

^c
Das

Chronoskop

Instrument zur Bestimmung der Zeit und der Polhöhe
ohne Rechnung.

Von

C. A. Steinheil.

Mit 2 lithogr. Tafeln und 6 Tabellen.

Aus den Abhandlungen der k. bayer. Akademie der W. II. Cl. X. Bd. II. Abth.

München 1861.

Verlag der k. Akademie,
in Commission bei G. Franz.

Akademische Buchdruckerei von F. Straub.

LIBRARY
REGIA
MONACENSIS

Das Chronoskop.

§ 1.

Ich werde zeigen, dass man die Zeit bestimmen kann durch Construiren des Stundenwinkels. Die Construction ist solcher Art, dass damit zugleich die Orientirung gegen den Meridian erzielt wird. Da nun alle Zeitbestimmung auf Feststellung dieser zwei Elemente beruht, erlangen wir den Zweck durch eine dem Princip nach sehr einfache Methode, die so gut als keine Rechnung fordert und daher Vielen zugänglich sein dürfte. Das Chronoskop beruht auf Einstellung des Sonnenbildes durch Drehung um zwei Axen. Die Axen sind die Stundenaxe und die Verticalaxe. Vorher muss die Gesichtslinie auf die Declination der Sonne eingestellt sein. Man sieht, dass dieser Anforderung ein berichtigtes Aequatorial, welches noch im Azimut drehbar wäre, entsprechen würde. Es soll jedoch das Instrument möglichst einfach werden, kein Fernrohr benöthigen und direkt die wahre Sonnenzeit zeigen, wie das Sonnenbild eingestellt ist.

Betrachten wir jetzt den nähern Vorgang.

§ 2.

Denken wir uns am Himmel 3 Punkte: Zenit, Pol, Sonne durch grösste Bogen verbunden. Die Bogen Zenit-Pol, Pol-Sonne schliessen den Stundenwinkel S ein. Können wir also am Instrument diese 2 Bogen nachbilden und den Bogen Pol-Sonne drehbar machen um den Pol, so entstünde in Einer Lage desselben ein ganz gleiches sphärisches Dreieck

zwischen den 3 Zielpunkten des Instrumentes: Verticalaxe, Stundenaxe und Gesichtslinie, wie das am Himmel. Könnten dann die beiden Dreiecke zur Deckung gebracht werden, so wäre das Instrument auch orientirt und damit die Aufgabe gelöst, wenn der Stundenwinkel direkt am Instrumente abzulesen wäre. Diess können wir bewirken. Denn indem wir die Verticalaxe senkrecht stellen d. h. den Fuss des Instrumentes nivelliren, fällt die verlängerte Verticalaxe mit dem Zeitpunkt am Himmel zusammen. Stellen wir nun das Instrument auf die Polhöhe des Beobachtungsortes, so wird der Bogen zwischen Pol und Zenit gleich mit dem Bogen am Instrumente zwischen Verticalaxe und Stundenaxe. Stellen wir dann die Gesichtslinie am Instrumente ein auf die Declination d. i. die Poldistanz der Sonne, so wird auch der Bogen Pol-Sonne gleich dem Bogen am Instrumente Stundenaxe-Gesichtslinie.

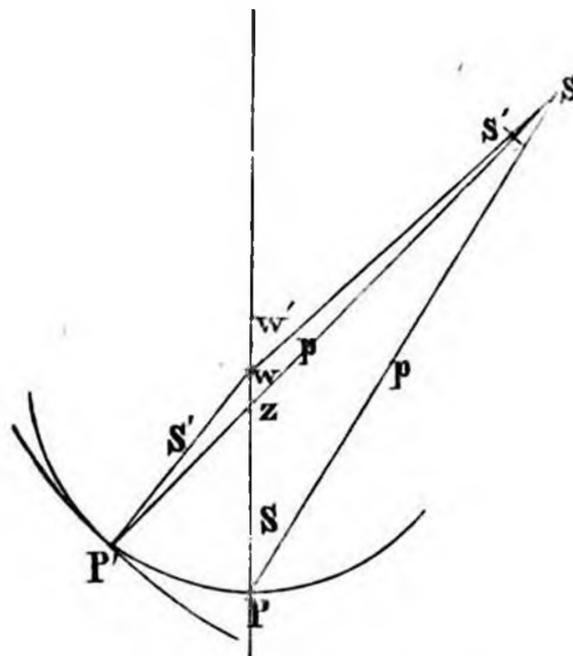
Drehen wir jetzt diesen Bogen um die Stundenaxe, so ist nur Eine Lage, bei welcher der Stundenwinkel des Instrumentes gleich wird, dem am Himmel. Nehmen wir an, dies sei bewirkt, obschon man noch nicht sieht, wie es bewirkt werden kann, so sind offenbar die beiden Dreiecke gleich; denn wir haben 2 Bogen und den eingeschlossenen Winkel gleich gemacht. Allein die 2 Dreiecke haben nur Einen Punkt — den Zenitpunkt gemeinschaftlich. Dreht man aber das Instrument um die Verticalaxe, also auch das Dreieck des Instrumentes um den Zenitpunkt bis die Gesichtslinie auf die Sonne trifft, dann sind 2 Punkte — Zenit und Sonne den beiden gleichen Dreiecken gemeinschaftlich und folglich auch der 3. Punkt der Pol d. h. beide Dreiecke decken sich und der Stundenwinkel am Instrumente stimmt überein mit dem am Himmel. Ist der Stundenwinkel des Instrumentes abzulesen auf einem zur Stundenaxe normalen Kreise, der in 24 Stunden getheilt und so gedreht sein soll, dass er Null zeigt wenn die Gesichtslinie im Meridian, so ist die Aufgabe gelöst.

Es folgt hieraus, dass eine Drehung um die Stundenaxe nöthig ist, um die Dreiecke gleich zu machen, gleichzeitig aber eine Drehung um die Verticalaxe, um sie zur Deckung zu bringen. Wenn also unter Annahme der richtigen Bogen Sonnen-Pol, Sonne-Zenit diese Drehungen gleichzeitig bewirkt werden, bis die Sonne eingestellt erscheint auf den Punkt Gesichtslinie, so ist damit das Instrument auch orientirt.

§ 3.

In der bisherigen Betrachtung ist die wahre Poldistanz der Sonne nicht unterschieden von der scheinbaren. Letztere ist aber kleiner, weil die Refraktion die Zenitdistanz verkleinert. Wenn wir nicht Fehler von der Ordnung der Refraktion in der Zeitbestimmung begehen wollen, müssen wir diesen Umstand in Rechnung bringen.

Nehmen wir zuerst an, man stelle den Declinationskreis auf die wahre Poldistanz der Sonne, so wie sie in den Jahrbüchern angegeben ist, so wird, weil die Absehnslinie auf den scheinbaren durch Refraktion gehobenen Mittelpunkt der Sonne zielt, sowohl der Stundenwinkel als das Azimut des Instrumentes nicht mit denen am Himmel übereinstimmen.



- Sei $ZS = z$ die wahre Zenitdistanz
 $PS = p$ die wahre Poldistanz
 $ZS' = z'$ die scheinbare Zenitdistanz
 $PS' = p'$ die scheinbare Poldistanz
 $ZPS = s$ der wahre Stundenwinkel
 $ZP'S' = s'$ der am Instrumente eingestellte.

Setzt man noch

$$P'S' = PS$$

was dadurch geschieht, dass man mit der wahren Poldistanz auf den scheinbaren Mittelpunkt der Sonne s' einstellt, so wird der Stunden-

winkel s' und ω' das Azimut verschieden am Instrument und Himmel. Diess wollen wir jetzt zeigen.

Die Relation des Stundenwinkels s und der 3 spärischen Bogen zwischen Pol, Zenit und Stern ist bekanntlich gegeben durch

$$\sin^2 \frac{s}{2} = \frac{\sin \frac{(z + (\varphi - \delta))}{2} \cdot \sin \frac{(z - (\varphi - \delta))}{2}}{\cos \varphi \cdot \cos \delta} \quad (1)$$

wo φ die Polhöhe
 z die Zenitdistanz
 δ die Declination und
 s den Stundenwinkel

bezeichnet.

Dieser Ausdruck (1) soll dazu dienen, den Unterschied von s und s' auszudrücken.

Setzt man nämlich in (1) statt z die um die Refraktion verkleinerte Zenitdistanz z' , so wird

$$\sin^2 \frac{s'}{2} = \frac{\sin \frac{(z' + (\varphi - \delta))}{2} \cdot \sin \frac{(z' - (\varphi - \delta))}{2}}{\cos \varphi \cdot \cos \delta} \quad (2)$$

Aus (1) ergeben sich für angenommene Werthe von z φ und δ , durch die den z entsprechenden Refractionen die z' und damit dann aus (2) die s' .

Wir setzen hier die angenommenen Zenitdistanzen und die ihnen entsprechenden mittleren Refractionen nach Bessel an.

$z = 80$	Refr. = 5' 16.2"	also $z' = 79^{\circ} 54' 43.8''$
70	2 37.3	= 69 57 22.7
60	1 39.7	= 59 58 20.3
50	1 8.7	= 49 58 51.3

Macht man noch $\varphi = 48^{\circ}$, und rechnet für die Werthe von $\delta = -20^{\circ}, -10^{\circ}, 0^{\circ}, +10^{\circ}, +20^{\circ}$. Die s nach (1), s' nach (2) so ergibt sich nachstehendes Resultat.

Tafel 1.

z	$\delta - 20^\circ$ $s - s'$	$\delta - 10^\circ$ $s - s'$	$\delta = 0^\circ$ $s - s'$	$\delta = +10^\circ$ $s - s'$	$\delta = +20^\circ$ $s - s'$	z'
80	45''	34''				79° 54' 43.3''
70	49.5	22.5	17.1	16.0	15.5	69 57 22.7
60	—	29.7	13.1	11.8	10.9	59 58 20.3
50	—	—	45.2	8.7	7.2	49 58 51.3

Man erhält also durch Einstellen mit der wahren Poldistanz den Stundenwinkel s' immer zu klein. Es werden also damit die Zeiten, welche das Instrument zeigt, Vormittags um die angesetzten Werthe von $t - t'$ zu gross. Nachmittags um ebenso viel zu klein.

Für grosse Zenitdistanzen und kleine s werden übrigens diese Abweichungen sehr bedeutend. Auch ist ihre Aenderung so wenig proportional, dass man den Tafeln für diese Correction sehr bedeutende Ausdehnung geben müsste, um die Correction des Stundenwinkels daraus mit Sicherheit zu entnehmen.

Allerdings liesse sich dieser Einfluss auf die Zeitbestimmung ganz eliminiren, wenn man correspondirende Beobachtungen in gleichem Abstände vom Meridian machte und die Zeit des Mittels ableitete. Aber corr. Beob. kann man auch ohne Chronoskop sehr leicht und mit noch einfacherem Instrumente anstellen. Uebrigens ist diese Art der Zeitbestimmung abhängig von dem Uhrgang während der Zwischenzeit und oft erfolglos wegen trüben Himmels zur Zeit der 2^{ten} Beobachtung. Für diejenigen, welche nicht rechnen können, bleibt daher immer eine andere Methode als die Messung einzelner Sonnenhöhen wünschenswerth, die in kurzer Zeit eine genügende Zeitbestimmung gibt.

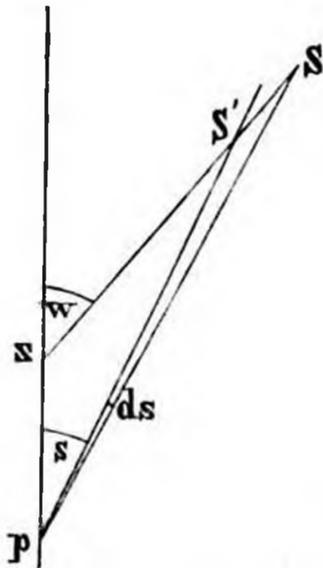
Eine geschicktere Gestalt gewinnt die Correction des Stundenwinkels, wenn man die Refraktion bei der Einstellung schon berücksichtigt und näherungsweise auf

$$p - R = p'$$

oder was dasselbe ist auf

$$\delta' = \delta + R^*)$$

einstellt, wo R die der Zenitdistanz entsprechende mittlere Refraktion bezeichnet. Allerdings kennt man die Zenitdistanz nicht. Allein sie lässt sich leicht aus einer Tafel entnehmen, welche für ein gegebenes φ die Relation zwischen δ t und z gibt. Eine solche habe ich berechnet und am Schlusse beigefügt. S. Tafel 3.



Sei wieder Z der Zenitpunkt, P der Pol, S der wahre Mittelpunkt der Sonne, S' der scheinbare um die Refraktion im Vertical gehobene also $PS' = p'$ so findet sich der Stundenwinkel s um ds zu klein, während das Azimut ω , also die Orientirung des Instrumentes gleich bei der Einstellung richtig wird. ds ist aber hier immer nur ein Bruchtheil der Refraktion

selbst. Die Correction ds findet sich

$$ds'' = \frac{4 R \sin s \cos \varphi}{\sin z \cos \delta'} \quad (3)$$

Hier ist die Refraktion R in Bogenminuten, die Correction ds'' aber in Zeitsekunden ausgedrückt. Statt δ' ist $\delta + R$ einzusetzen.

Wir geben wieder in einer kleinen Tafel die Stundenwinkel und ihre Correctionen ds für $z = 80^\circ, 70^\circ, 60^\circ, 50$ und $\delta = -20 - 10. 0 + 10 + 20$, für $\varphi = 48$ berechnet.

Es ist für $\varphi = 48^\circ$.

T a f e l 2.

z	$\delta - 20^\circ$		$\delta - 10^\circ$		$\delta = 0$		$\delta + 10$		$\delta + 20$		Refr. R
	s	ds	s	ds	s	ds	s	ds	s	ds	
80	3 ^h 8'	11.16"	4 ^h 16'	12.96"	4 ^h 59'	13.86"	5 ^h 44'	14.52"	6 ^h 29'	15.12"	5.27
70	1 14	2.52	2 57	5.28	3 57	6.36	4 43	7.14	5 27	7.86	2.62
60	—	—	1 9	2.14	2 46	3.38	3 43	4.27	4 27	4.97	1.66
50	—	—	—	—	—	—	0 59	1.21	3 22	2.74	1.14

*) Richtig wäre auf $\delta' = \delta + R \cos r$ einzustellen. r ergibt sich aus $\sin r = \frac{\sin s \cos \varphi}{\sin z}$.

Hier sind die Abweichungen viel kleiner als in Tafel 1 und so regelmässig, dass sie leicht aus Tafel 4 interpolirt werden können, wenn man δ und t als gegeben annimmt.

In den meisten Fällen beträgt die Verbesserung von s nur wenige Sekunden. Wie dieser Correction Rechnung getragen wird, werden wir bei der schematisirten Vorschrift für die Beobachtungen zeigen.

§ 4.

Untersuchen wir jetzt, welche Fehler in den Beobachtungen zu erwarten stehen, wenn wir bestimmte Fehlergrenzen der Einstellung des Instrumentes annehmen.

Da das Instrument sehr einfach werden soll, so ist ein Fernrohr ausgeschlossen. Für Beobachtungen ohne Fernrohr ist wohl eine Bogen-Minute das, was sich bei einmaliger Einstellung als Grenze der Sicherheit annehmen lässt.

Sehen wir daher welchen Einfluss eine solch Aenderung von z , δ und φ auf s ausübt.

Dazu dient uns die Gleichung:

$$\cos z = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos s. \quad (4)$$

Differenziren wir diesen Ausdruck, indem wir alle Grössen als variabel betrachten, so ergibt sich:

$$\left. \begin{aligned} ds = & dz \cdot \frac{\sin z}{\cos \varphi \cos \delta \sin s} \\ & + d\varphi \cdot \left(\frac{\operatorname{Tg} \delta}{\sin s} - \operatorname{Tg} \varphi \operatorname{Cotg} s \right) \\ & + d\delta \cdot \left(\frac{\operatorname{Tg} \varphi}{\sin s} - \operatorname{Tg} \delta \operatorname{Cotg} s \right) \end{aligned} \right\} (5)$$

Setzen wir nun beispielsweise

$$\begin{aligned} \varphi &= 48^\circ 8' \\ \delta &= \quad 7 \quad 2 \\ z &= 69 \quad 13.5 \\ s &= \quad 47 \quad 41 \end{aligned}$$

Wo s aus Gleichung (1) § 3 abgeleitet ist, so findet sich

$$ds = - 7.7 dz - 3.4 d\varphi - 5.6 d\delta.$$

Hier sind dz , $d\varphi$, $d\delta$ in Minuten, der Werth von ds in Zeitsekunden zu verstehen.

Fehlten daher die Einstellungen auf z (Stundenbogen), φ und δ je 1 Minute und wirkten alle Fehler im selben Sinne, so wäre ein Fehler von 16 Sekunden in der Zeitbestimmung möglich. Der wahrscheinliche Fehler ist natürlich viel kleiner.

Die Betrachtung zeigt, dass wenn die Unsicherheit der Einstellungen wirklich so gross ist, als wir angenommen haben, auch keine scharfe Zeitbestimmung bis zur einzelnen Sekunde zu erwarten steht. Dieses Resultat kann durchaus nicht befremden, weil jede Beobachtung mit freiem Auge auf eine Grösse dieser Ordnung unsicher bleibt.

Wir gehen jetzt über zur

§ 5.

Construction des Chronoskop's.

Ein Fuss mit 3 Stellschrauben bildet die Büchse für die Verticalaxe. Diese ist mit einer Klemme für den Meridianbogen verbunden. Auf dem Klemmstücke sitzt ein Niveau, womit die Axe senkrecht gestellt wird. Mit dieser Berichtigung soll zugleich die Klemme in eine Verticalebene kommen. Die unter dem Dreifuss hervortretende Verticalaxe ist hier mit Feder und Gegenschraube gehalten und kann damit festgeklemmt werden. In der Klemme bewegt sich der massive Meridianbogen. Er ist als voller Ring bearbeitet und getheilt, dann erst so ausgeschnitten, dass die Sonne in seiner Ebene stehend auf den Stundenring scheinen kann und zwar bei allen Declinationen der Sonne. Dieser Meridianbogen trägt die Stundenaxe, die ihn diametral durchdringt.

An der Stundenaxe sitzt der Stundenring, der an der Stundenaxe gedreht wird und also in dieselbe Ebene mit dem Meridianbogen gebracht werden kann. In der innern Fläche des Stundenringes ist die Stundenaxe ausgeschnitten, so dass sie nur 2 Zapfen bildet, die am Stundenring festsitzen und im Meridianbogen entsprechende Büchsen finden.

Auf dem obern Ende der Stundenaxe sitzt normal der Stundenkreis. Er kann auf dieser gedreht und durch den randrirten Kopf (zur Drehung der Axe) in jeder Lage festgesetzt werden. Der Nonius zur Ablesung des Stundenkreises sitzt fest auf dem Stundenbogen und kann nicht verstellt werden, da der Kreis zum Verstellen ist.

Diametral zum Stundenring und senkrecht zur Stundenaxe ist die Absehnslinie in dem Stundenringe angebracht. Sie wird gebildet durch eine runde Oeffnung in der innern Fläche des Stundenringes, durch welche die Sonnenstrahlen einfallen und auf einer diametral gegenüberstehenden Platte im Stundenring das Sonnenbild zeigen. Die Oeffnung ist in einer conischen ausgedrehten Büchse angebracht, welche sich in den Stundenring einsetzt. Sie kann herausgenommen und dagegen eine andere ähnliche Büchse mit genau centrirter äusserst dünner Linse von der Brennweite des Abstandes der Kreuztafel ersetzt werden. Die Linse gibt ein 4 Sonnenscheine helles scharf begrenztes Bild. Beide Büchsen schieben sich im Stundenring noch etwas tiefer als die innere Fläche desselben, genau so viel tiefer, als die Platte mit dem Kreuze über die innere Ringfläche vorsteht. Beide Büchsen sind innen conisch ausgedreht und nach aussen erweitert, damit die Sonnenstrahlen auch beim höchsten und tiefsten Stand der Sonne direkt auf die Oeffnung treffen.

Die Platte für das Sonnenbild trägt ein auf Neusilber gezogenes Doppelkreuz. Der Abstand der Linien ist nahe gleich dem Durchmesser des Sonnenbildes. Diese Platte ist befestigt an dem Declinations-Nonius, der sich auf dem Stunderinge verschieben lässt.

Die einfallenden Sonnenstrahlen bilden mit dem inneren Durchmesser des Stundenringes Peripherial-Winkel. Die Theilung auf dem Ringe für die Declinationen der Sonne ist deshalb in Peripherial-Winkeln also gleich der halben Zahl der Centralgrade aufgetragen. Der Nonius gibt unmittelbar Minuten der Peripherial-Winkel und lässt noch $\frac{1}{3}$ Minute schätzen. Fig. 1 gibt die Durchschnittszeichnung des Chronoskops in wahrer Grösse in der Verticallage der Stundenaxe. Fig. 2 gibt die Abbildung in der Richtung senkrecht darauf.

Dieses in obigem beschriebene Instrument würde nur sehr mangelhafte Bestimmungen liefern, wenn wir nicht darauf ausgingen jetzt alle Fehlerquellen zu studiren und mechanisch zu berichtigen. Ihre numerische

Bestimmung ist hier nicht Aufgabe, weil das Resultat direkt und ohne Rechnung gefunden werden soll. Diese Berichtigung des Instrumentes braucht natürlich nicht bei jeder neuen Messung vorgenommen zu werden, sondern kann für lange Zeit gelten.

§ 6.

Berichtigung des Instrumentes.

Das berichtigte Instrument muss folgende Bedingungen erfüllen:

- 1) muss die Verticalaxe senkrecht stehen, sowohl in der Ebene des Meridianbogens als senkrecht darauf,
- 2) soll der Meridianbogen an seinem Nonius 90^0 zeigen, wenn die Stundenaxe senkrecht steht,
- 3) muss der Meridianbogen oder besser die Stundenaxe in jeder Lage des Meridianbogens in einer Verticalebene liegen,
- 4) soll die Absehnslinie oder die Gerade, welche die Mittelpunkte der Oeffnung für das einfallende Licht und des Doppelkreuzes der Bildtafel verbindet, senkrecht stehen, wenn die Stundenaxe horizontal liegt.

Dabei soll

- 5) der Declinationsnonius des Stundenringes Null zeigen in der Ebene des Meridianbogens und
- 6) soll, wenn die Gesichtslinie in einer normal zum Stundenkreis gestellten Verticalebene liegt, der Nonius des Stundenkreises 0^h zeigen,
- 7) muss der Abstand der Lichtöffnung und der Abstand der Bildplatte, beide vom Mittelpunkt des Stundenringes gleich sein,
- 8) darf sich das Bild der Sonne nicht verstellen, wenn der Conus mit der Lichtöffnung um seine Axe gedreht wird.¹⁾

Die Ausführung dieser Berichtigung fordert 3 Libellen. Niveau 1 sitzt fest an der Klemme des Meridianbogens und dreht mit diesem um

1) Die Untersuchung der Excentricitäten der Theilungen kann füglich unterlassen werden, da alle Kreise auf der Theilmaschine vor dem Theilen mit Fühlhebel genau centrirt wurden.

die Verticalaxe. Niveau 2 ist zum Aufsetzen auf den Stundenkreis in horizontaler Lage mit Füßen versehen. Niveau 3 steht normal zu einer Axe, die in Spitze endigt und sich (nach herausgenommenem Lichtconus) durch dessen conische Oeffnung einschieben lässt. Dabei kömmt die Spitze der Axe in den Mittelpunkt des Doppelkreuzes der Bildtafel. Das Niveau 3 zeigt, ob die Gesichtslinie senkrecht steht.

Wir wollen jetzt diese Berichtigungen am Instrumente selbst vornehmen.

Berichtigung.

Untersuche, ob die 3 Fusschrauben ohne todten Spielraum gleich streng gehen, wo nicht, bewirke es.

Prüfe, ob die Verticalaxe oben und unten in ihrer Büchse anliegt, durch Wanken. Zeigt sich das kleinste Wanken, so ermittle, ob der Drehpunkt oben, unten oder in der Mitte liegt. Dieser Fehler muss durch Einschleifen entfernt werden. Schabe dazu etwas feinen Schleifstein ab, menge ihn mit Oel. Bringe eine kleine Quantität davon an die Stelle der herausgenommenen Axe, die den Drehpunkt bildet. Führe die Axe so in die Büchse, dass die bestrichene Stelle zuletzt berührt. Nach 10—15 Windungen hin und her reinige Büchse und Zapfen sorgfältig und versuche, ob das Wanken einen andern Drehpunkt gewonnen u. s. f. bis keine Spur von Wanken mehr zu finden ist. Jetzt muss die Axe auch ganz ohne Oel oder Schmiere leicht und sanft sich drehen. Spanne die untere Feder so weit, dass das Azimut sich nicht verstellt, wenn die Stundenaxe gedreht wird. Diess und ein sanfter Gang der Axen sind wesentliche Bedingungen des richtigen Einstellens.

Untersuche jetzt, ob die Klemme und die Verticalaxe durch die untere Zug- und -Druckschrauben fest mit einander verbunden sind, wo nicht, so spanne mit diesen Schrauben.

Prüfe nun, ob der Meridanbogen in den beiden Endpunkten der Klemme anliegt. Von oben in die etwas gelüftete Klemme gedrückt, darf er durchaus nicht in der Ebene seines Bogens wanken. Die 2 Schlusschrauben der Klemme werden zum Einstellen des Bogens erst leise angezogen, so dass der Bogen sich noch mit der linken Hand verschieben lässt, während die rechte Hand die Loupe hält, die den Nonius

zeigt. Halte die Loupe so, dass nicht nur das Bild der Theilung möglichst scharf ist, sondern dass die Theilstriche von Kreis und Nonius keinen Winkel mit einander bilden. Um die Theilung gut zu beleuchten, lege weisses Papier unter das Instrument auf den Tisch. Erst jetzt ziehe die Schrauben der Klemme fest an und sehe, ob die Noniusangabe sich dabei nicht geändert hat.

- 1) Nivellire jetzt die Verticalaxe mittels der Fusschrauben. Berichtige dabei das Niveau 1 möglichst gut, so dass es in beiden Lagen dieselbe Abweichung (links oder rechts) zeigt. Die Axe muss senkrecht stehen in der Verticalebene parallel zu 2 Fusschrauben und senkrecht darauf.
- 2) Bringe die Stundenaxe durch Schieben des Meridianbogens in seiner Klemme nahe in senkrechte Lage. Stelle Meridianbogen und Stundenring in Eine Ebene beide mit Theilung nach vorne. Setze das Niveau 2 in der Ebene des Meridianbogens auf den Stundenkreis und stelle das Niveau ein durch Verschieben des Meridianbogens. Schliesse nun die Klemme fest und setze bloss das Niveau um. Wenn es berichtigt, berichtige auch die Stundenkreisebene durch Verschieben des Meridianbogens in der Klemme. Jetzt drehe Stundenkreis und Axe um 12 Stunden. Was das Niveau 2 anders steht, ist die doppelte Abweichung des Stundenkreises von der normalen Lage zur Axe in der φ -Bogenebene. Bemerke die Stunde, auf welche die höchste Lage trifft (0^h oder 12^h). Verbessere nur die Hälfte der Abweichung des Niveau 2 durch Verschieben des Meridianbogens in seiner Klemme und ziehe diese fest an. Jetzt steht die Stundenaxe senkrecht in der Ebene des Meridianbogens. Bemerke die Angabe des Niveau 2 für diese Lage. Sie sei 0^h4 gegen den 0^h Punkt des Stundenkreises. Bringe den Stundenkreis wieder in die Lage 0 Uhr. Der Nonius des Meridianbogens (= φ -Bogen) soll jetzt 90^0 zeigen.
- 3) Drehe Stundenkreis mit Niveau 2 um 90^0 , so dass der Stundenkreisnonius 6^h zeigt. Jetzt verstelle mit den untern Zug- und Druckschrauben die Ebene des Meridianbogens in der Richtung des Niveau 2 bis dieses wieder 0^h4 gegen den Nullpunkt des Kreises steht. Hat die Aufstellung der Verticalaxe und das

Niveau 2 mittlerweile nicht geändert, so steht nun der Meridianbogen in einem Vertical oder besser dieselbe Verticalebene geht durch beide Pole der Stundenaxe in der Ebene des Meridianbogens.

Von dieser Correction hängt der Nullpunkt des Stundenkreises ab, wie später zu sehen. Die Zug- und Druckschrauben müssen stark angezogen werden, damit später nichts ändere.

Suche jetzt auch den Meridianbogen in dieser Ebene zu biegen, durch einen leisen Druck mit dem Finger; das Niveau wird dem Druck sogleich folgen. Es muss aber bei Entfernung des Druckes in die frühere Lage zurückkehren. Wo nicht, so schliesst die Klemme ungenügend. Hilft auch ein stärkeres Anziehen ihrer Schrauben nicht, so müssen feine Papierstreifen in die Klemme, da wo es fehlt, eingekittet werden, wenn man nicht vorzieht, durch Schleifen mit Stein zu helfen.

- 4) Bringe nun durch Verschieben in der Klemme die Stundenaxe in nahe horizontale Lage, η -Bogen und Stundenring, (Theilung nach vorne), in eine Ebene, stelle den δ -Nonius auf Null und setze, nach herausgenommenen Conus der Lichtöffnung, das Niveau 3, seine Axe durch die Conusöffnung einschiebend, mit der Spitze der Axe in die centrisc im Doppelkreuz der Bildtafel angebrachte Oeffnung ein. Bewirke jetzt durch Verschieben des δ -Nonius und durch Drehen des Stundenkreises, dass das Niveau 3 einsteht in der Ebene des Stundenringes und des Stundenkreises, wobei zugleich Niveau 3 berichtigt wird.

δ -Nonius soll jetzt 0 zeigen, wo nicht, so wird die Kreuztafel gegen δ -Nonius verstellt, bis dies erlangt ist. Gleichzeitig soll auch der Stundenkreis 0 zeigen, wenn (wie vorausgesetzt) das Niveau in der Stundenkreisebene einsteht. Was fehlt, wird am Stundenkreis gedreht. Wenn Niveau und Stundennonius (auf 0) einstehen, wird der Kreis mit der Schraube fest gesetzt und das Instrument ist berichtigt bis auf die Gesichtslinie.

Hat man die Nonien nicht auf ihre Nullpunkte gebracht, sondern nur die Angaben notirt, die sie statt Null geben, so sind diese Angaben mit ihrem Zeichen zu addiren zu der richtigen Zahl,

die man einstellen will, dagegen von der Ablesung abziehen (mit Rücksicht auf Zeichen), wenn man aus der Ablesung die richtige Zahl finden will.

Berichtigung der Declinationsgrade.

Da die Declinationstheilung in Peripherialgraden aufgetragen, ist sie nur richtig, wenn die Oeffnung für das einfallende Licht genau in's Centrum der Theilung trifft. Man kann diesen Satz auch so ausdrücken: Die Peripherialgrade sind richtig, wenn die Lichtöffnung und die Tafel für das Bild der Sonne gleichen Abstand vom Centrum des Stundenringes haben.

Es ergibt sich daraus gleich eine mechanische Prüfung. Denn sind die beiden Abstände gleich, so müssen auch ihre Chorden, gemessen an der innern Cylinderfläche des Stundenringes, gleich sein. Durch eine Lehre von Messingblech kann man diess sehr leicht und genau untersuchen.

Indessen ist es auch leicht den Werth der Declinationsgrade aus Beobachtungen zu bestimmen. Misst man nämlich einen Höhenwinkel nur mit dem Meridianbogen, wobei der Declinationsnonius auf Null gestellt ist, dann aber indem der Declinationsnonius auf eine grössere Declination — etwa 20^0 gestellt wird, so kann der Unterschied der beiden Messungen nur daher kommen, dass 20^0 davon durch die Declinationstheilung gemessen sind.

Da man aber das Chronoskop nur auf die Sonne einstellen kann, und diese zwischen den Beobachtungen ihre Höhe ändert, muss man in gleichen Zwischenzeiten die Messungen vornehmen und zwar abwechselnd in ungerader Zahl, damit das Mittel der Zeiten z. B. der 1. und 3. Beobachtung mittels des φ -Bogens zusammenfällt mit der Zeit der 2. Beobachtung bei verstelltem Declinationsnonius.

In solcher Weise wurden nachstehende Beobachtungen gemacht.

München 1868. Febr. 16.

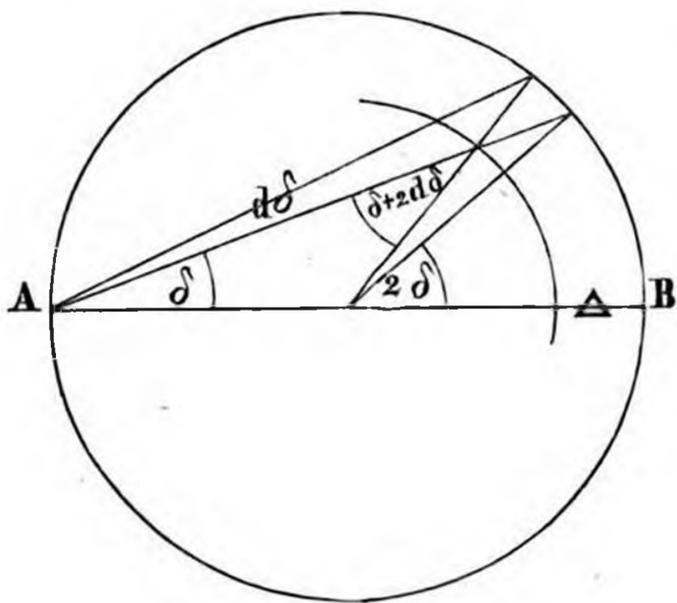
Der Nullpunkt des Declinations-Nonius ist

$$= + 6'.$$

Der Declinations-Nonius wird um 10^0 verstellt.

Pendeluhr	φ -Bog.	δ	φ	$\varphi - \delta$
$21^0 42' 13''$	$69^0 24' + 0^0 6'$			
46 29	58 57 - 9 54		$68^0 58'$	$68^0 57'$
50 45	68 32 + 0 6		68 32	68 31.5
55 0	58 6 - 9 54		68 5.5	68 6.0
59 16	67 39 + 0 6			
			$\overline{68^0 31.8}$	$\overline{68^0 31.5}$

Die δ -Grade sind also auf eine nicht zu verbürgende Grösse 0.3 grösser als die φ -Grade. D. h. die Ablesungen müssen um den entsprechenden Theil vergrössert, die Einstellungen eben so viel verkleinert werden.



Wenn der Unterschied beträchtlich wäre, dürfte die Differenz nicht dem Winkel proportional gesetzt werden. Der strenge Werth für jedes δ ergibt sich, wie folgt:

Sei $AB = 2r$ der innere Durchmesser des δ -Ringes.

Δ die Dicke, um welche die Tafel näher als die Oeffnung beim Centrum ist, so hat man, wenn δ die Declination der \odot bezeichnet

$$(6) \quad r \sin \delta = \sin (\delta + 2 d\delta) (r - \Delta) \quad \text{oder}$$

$$(6') \quad \Delta = r - \frac{r \sin \delta}{\sin (\delta + 2 d\delta)}.$$

Da δ und $d\delta$ aus den Messungen bekannt und $r = 17''$ ist, so findet sich hiernach Δ und damit $d\delta$ für jeden Werth von δ .

§ 7.

Beispiele der Anwendung des Chronoskop's.

Zeitbestimmung.

Die Einstellung des Instrumentes fordert die Kenntniss von 2 Zahlen-

werthen. Der erste dient zur FEinstellung der Polhöhe und fordert die Kenntniss der Correction des φ -Nonius. Der 2. wird erfordert zur Einstelluug der Declination der Sonne. Zur Declination, wie sie im astron. Jahrbuche für den wahren Mittag in Berlin angegeben, kömmt die Aenderung bis zur Zeit der Beobachtung, dann die Refraktion und die Correction des Nullpunktes des Declinationskreises. Wir wollen jede dieser beiden Zahlen durch eine Gleichung geben, damit kein Zweifel über ihre Bildung bleibt.

Sei

E^{φ} die Einstelluug des Meridianbogen

φ die Polhöhe des Beobachtungsortes

$d\varphi$ die Correction des Nullpunktes des φ -Bogens d. h. die Zahl $A^{\varphi} - 90^{\circ}$, die man am φ -Bogen abgelesen hat, als die Stundenaxe senkrecht stand und der Nonius hätte 90° zeigen sollen.

Es ist also

$$\left. \begin{aligned} d\varphi &= A^{\varphi} - 90^{\circ} \\ E^{\varphi} &= \varphi + d\varphi \\ &= \varphi + A^{\varphi} - 90^{\circ} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

E^{δ} sei die Einstelluug des Declinationsnonius.

δ sei die Declination der \odot im Berliner wahren Mittag.

$d\delta$ die stündliche Aenderung der Declination.

t die Stundenzahl wahrer Zeit bis zum wahren Mittag der Beobachtung.

t' die Meridiandifferenz von Berlin in Zeitstunden für westliche Orte positiv.

R die aus Tafel 3 nach t und δ interpolirte Refraction.

A^{δ} die Ablesung des δ -Nonius, wenn bei Berichtigung Niveau 3 einsteht. Dann ist

$$E^{\delta} = \delta + t'd\delta + td\delta + R + A^{\delta} \quad (8)$$

Zur Ermittelluug der mittleren Zeit MZ aus der Ablesung des Stundenkreises $A^{\text{st.}}$ hat man

$$MZ = A^{\text{st.}} + G + t'dG + tdG - A^{\text{st.}} + ds \quad (9)$$

Hier ist:

A^{st} die Ablesung des Stundenkreises.

G die Zeitgleichung im Berliner-Mittag.

t' wie oben die Meridiandifferenz von Berlin in Stunden.

dG die stündliche Aenderung der Zeitgleichung.

t in Stunden der Abstand vom wahren Mittag.

A^{st} die Angabe des Stundenkreisnonius statt 0 bei Berichtigung.

ds die Correction des Stundenwinkels aus Tafel 4.

Man kann sich die Gleichungen (8) und (9) vorher schematisch ansetzen und die Werthe für die ganzen Stunden vor und nach der beabsichtigten Zeitbestimmung berechnen.

So wird für die Zeitbestimmung vom 2. März 1868 Morgens zwischen 8^h und 9^h.

Für δ

1868	δ	$d\delta$	t'	t	$td\delta$	R	A^{δ}	E^{δ}
März 2	— 6° 59.27	0.95	0.08					
	$t'd\delta + 0.07$			— 4	— 3.8	+ 3.6	0	— 6 59.4
	— 6 59.20			— 3	— 2.8	+ 2.4	0	— 6 59.6
Für mittlere Zeit								
	G	dG	t'	t	tdG	$-A^{\text{st}}$	ds	$MZ - A^{\text{st}}$
	+ 12' 15.77	— 0.50	0.08					
	$t'dG + 0.04$			— 4	+ 2.0	+ 19.0	— 6.6	12' 30.21
	+ 12 15.81			— 3	+ 1.5	+ 19.0	— 5.0	12 31.31

A^{st} ergibt sich im Mittel aus den Beobachtungen.

Diese setzen voraus, dass das Instrument berichtigt sei; die Berichtigung ergab:

$$A^{\varphi} = 90^{\circ} 0.0 \text{ also } d\varphi = 0,$$

$$A^{\delta} = 0^{\circ} 0.0$$

$$A^{\text{st.}} = -19''$$

$$E^{\varphi} = 48^{\circ} 8.5$$

Man stellt also den φ -Bogen auf $48^{\circ} 8.5$. Die Declination nach dem Schema — $6^{\circ} 59.5$. Dann erst stellt man das Chronoskop im Sonnenscheine bei fester Unterlage auf und nivellirt die Verticalaxe. Jetzt bringt man den φ -Bogen ohngefähr in die Richtung des Meridians und dreht Stundenkreis und Ring, letztern bis in seine Schattenebene. Das Bild der Sonne wird als helles Scheibchen von 0.3 Durchmesser sichtbar auf der innern Cylinderfläche des Stundenringes. Es steht aber das Sonnenbild höher oder tiefer als das Kreuz der Bildtafel. Indem man jetzt das Instrument um die Verticalaxe dreht und dabei den Stundenring in seiner Schattenebene erhält, sieht man das Sonnenbild im Ringe steigen oder sinken. Man dreht also im Azimut bis das Sonnenbild zwischen den Doppelfäden, die quer durch den Ring gehen, einsteht. Erst jetzt dreht man nur um die Stundenaxe bis das Bild auch zwischen den Längenstrichen steht.

Am sichersten stellt man ein durch Benutzung der für die Niveau-Spitze gebohrten runden Oeffnung im Mittel der Kreuzfäden. Diese Oeffnung bildet einen schwarzen Kreis, über den das Sonnenbild nur mit schmalen Ringe hervorsieht. Ist dieser Lichtring ringsum gleich hell, (was man sicherer sieht als seine Breite,) so ist eingestellt. Um in der Höhe recht sicher einzustellen, dreht man wenig nur um die Stundenaxe. Dadurch entsteht ein mondförmiger Lichtbogen auf einer Seite der schwarzen Scheibe und wenn die beiden Hörner dieses Mondes parallel zum Stundenring übereinander stehen, dann ist die Höheneinstellung möglichst gut. Durch Benutzung einer Loupe gewinnt man nicht an Genauigkeit, weil der Rand des Sonnenbildes für die Vergrößerung nicht scharf genug ist.

Noch ist zu bemerken, dass der Nonius des Stundenkreises um $10''$ zu lang ist. Da er 5 Zeitminuten umfasst, so ist von allen Angaben über 5, 10, 15' etc. per Minute 2 Sekunden abzuziehen, was bei den folgenden Beobachtungen schon angebracht ist.

Beobachtungen.

Pendeluhr	Chronoskop <i>A</i> ^{st.}	Abweich. vom Mittel
$\frac{2}{3}$ 68 8 ^h 20' 31"	20 ^h 8' 0"	25"
22 21	9 30	5
35 44	23 0	12
37 28	24 40	8
40 14	26 56	24
42 39	29 30	13
44 30	31 16	18
46 18	33 23	1
47 48	34 55	3
8 50 18	20 37 20	1
Mittel 8 38 47,1	20 25 51	11.1

$$MZ - A^{\text{st.}} = 0^{\text{h}} 12' 30.7''$$

$$A^{\text{st.}} = 20 25 51.0$$

$$MZ = 20 38 21.7$$

$$\text{Pendeluhr} = 20 38 47.1$$

$$\text{Pendeluhr} - 25.4 = MZ$$

$$\frac{2}{3} 1868 20^{\text{h}} 38'$$

bürgerlich Datum

Mittlerer Fehler jeder Beobachtung $\pm 11''$

„ „ der Zeitbestimmung $\pm 4''$.

Aus obigen Beobachtungen sehen wir, dass der zufällige Beobachtungsfehler kleiner ist, als man erwartet hatte. Wir wissen aber nicht, ob nicht constante Fehler in den Angaben liegen, die das Resultat viel unsicherer machen als nach der Uebereinstimmung zu vermuthen.

Um darüber eine Controle zu erlangen, haben wir nur eine genaue unabhängige Zeitbestimmung nöthig.

Wir wählen Höhen der Sonne, die sich ebenfalls am Chronoskop messen lassen und werden aus diesen den Uhrstand ableiten.

Höhenmessung.

Die Beobachtungen sind in folgender Weise angestellt. Der Declinationsnonius ist auf $\delta = 0$ gestellt. Dann wird der Meridianbogen in der Klemme verschoben bis das Sonnenbild auf der Bildtafel den gleichhellen Lichtring bildet. Für diesen Moment ist die Uhr notirt. Der Stundenkreis zeigt 0^h d. h. beide Ringe liegen in derselben Verticalebene. Die Verticalaxe wird genau senkrecht erhalten.

In dieser Weise wurden gleich nach den Chronoskopbeobachtungen der Zeitbestimmung folgende Zenitdistanzen beobachtet, die das Instrument, in dieser Art benutzt, direkt gibt:

	P.-Uhr	Z
1868 $\frac{2}{3}$	20 ^h 57' 31"	69° 46'
	21 0 17	69 23
	2 20	69 9
	3 51	68 57
	5 45	68 40
	<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/>	
	21 ^h 1 56.8	69 11.0
	Refr.	+ 2.5
		<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/>
		$z' = 69 \ 13.5; \ \varphi = 48^{\circ} 8.5 \ \delta = -7^{\circ} 1.8$

Nach Formel (1) § 3 ergibt sich, wenn man den von Refraktion befreiten Werth z' statt z einsetzt

$$s = -3^h 10' 45''$$

die wahre Zeit also = 20 49 15

Zeitgleichung + 12 17

$$\hline 21 \ 1' 32'' = \text{Mittl. Zeit.}$$

Uhrzeit war 21 1 56.8

$$\hline \text{Pendeluhr} - 24.8 = \text{MZ. München d. } \frac{2}{3} 1868 \ 21^h 03$$

Die Chronoskopbeobachtungen gaben Pendeluhr . . — 25.4 = MZ. „

Die Uebereinstimmung ist sonach grösser, als man nach dem mittleren Fehler erwarten konnte und zeigt, dass man in der Berichtigung des Instrumentes kleinere Fehler begeht, als wir angenommen hatten (§ 4. 1').

Polhöhenbestimmung.

Wenn man die Höhe der Sonne in ihrem Culminationspunkte¹⁾ beobachtet, so gibt das Chronoskop direkt

$$z = \varphi - \delta.$$

Wird der beobachteten scheinbaren Zenitdistanz die entsprechende mittlere Refraktion zugelegt und ist

$$\begin{aligned} z + \text{Refr.} &= z' \text{ so wird} \\ z' + \delta &= \varphi \end{aligned} \quad (10)$$

Man findet also die Polhöhe des Beobachtungsortes aus der beobachteten Zenitdistanz und der Declination der Sonne.

Eine solche Messung wurde am 10. März 1868 um 12^h 7'—13' mittl. Zeit München angestellt, sie gibt

	Z	
12 ^h 7'	=	52 ^o 1.0
10		52 1.0
13		52 0.5
<i>z</i>	+	52 0.5
Refr.	+	1.2
<i>z'</i>	=	52 1.7
δ	=	-3 53.1
φ		48 8.6, sollte sein 48 ^o 8.5.

Sollte man ohne im Besitz eines Jahrbuches zu sein, die Zeit bestimmen, so findet man unter der Voraussetzung, dass die Polhöhe aus der Charte auf 1 Minute oder genauer bekannt wird, aus Gleichung (10) durch eine Beobachtung die Declination der Sonne und aus der beigefügten Tafel 6. die dem Datum entsprechende stündliche Aenderung der Declination. In derselben Tafel ist auch die Zeitgleichung auf

1) Geht die Sonne gegen den Nordpol, so tritt die Culmination nach, geht sie gegen den Südpol, so tritt sie vor dem Durchgang durch den Meridian ein. Diese Höhenänderung ist verschwindend für die Genauigkeit des Chronoskop's.

zehntel Minuten enthalten. Genauer kann sie aus vielen Kalendern entnommen werden, die sie jährlich aus dem astron. Jahrbuche abdrucken. In solcher Weise kann man auch ohne Jahrbuch Zeitbestimmungen ausführen.

Sehr einfach wird die ganze Operation, wenn man auf Polhöhe und Declination, letztere wie sie im Kopfe für die Zeit der Beobachtung interpolirt werden kann, einstellt; doch muss immer das Instrument vorher gut berichtigt sein. Man legt dann nach der Ablesung am Chronoskop die Zeitgleichung ebenfalls im Kopfe für die Zeit der Beobachtung interpolirt bei und findet so die Zeit auf $c^a 20''$ sicher, was zu bürgerlichen Zwecken in der Regel genügt. Will man grössere Genauigkeit, so muss man aus wiederholten Beobachtungen das Mittel nehmen.

Beilage.

Verbesserung in der Construction des Chronoskop's.

Zu § 5. Construction.

Die obige Construction ist hervorgegangen aus der Absicht, den Apparat möglichst einfach zu halten. Dass damit Uebelstände verbunden sind, die sich in geringerer Genauigkeit des Resultates fühlbar machen, wird Jeder sehen, der den Bau astronomischer Instrumente genauer studirt hat.

Der schwächste Theil der Construction ist die Absehnslinie. Sie gibt ein so kleines Sonnenbild (nur $0''.3$ Durchmesser), dass Einstellungsfehler von $\frac{1}{20}$ Durchmesser = $6''$ Zeit unvermeidlich sind. Diese Unsicherheit trifft allerdings nur den zufälligen Beobachtungsfehler d. h. sie kann durch Wiederholungen der Einstellungen beliebig verkleinert werden. Aber es wären 36 Beobachtungen nöthig, um $1''$ sicher zu bekommen und das nur unter der Voraussetzung, dass die constanten Fehler = 0 sind. Obige Voraussetzung ist aber nicht begründet, weil jedes Instrument nur bis zu der in der Berichtigung bleibenden Unsicherheit genau ist, also immer noch Fehler begeht. Hier aber ist nicht darauf angetragen, diese Fehler zu eliminiren, weil nur in Einer Lage der Absehnlinie beobachtet werden kann.

Sollte also das Instrument unabhängig werden von den Nullpunktbestimmungen, so müssten Einstellungen auf beiden Seiten jedes Nullpunktes möglich gemacht sein. Die Gesichtslinie müsste überdiess ein scharf begrenztes und viel grösseres Bild der Sonne geben.

Diese Betrachtungen weisen wieder darauf hin, dass ein richtig gebautes Chronoskop ein Aequatorial werden muss, was noch eine dritte Axendrehung um die Verticalaxe hat.

Es lassen sich also auch hier wie in der Instrumental-astronomie die 2 Absichten nicht vereinigen, nämlich möglichst einfache Construction und möglichst grosse Genauigkeit. Man muss die letzte opfern, wenn man die erste will und umgekehrt. Indessen führt auch hier ein Mittelweg direkt zum Ziel und ich will deshalb die Aenderung der ersten Construction angeben, welche die Unsicherheit der Bestimmung in die Grenzen der Sicherheit der Ablesungen der Kreise zurückführt.

Fig. 3 und 4, Tafel 2. zeigt die Construction der verbesserten Gesichtslinie.

In dem Stundenring dreht eine Alhidade mit diametral gegenüberstehenden Nonien. Auf dieser Alhidade sitzt ein ganz kleines Fernrohr von nur 2'' Oeffnung und 12'' Brennweite. Das Sonnenbild im Brennpunkt wird etwa 10 mal vergrössert durch ein Kugelokular.

In möglichst grossem Abstand hinter dem Okular und in der Verlängerung des Axenstrahls des Fernrohres sitzt eine Bildtafel. Das Okular wird soviel herausgezogen, dass auf dieser zum Axenstrahl normalen Ebene ein scharfes Bild der Sonne entsteht. Wenn dieses Bild der Sonne 2'' im Durchmesser hat, so ist es nahezu so hell als direkter Sonnenschein und gestattet folglich eine genaue Beobachtung der Ränder gegen die Linien auf der Bildfläche, die statt der Fäden des Fernrohres funktioniren. Dieses Fernrohr kann auf beiden Seiten des Stundenringes nach der Sonne gerichtet werden und die Berichtigung der Gesichtslinie benöthigt hier kein Niveau. Es entfällt daher Niveau 2, indem man, das Instrument als Verticalkreis und als Horizontalkreis durch Einvisiren eines festen Punktes berichtigt, und doppelte Zenitdistanzen bestimmt.

Zugleich ist die Sicherheit der einzelnen Einstellung 6 mal grösser also auf $c^{\circ} 1''$ sicher. Noch weiter darin zu gehen, wäre illusorisch, da die Kreise nur auf $\frac{1}{2}$ Minute eingestellt werden können.

Es ist also damit das Chronoskop wesentlich genauer und gestattet auch auf andere Objecte z. B. Fixsterne einzustellen, weil ein kleiner Spiegel unter 45° gegen die Absehnslinie direkt hinter das Okular

gestellt, es ermöglicht, in das Okular zu sehen. Genauigkeit und Manigfaltigkeit der Anwendung haben also damit wesentlich gewonnen. Aber man benöthigt 2 Einstellungen statt einer. Es hat also die Einfachheit des Instrumentes und seiner Anwendung damit verloren.

Wollte man nun auch mit der Theilung der Kreise eine Ordnung weiter gehen, die Nonien von 10'' zu 10'' richten, so dürfte die Alhidade des Declinationskreises nicht mehr im Stundenringe schleifend drehen, weil dabei Fehler dieser Ordnung sprungweise vorkommen können. Man müsste dann δ -Kreis und Alhidade ausserhalb des Ringes so anbringen, dass dessen Axe einen Diameter des Ringes bildete. Dann wäre aber auch nöthig, alle 3 Kreise mit Mikrometer - Klemmen zum Festsetzen und Einstellen zu versehen. Dann käme das Instrument auf ein Aequatoreal hinaus, als Stativ auf den Meridanbogen gestellt, zur Aenderung der Polhöhe und versehen mit einer 3^{ten} Axenbewegung um die Verticalaxe.

T a f e l 3.
Zenitdistanzen der Sonne,
wenn gegeben ist φ, δ, t .

δ	p	$\varphi = 48^{\circ} 8'$						
		0 ^h	1 ^h	2 ^h	3 ^h	4 ^h	5 ^h	t
— 20	110	68 8	69 28	73 15	79 9	86 39	— —	
— 10	100	58 8	59 41	63 55	70 29	78 31	86 52	
0	90	48 8	49 54	54 41	61 54	70 31	80 4	
+ 10	80	38 8	40 12	45 43	53 54	62 44	72 36	
+ 20	70	28 8	30 48	37 4	45 51	55 20	65 22	

T a f e l 4.
Für die Correction ds ,
wenn das Chronoskop auf $\delta' = \delta + R$ eingestellt wird.
 $\varphi = 48^{\circ} 8'$.

δ	Werth von ds .					δ
	1 ^h	2 ^h	3 ^h	4 ^h	5 ^h	
+ 20	0.72	1.70	2.77	4.16	6.17	+ 20
+ 10	0.87	1.91	3.11	4.94	8.22	+ 10
0	1.01	2.20	3.82	7.27	13.9	0
— 10	1.30	2.96	5.48	10.2	36.3	— 10
— 20	1.96	4.58	9.96	32.6	—	— 20

ds wird immer dem Stundenwinkel zugelegt.

T a f e l 5.

Mittlere Refractionen nach Bessel.

<i>h</i>	<i>Z</i>	<i>Refr.</i>									
10	80	5.27	20	70	2.62	30	60	1.66	50	40	0.81
11	79	4.81	21	69	2.49	32	58	1.53	55	35	0.67
12	78	4.42	22	68	2.36	34	56	1.42	60	30	0.55
13	77	4.08	23	67	2.25	36	54	1.32	65	25	0.45
14	76	3.79	24	66	2.15	38	52	1.23	70	20	0.35
15	75	3.50	25	65	2.05	40	50	1.14	75	15	0.26
16	74	3.31	26	64	1.96	42	48	1.07	80	10	0.17
17	73	3.11	27	63	1.88	44	46	0.99	85	5	0.11
18	72	2.93	28	62	1.80	46	44	0.93	90	0	0.00
19	71	2.77	29	61	1.73	48	42	0.86			
20	70	2.62	30	60	1.66	50	40	0.81			

Tafel 6.

Die Zeitgleichung von 4 zu 4 Tagen und die Aenderung der Declination der Sonne für 1 Stunde.

Jan.	<i>MZ—WZ</i>	$\frac{d\delta}{1^h}$	Febr.	<i>MZ—WZ</i>	$\frac{d\delta}{1^h}$	März	<i>MZ—WZ</i>	$\frac{d\delta}{1^h}$
1	+ 3.6 _{1.8}	0.20 _{0.07}	1	+ 13.8 _{0.4}	0.70 _{0.06}	1	+ 12.5 _{0.9}	0.95 _{0.02}
5	5.4 _{1.8}	0.27 _{0.08}	5	14.2 _{0.2}	0.76 _{0.04}	5	11.6 _{1.0}	0.97 _{0.00}
9	7.2 _{1.6}	0.35 _{0.07}	9	14.4 _{0.1}	0.80 _{0.05}	9	10.6 _{1.1}	0.97 _{0.01}
13	8.8 _{1.4}	0.42 _{0.07}	13	14.5 _{0.2}	0.85 _{0.03}	13	9.5 _{1.1}	0.98 _{0.00}
17	10.2 _{1.2}	0.49 _{0.06}	17	14.3 _{0.4}	0.88 _{0.02}	17	8.4 _{1.2}	0.98 _{0.00}
21	11.4 _{1.1}	0.55 _{0.05}	21	13.9 _{0.5}	0.90 _{0.02}	21	7.2 _{1.2}	0.98 _{0.00}
25	12.5 _{0.8}	0.60 _{0.07}	25	13.4 _{0.7}	0.92 _{0.07}	25	6.0 _{1.3}	0.98 _{0.01}
29	13.3 _{0.6}	0.67 _{0.05}	29	+ 12.7	0.95	29	4.7 _{1.2}	0.97 _{0.01}
33	+ 13.9	0.72				33	+ 3.5	0.96
April	<i>MZ—WZ</i>	$\frac{d\delta}{1^h}$	Mai	<i>MZ—WZ</i>	$\frac{d\delta}{1^h}$	Juni	<i>MZ—WZ</i>	$\frac{d\delta}{1^h}$
1	+ 3.8 _{1.2}	0.96 _{0.01}	1	- 3.1 _{0.4}	0.75 _{0.04}	1	- 2.4 _{0.6}	0.33 _{0.06}
5	2.6 _{1.1}	0.95 _{0.04}	5	3.5 _{0.3}	0.71 _{0.05}	5	1.8 _{0.8}	0.27 _{0.07}
9	1.5 _{1.1}	0.91 _{0.01}	9	3.8 _{0.1}	0.66 _{0.05}	9	1.0 _{0.8}	0.20 _{0.07}
13	+ 0.4 _{1.0}	0.90 _{0.01}	13	3.9 _{0.1}	0.61 _{0.06}	13	- 0.2 _{0.8}	0.13 _{0.07}
17	- 0.6 _{0.9}	0.89 _{0.04}	17	3.8 _{0.2}	0.55 _{0.05}	17	+ 0.6 _{0.9}	0.06 _{0.05}
21	1.4 _{0.8}	0.85 _{0.04}	21	3.6 _{0.3}	0.50 _{0.06}	21	1.5 _{0.9}	0.01 _{0.06}
25	2.2 _{0.6}	0.81 _{0.04}	25	3.3 _{0.5}	0.44 _{0.06}	25	2.4 _{0.8}	0.07 _{0.07}
29	2.8 _{0.4}	0.77 _{0.03}	29	2.8 _{0.5}	0.38 _{0.06}	29	3.2 _{0.6}	0.14 _{0.05}
33	- 3.2	0.74	33	- 2.3	0.32	33	+ 3.8	0.19

T a f e l 6 (Fortsetzung).

Juli	$MZ-WZ$	$\frac{d\delta}{1^h}$	Aug.	$MZ-WZ$	$\frac{d\delta}{1^h}$	Sept.	$MZ-WZ$	$\frac{d\delta}{1^h}$
1	+ 3.6 _{0.7}	0.16 _{0.07}	1	+ 6.0 _{0.3}	0.63 _{0.05}	1	- 0.3 _{1.2}	0.91 _{0.02}
5	4.3 _{0.6}	0.24 _{0.06}	5	5.7 _{0.5}	0.68 _{0.05}	5	1.5 _{1.4}	0.93 _{0.02}
9	4.9 _{0.5}	0.30 _{0.07}	9	5.2 _{0.6}	0.73 _{0.04}	9	2.9 _{1.4}	0.95 _{0.01}
13	5.4 _{0.5}	0.37 _{0.06}	13	4.6 _{0.8}	0.77 _{0.04}	13	4.3 _{1.4}	0.96 _{0.01}
17	5.9 _{0.2}	0.43 _{0.06}	17	3.8 _{0.9}	0.81 _{0.04}	17	5.7 _{1.4}	0.97 _{0.01}
21	6.1 _{0.1}	0.49 _{0.05}	21	2.9 _{1.1}	0.85 _{0.03}	21	7.1 _{1.4}	0.98 _{0.00}
25	6.2 _{0.0}	0.54 _{0.05}	25	1.8 _{1.1}	0.88 _{0.04}	25	8.5 _{1.3}	0.98 _{0.01}
29	6.2 _{0.2}	0.59 _{0.06}	29	+ 0.7 _{1.3}	0.89 _{0.02}	29	9.8 _{1.3}	0.97 _{0.00}
33	+ 6.0	0.65	33	- 0.6	0.91	33	- 11.1	0.97
Okt.	$MZ-WZ$	$\frac{d\delta}{1^h}$	Nov.	$MZ-WZ$	$\frac{d\delta}{1^h}$	Dez.	$MZ-WZ$	$\frac{d\delta}{1^h}$
1	- 10.5 _{1.2}	0.97 _{0.01}	1	- 16.3 _{0.0}	0.80 _{0.04}	1	- 10.6 _{1.6}	0.38 _{0.07}
5	11.7 _{1.1}	0.96 _{0.01}	5	16.3 _{0.3}	0.76 _{0.05}	5	9.0 _{1.8}	0.31 _{0.08}
9	12.8 _{1.0}	0.95 _{0.02}	9	16.0 _{0.5}	0.71 _{0.05}	9	7.2 _{1.8}	0.23 _{0.07}
13	13.8 _{0.9}	0.93 _{0.02}	13	15.5 _{0.7}	0.66 _{0.06}	13	5.4 _{2.0}	0.16 _{0.08}
17	14.7 _{0.7}	0.91 _{0.02}	17	14.8 _{1.0}	0.60 _{0.06}	17	3.4 _{2.0}	0.08 _{0.07}
21	15.4 _{0.5}	0.89 _{0.03}	21	13.8 _{1.1}	0.54 _{0.06}	21	- 1.4 _{1.9}	0.01 _{0.07}
25	15.9 _{0.3}	0.86 _{0.03}	25	12.7 _{1.4}	0.48 _{0.07}	25	+ 0.5 _{2.0}	0.08 _{0.08}
29	16.2 _{0.1}	0.83 _{0.04}	29	11.3 _{1.5}	0.41 _{0.07}	29	2.5 _{0.9}	0.16 _{0.08}
33	- 16.3	0.79	33	- 9.8	0.34	33	+ 4.4	0.24

Für grössere Zeiten nehmen die Zahlen der Declinationen ab bis zum 20. März. Sie nehmen zu bis 21. Juni, wieder ab bis zum 22. September. Nehmen zu bis 21. Dezember.

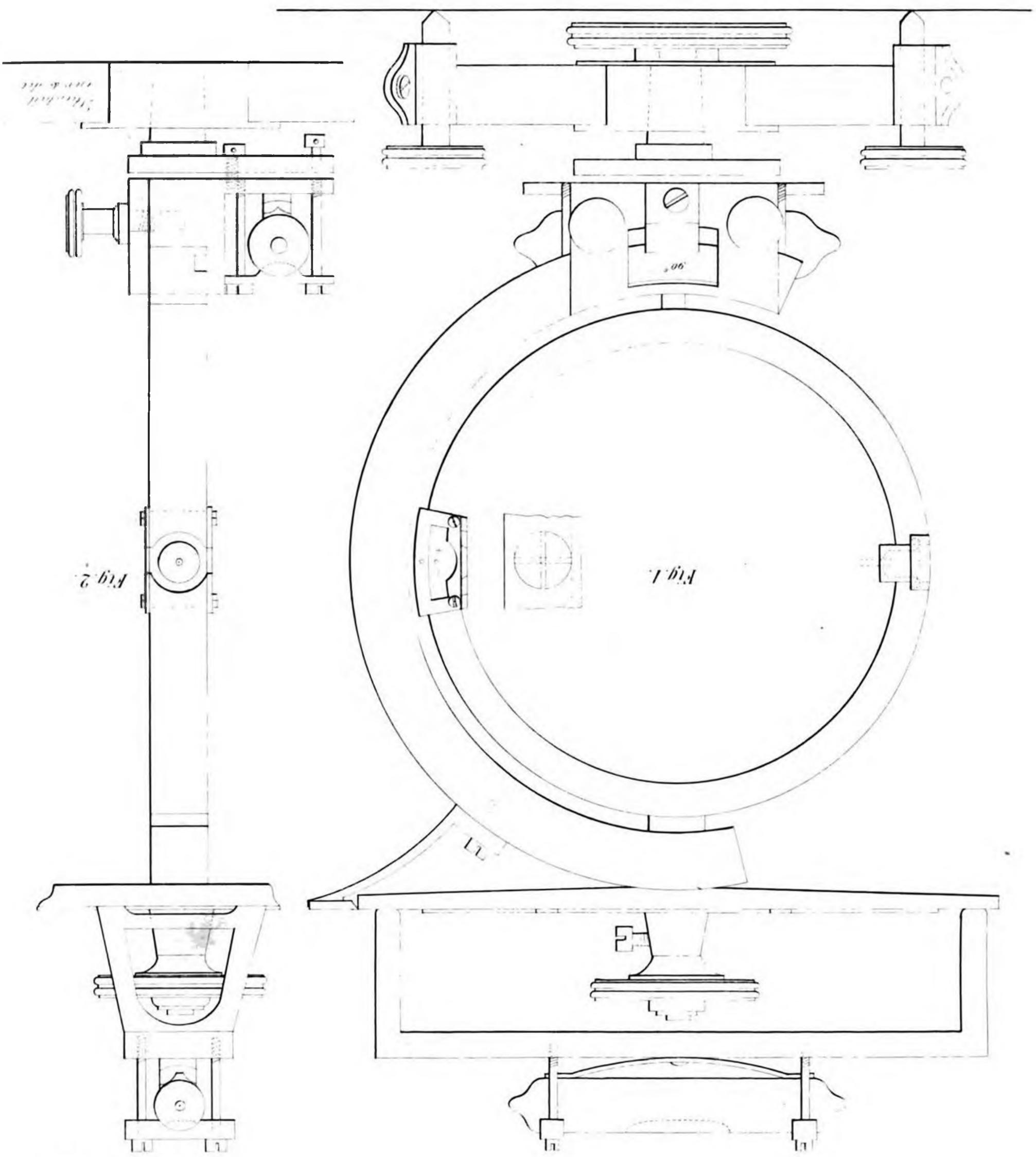


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 4.

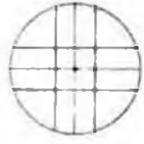
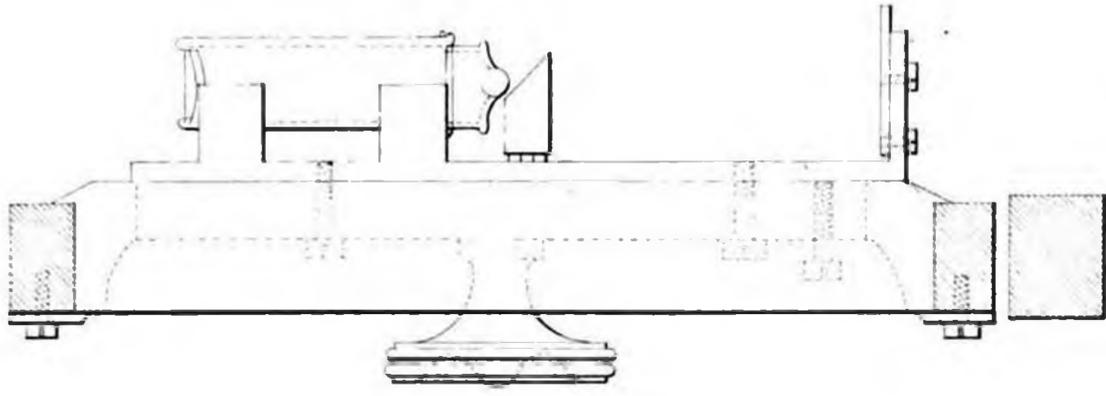
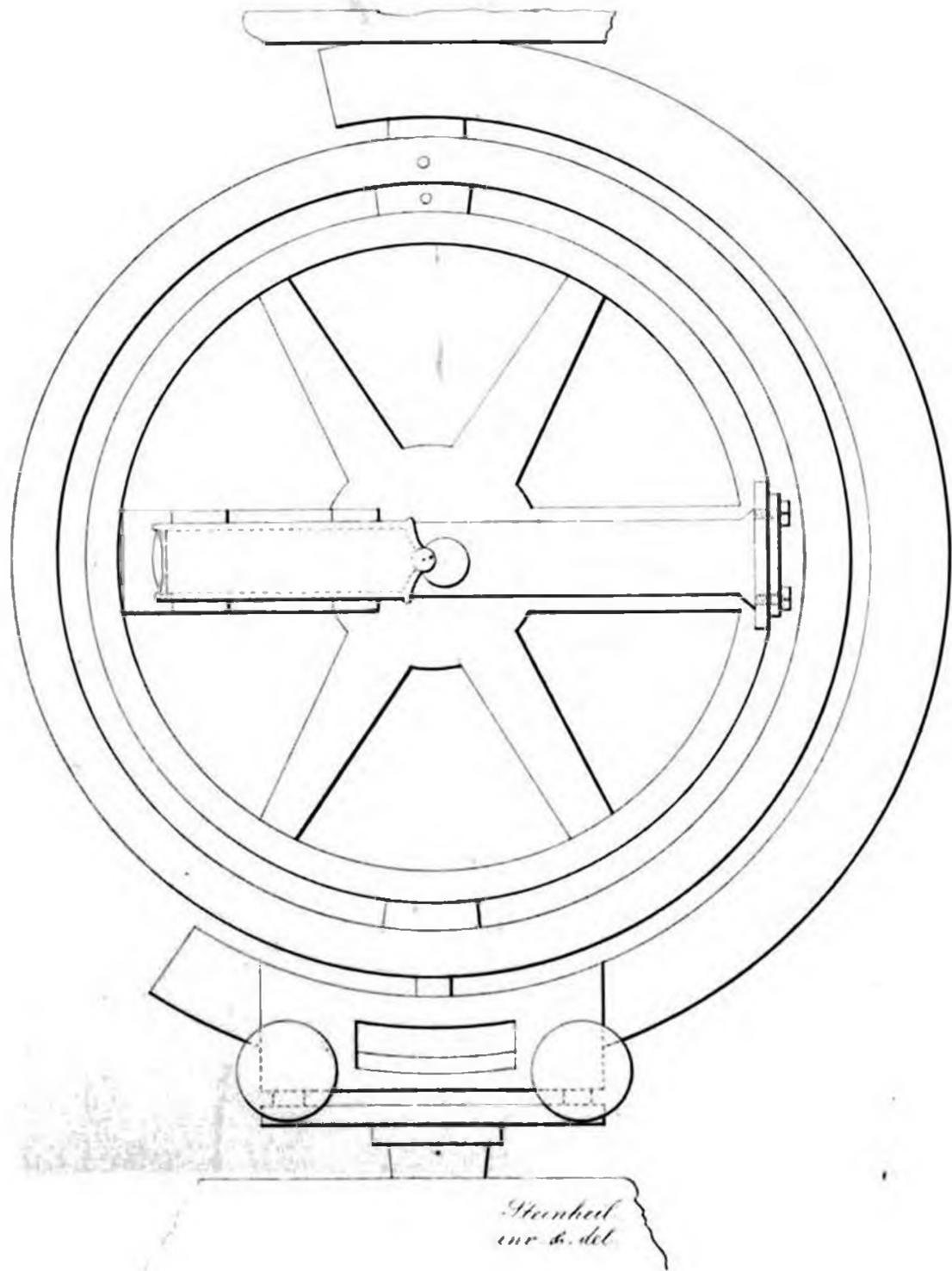


Fig. 3.



Steinheil
inv. & del.