von 5 oder 10 Messungen machen, welche bei der Berechnung nach der Methode von S. 59 innerhalb weniger Zeitsecunden übereinstimmen. (Constante Fehler sind besonders zu untersuchen.)

Fig. 3. Hölzerner Sextant von Eble.



Eble ersetzt die Berechnung nach der Formel (2) durch eine mechanische Schiebevorrichtung mit einem Strahlendiagramm, welche Solchen zu empfehlen ist, welche die trigonometrische Rechnung scheuen.

Hier ist auch zu erwähnen: „Der Zeitmessknecht, Tabellen und Regeln zur Zeitbestimmung und Uhrenberichtigung nach gemessenen Sonnenhöhen etc. von M. R. Pressler, Professor in Tharandt, Commissionsbuchhandlung Liebeskind, Leipzig“, gibt in zwei Theilen, I. 46^0 bis 50^0 Breite, und II. 50^0 bis 54^0 Breite, die mittlere Sonnenzeit als Function der geographischen Breite, der Jahreszeit und der gemessenen Sonnenhöhe. Die Breiten gehen von 1^0 zu 1^0, die Sonnenhöhen ebenfalls von 1^0 zu 1^0, und die Datumszahlen von 1 Tag zu 1 Tag. Wenn man die gemessenen Sonnenhöhen durch Abwarten wirklich je auf 1^0 rund ermittelt, im Uebrigen in die Tafel mit dem nächstliegenden Breitenwerth eingeht, so gibt die Tafel durch directes Aufschlagen eine Zeitgenauigkeit von etwa 2 Minuten. Z. B. würde für unser oben berechnetes Beispiel mit $\varphi = 52^0\ 23'$, $h = 34^0\ 12'$, auf S. 76 Band II. des Pressler'schen Zeitmessknechts, für den 4. Juli Vormittags einzugehen sein mit Breite zwischen 52^0 und 53^0, Sonnenhöhe 34^0, wo man findet: $7^h\ 50^m$, was mit unserer genauen Berechnung $7^h\ 51^m\ 20^s$ hinreichend übereinstimmt. (Man kann die Pressler'sche Zeitmessknechts-Tafel auch dazu benützen, bei genaueren Messungen und Berechnungen etwaige grobe Rechenfehler aufzufinden.)

§ 14. Aufgang und Untergang der Sonne.

Die Grundgleichung für Zeitbestimmung, nämlich (2) § 13. S. 56

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

gibt mit $h = 0$ den Stundenwinkel t_0 des Aufgangs oder Untergangs der Sonne, d. h. den halben Tagebogen, unter der Voraussetzung, dass die Refraction unwirksam wäre, und dass der Sonnenhalbmesser nicht in Betracht gezogen wird. Obgleich diese Umstände in Wirklichkeit anders sind, haben wir doch nach der Formel:

$$\cos t_0 = - \operatorname{tang} \varphi \operatorname{tang} \delta \tag{2}$$

die Werthe t_0, welche man zu manchen Zwecken brauchen kann, berechnet und in folgender Tabelle zusammengestellt:

Theoretischer halber Tagbogen t_0 (ohne Refraction).

Jahreszeit	δ	Geographische Breite φ								
		0°	30°	45°	50°	55°	60°	66° 33′	75°	90°
22. Juni	+ 23° 27′	6h 0m	6h 58m	7h 43m	8h 4m	8h 33m	9h 15m	12h 0m	12h 0m	12h 0m
20. Mai und 24. Juli	+ 20°	6h 0m	6h 49m	7h 25m	7h 43m	8h 5m	8h 36m	9h 48m	12h 0m	12h 0m
1. Mai und 12. August . . .	+ 15°	6h 0m	6h 36m	7h 2m	7h 14m	7h 30m	7h 51m	8h 33m	12h 0m	12h 0m
16. April und 27. August . .	+ 10°	6h 0m	6h 23m	6h 41m	6h 49m	6h 58m	7h 11m	7h 36m	8h 45m	12h 0m
2. April und 10. September .	+ 5°	6h 0m	6h 12m	6h 20m	6h 24m	6h 29m	6h 35m	6h 47m	7h 16m	12h 0m
20. März und 23. September .	± 0°	6h 0m	6h 0m	6h 0m	6h 0m	6h 0m	6h 0m	6h 0m	6h 0m	. .
8. März und 6. October . .	— 5°	6h 0m	5h 48m	5h 40m	5h 36m	5h 31m	5h 25m	5h 13m	4h 44m	0h 0m
23. Februar und 19. October .	— 10°	6h 0m	5h 37m	5h 19m	5h 11m	5h 2m	4h 49m	4h 24m	3h 15m	0h 0m
8. Februar und 3. November	— 15°	6h 0m	5h 24m	4h 58m	4h 46m	4h 30m	4h 9m	3h 27m	0h 0m	0h 0m
20. Januar und 21. November	— 20°	6h 0m	5h 11m	4h 35m	4h 17m	3h 55m	3h 24m	2h 12m	0h 0m	0h 0m
21. December	— 23° 27′	6h 0m	5h 2m	4h 17m	3h 56m	3h 27m	2h 45m	0h 0m	0h 0m	0h 0m

$$\cos t_0 = \operatorname{tang} \varphi \operatorname{tang} \delta.$$

Die wirkliche Aufgangs- und Untergangszeit eines Gestirns findet man, wenn man in der Gleichung (1) $h = - 0^0\ 35'$ setzt, weil das Gestirn im Moment des Aufgangs zwar den scheinbaren Höhenwinkel $0^0\ 0'$, aber wegen der Refraction den wahren Höhenwinkel $= - 0^0\ 35'$ hat. Man hat also:

$$\cos t_0' = \frac{-\sin 0^0\ 35' - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta} \tag{3}$$

Dieser Formel mit Zufügung der Zeitgleichung entsprechen die Sonnen-Aufgänge und Untergänge, welche im Berliner astronomischen Jahrbuch, etwa auf S. 74—79 jedes Jahrgangs für Berlin (Breite $52^0\ 30'\ 17''$) von Tag zu Tag angegeben sind.

In Behm's Geographischem Jahrbuch, I. Band 1866, S. 17—20 wird von A. Auwers eine Tafel der Tageslängen für alle Breiten vom Südpol bis zum Nordpol von 5^0 zu 5^0, und für Declinationen zwischen -25^0 und $+25^0$ von 5^0 zu 5^0 mitgetheilt, wobei jedoch als Moment des Sonnenaufgangs und Sonnenuntergangs die scheinbare Berührung des oberen Sonnenrandes mit dem Horizont genommen ist.

Für besondere Zwecke kann man sich jederzeit eine Tafel nach Gleichung (3) berechnen, wie z. B. für die Breiten 25^0, 27^0, 29^0 eine solche Tafel von mir auf S. 99 der „Physischen Geographie und Meteorologie der libyschen Wüste“ mitgetheilt ist. Beim Mangel anderer Zeitbestimmung kann man hiernach immer seine Uhr auf etwa 5^m genau reguliren, was für manche Zwecke ausreicht.

Zur Uebersicht über die schon innerhalb Deutschlands für bürgerliche Zwecke nicht unerheblichen Tageslängen-Differenzen, und zur Uebersicht der zu Polarsternbeobachtungen günstigen Dämmerungszeiten haben wir im Anhang auf S. [14] die Sonnen-Auf- und Untergangszeiten für die Breiten 49^0 (Karlsruhe) und $52^0\ 30'$ (Berlin) von 7 zu 7 Tagen zusammengestellt.

§ 15. Geschwindigkeit und Beschleunigung der Höhen-Aenderung.

Die Geschwindigkeit der Höhenänderung der Sonne oder eines Sterns ist von Interesse, weil davon die Genauigkeit der aus Höhenmessungen abgeleiteten Zeitbestimmungen abhängt, und die Beschleunigung der Höhenänderung ist zu untersuchen zur Beantwortung der Frage, innerhalb welcher Grenzen die Höhenänderung als gleichförmig angenommen werden darf, und mit welcher Näherung man das arithmetische Mittel von 2 oder mehr Messungen in Bezug auf Zeit und Höhe als zusammengehörig gelten lassen darf.

Die Grundgleichung (1) § 13. (S. 56) nämlich

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

gibt nach h und nach t differentiirt:

$$\cos h\ dh = - \cos \varphi \cos \delta \sin t\ dt$$

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