

ZUR GESCHICHTE
DER
ASTRONOMISCHEN MESSWERKZEUGE
VON 1830 BIS UM 1900
ZWEITER (SCHLUSS-) BAND
VON
JOH. A. REPSOLD

1916. 1/2.

MIT 290 ABBILDUNGEN

✓



LEIPZIG
VERLAG VON EMMANUEL REINICKE
1914



Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung, vorbehalten.

Buchdruck und Lichtdruck von F. Bruckmann A.-G., München,
Strichätzungen von Max Feuerlein, Hamburg.

Vorwort.

Eine von Freunden angeregte Fortsetzung meiner Aufzeichnungen zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge habe ich mit großem Bedenken begonnen; theils aus persönlichen Rücksichten, die mich fürchten ließen, im Urtheil beeinflußt zu werden, theils wegen des sehr zerstreuten Materials. In der ersten Hinsicht hoffe ich, mich durch möglichst streng sachliche Abwägung geschützt zu haben, in der anderen aber haben sich die Schwierigkeiten viel größer erwiesen, als ich vermuthet hatte, um so mehr, als meine in den gelesensten astronomischen Zeitschriften ausgesprochene Bitte um Mittheilungen wenig beachtet worden ist.

Es wird mir daher hier weniger noch als in dem Bande von 1908 gelingen können, ein vollständiges und in seinen einzelnen Theilen gleichwerthiges Bild der Entwicklung zu geben. Ich habe meine anfängliche Absicht, es bis zu einem bestimmten, nicht zu sehr vorgerückten Zeitpunkte gleichmäßig fortzuführen, aufgeben müssen und kann nur das bringen, was mir bekannt geworden ist, in möglichstem Zusammenhänge bis etwa 1900, aber ohne überall dieselbe Endfrist einzuhalten. — Das große neue Feld der astrophysikalischen Hülfsmittel, die großentheils schon auf eingehender Erfahrung begründete Behandlung gefunden haben, konnte ich nicht unternehmen, in die Grenzen meiner Betrachtungen zu ziehen.

Daß der Bericht über die Repsold'sche Werkstatt so viel Raum einnimmt, ließ sich, um nicht auch hier allzu unvollständig zu bleiben, nicht vermeiden und erklärt sich durch die lange Dauer und die vielseitige Thätigkeit, die ihr beschieden gewesen ist.

Allen denen, die mir auf meine besonderen Nachfragen bereitwillig Auskunft ertheilt haben und mir sonst förderlich gewesen sind, sage ich herzlichen Dank, im Besonderen Herrn Prof. Harzer, der die Güte gehabt hat, sich an dem Lesen der Correcturen zu betheiligen.

Hamburg, im August 1914.

Joh. A. Repsold.

Inhalt.

	Seite
Berichtigungen und Zusätze zu dem 1908 erschienenen Bande	IX
1. Aus den deutschen Werkstätten und Sternwarten um 1830	I
2. Pulkowa	9
3. Ertel, Merz	16
4. A. & G. Repsold, A. Repsold & Söhne	18
5. Breithaupt, Starke, Pistor & Martins	58
6. Das mechanische Institut	62
7. Steinheil	66
8. Weiteres über Werkstätten und Neuerungen in Deutschland und den Nachbarländern . .	71
9. Aus den englischen Werkstätten von 1830 ab	82
10. Airy	86
11. Englische Privat-Sternwarten	95
12. Cooke	98
13. Grubb	101
14. Troughton & Simms	107
15. Die Werkstätten in Paris von 1830 ab	112
16. Aus den Comptes rendus und den Rapports annuels de l'Observatoire de Paris . .	119
17. Italienischer Excurs	121
18. Weiteres aus den Comptes rendus und den Rapports annuels de l'Observatoire de Paris	126
19. U. S. Coast Survey. Die ersten Sternwarten in Nord-Amerika. Rutherford. Rowland .	135
20. Würdemann. Clark. Buff & Berger. Fauth. Saegmüller	141
21. Warner & Swasey	145
22. Neue Unternehmungen	147

Verzeichniß der wiederholt benutzten Abkürzungen.

Airy, G. B., Account of the Northumberland Equatoreal and Dome, Cambridge 1844	Airy 1844.
— Description of the Altitude and Azimuth Instrument (Greenwich Observations 1847)	Airy 1847.
— Description of the Transit Circle (Greenwich Obs. 1852, App. I)	Airy 1852.
— Description of the Great Equatoreal (Greenwich Obs. 1868, App. III)	Airy 1868.
André et Rayet (et Angot), L'astronomie pratique et les Observatoires, Paris 1871—78	André.
Annalen der k. k. Sternwarte in Wien, 1821	Wien.
Arago, F., Astronomie populaire, Paris—Leipzig 1854	Arago.
Astronomische Nachrichten, herausgegeben von H. C. Schumacher u. A.	A. N.
Berger, C. L., Boston, Briefliche Mittheilungen	Berger.
Berthaut, La Carte de la France, Paris 1898/9	Berthaut.
Bulletin astronomique, fondé en 1884 par E. Mouchet, Paris	Bull.
Carl, Philipp, Repertorium der physikalischen Technik, München	Carl.
Chambers, G. F., Handbook of Astronomy, 4. Ed., Oxford 1890	Chambers.
Comptes rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences, Paris	C. R.
Daguin, P. A., Traité élémentaire de Physique, Paris et Toulouse 1862	Daguin.
Francoeur, Géodésie, 8. ed., Paris 1903	Francoeur.
Gauss-Schumacher, Briefwechsel, herausgegeben von C. A. F. Peters, Altona 1860—65	Gauss-Sch.
Gautier, Alfred, Coup d'œil sur l'état actuel de l'Astronomie pratique, tiré de la Bibl. univ. Décembre. 1823	Gautier.
Gill, David, History and Description of the Royal Observatory Cape of Good Hope, London 1913	Gill.
Instrumentenkunde, Zeitschrift für, Berlin	Instrk.
Loomis, E., The recent progress of Astronomy, especially in the United States, 3. ed., New-York 1856	Loomis.
Main, Rob., Account of the Observatories in and about London, 2. issue, London 1855	Main.
Mémorial du Dépôt de la Guerre, Paris	Mémorial.
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, London	M. N.
Philosophical Transactions, London	Ph. Tr.
Porro, Ignazio, Applicazione della Celerimensura, Creazione del Gran Libro Fondiario, Firenze 1862 — Milano 1871, 4. Ed.	Porro.
Rapport annuel de l'État de l'Observatoire de Paris	R. a.
— des Observatoires de province	R. a. p.
Report of the Superintendent of the U. S. Naval Observatory, Washington	R. W.
Riccardi, P., Cenni sulla storia della Geodesia in Italia, Bologna 1879—84	Cenni.
Rivista di Astronomia, Torino, Julio 1910	Rivista.
Rowland, H. A., Physical Papers of Baltimore 1903	Rowland.
Sawitsch, A., Abriß der praktischen Astronomie, übersetzt von Goetze, Hamburg 1850/1	Sawitsch 50.
— übersetzt von Peters, Leipzig 1879	Sawitsch 79.
Scheiner, J., Photographie der Gestirne, Leipzig 1897	Scheiner.
Simms, Frederick W., A treatise of the principal mathematical Instruments, 8. Ed., London 1850	F. Simms.
— William, The astronomical telescope and its various mountings, London 1852	W. Simms
Struve, Wilhelm, Description de l'Observatoire de Pulkova, St. Pétersbourg 1845	Descr.

Tinter, N., in Exner, Beiträge zur Geschichte der Gewerbe und Erfindungen in Oesterreich, Wien 1873	Tinter 1873.
— im Ausstellungsbericht Wien 1874, Gruppe XIV, Sect. 1, 2	Tinter 1874.
Vierteljahrs-Schrift der Astronom. Gesellschaft, Leipzig	V. J. S.
Wolf, Rud., Handbuch der Astronomie, Zürich 1892	Wolf.
Zach, F. von, Monatliche Correspondenz, Gotha 1800—13	M. C.
— Correspondance astronomique, Genève 1819—26	Zach.

^m = Meter.

^{cm} = Centimeter.

^{mm} = Millimeter.

^f = Fuß

^z = Zoll

^l = Linie

^e = Fuß

ⁱ = Zoll

^t = Theil.

^r = Halbmesser.

(I, . . .) verweist auf einen Ort in dem 1908 erschienenen Bande.

Berichtigungen und Zusätze zu dem 1908 erschienenen Bande.

- Seite 5, Zeile 22 lies »Cylinderdurchmesser«, statt »Scheibendurchmesser«.
» 5, » 24 » ein Komma hinter »visirt«.
» 9, » 41 » »Sédillot«, statt »Sédilolt«.
» 13, » 24 » »Aristoteles«, statt »Archimedes«.
» 21, » 16 » »in der Casseler Landesbibliothek«, statt »im Casseler Archiv,
das jetzt nach Marburg überführt worden ist«.
» 30, » 5 u. 35 lies »Hoffmann« statt »Hofmann«. — Joh. Friedrich Hoff-
mann, Austriae et Styriae Mareschalcus hereditorius, hatte
Kepler bei Tycho eingeführt (Frisch 2, 760).
» 30, Fig. 38 lies »Sextant«, statt »Quadrant«.
» 47—50, Fig. 59—64 lies »Basis astronomiae aus Opera math. phys. 3«, statt
»Basis astronomiae III«.
» 65, Fig. 88 u. Fig. 89 sind in den Nummern zu vertauschen.
» 73 ist am Ende hinzuzufügen:

Einen weiteren Fortschritt machte N. de Charnières (1710?
bis 1775?), indem er die Bewegung der Objectivhälften auf
einer aus dem Brennpunkte beschriebenen Cylinderfläche ein-
führte. Er war auf diese Einrichtung hingewiesen, da er sein
Instrument für große Winkel, bis 10° , benutzen wollte (daher
auch der Name Megameter), und zwar besonders zur Messung
von Stern-Abständen auf See. Am 15. November 1766 legte er
der Akademie in Paris seine ersten Vorschläge dar, bei denen
er die Objectivhälften noch in Tangenten bewegte. Erst 1769
fand er eine Lösung für die Bewegung im Bogen, indem er
zwei von den Objectiv-Schiebern vorspringende, cylindrische
Zapfen sich in Bohrungen an den Muttern einer Schraube mit
rechts- und linksläufigem Gewinde zwangfrei führen ließ. Er
hielt sein Instrument den englischen Octanten für weit über-
legen, deren Spiegel besonders er ungenügend gefunden hatte.

De Charnières ließ sein Megameter von Carochez her-
stellen und beschreibt es ausführlich in seiner »Théorie et
»Pratique des longitudes en mer«, Paris 1772; [Fig. I, 172].
Das Objectiv hat 15^1 Oeffnung, 40^z Brennweite; der seitliche
Abstand der beiden Hälften kann durch eine besondere Ver-
stellung berichtigt werden. — Die Messungen geschehen durch

die Schraube, die einen Zeiger mit Vernier in einer feststehenden Theilscheibe herumführt; die Schraubenumgänge werden nach einer Scala abgelesen. Die Bewegung der Schraube wird durch Zahnrad-Uebersetzungen vom Ocular her bewirkt. Das Instrument ruht mit Compaßgelenk auf einem Dreifuß. — R. Wolf nennt als an der Erfindung des Megameters betheiligt den Astronomen Pierre Antoine Véron, 1736—70 (Wolf § 407).

Seite 77, Zeile 6 lies »bedient«, statt »begnügt«.

» 87, Ende » als Note zu »Lennel«: baute um 1775 ein Durchgangs-Instrument von 3^f Brennweite für Darquier in Toulouse (Bigourdan, *Histoire de l'Astronomie à Toulouse*, Paris 1883, A 13) und einen Quadranten von $r=3^f$ für Riquet de Bonrepos (a.a.O. A 17).

» 94, Zeile 10 lies »1771«, statt »1772« (v. Dyck, Reichenbach, München 1912).

» 94, Fig. 137 ist in Folge einer Verwechslung im Einbande der benutzten Annalen nicht zutreffend; es gilt die nebenstehende [Fig. I, 137^b].

Seite 99, Zeile 21 lies nach »Theodolit« als Note: Als Theodolit (Theodolite) wird schon 1571 in Leonhard Digge's »Pantometria« ein über einem horizontalen Kreise drehbares Diopterlineal benannt. Diese Bezeichnung wurde beibehalten, als Sisson das Lineal durch ein kippendes Fernrohr ersetzt hatte.

» 100, Fig. 139 zeigt nicht einen 18-zölligen, sondern einen etwa 9-zölligen astronomischen Kreis. Der 18-zöllige befindet sich auf der Sternwarte in Kopenhagen.

» 109, Zeile 13 lies »an Federn horizontal ausfliegende Gewichte«, statt »rundlaufende Pendel«.

» 109, » 31 » nach »erscheinen« als Note: In ähnlicher Weise hat Kepler seitlich beleuchtete Diopter auf dunklem Grunde hergestellt (Frisch 7, 305); er schreibt dem Landgrafen Philipp im December 1623, nachdem er über Tycho's »rimas« gesprochen hat: »Ich aber hab bessere Befürderung befunden, wan ich »ein Liecht oder Kohlen rücklings hab halten lassen, das der »Cylinder erleuchtet vnd sichtig worden vnd das Liecht mir doch »nit vnder das Gesicht geschinen. Dan von disser Erleuchtung des Cylinders gehen die pupillae oculi zusammen, vnd »alsdan siehet man den Stern mehr rain, als wären Ime die »übrigen Streimen abgewischt; dan bedarf Ich auch der engen »rimarum nit sonderlich, sondern kan vnderscheiden, wie »weit der Stern vom Cylindro stehe, wan ich also sie beide »zumahl ins Gesicht nemen khan«.

Wenn dann 1792 Lalande sagt (Lalande 2, 669f.): »Il y »a des astronomes qui éclairent les fils par une ouverture »pratiquée vis-à-vis de l'oculaire; mais les fils éclairés de côté »paroissent alors d'une forme différente par un reflet de lu-

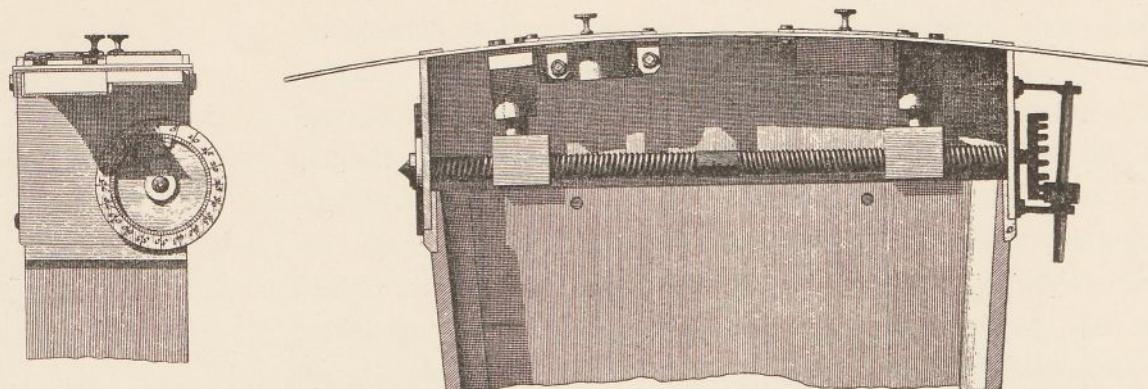
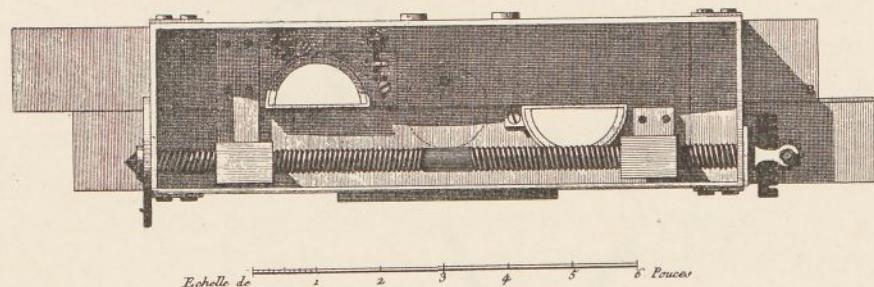


Fig. I, 172



Echelle de 1 2 3 4 5 6 *Pouces*
de Charnière's Megameter, 1772,
nach dessen Théorie et Pratique des Longitudes en mer, 1772.

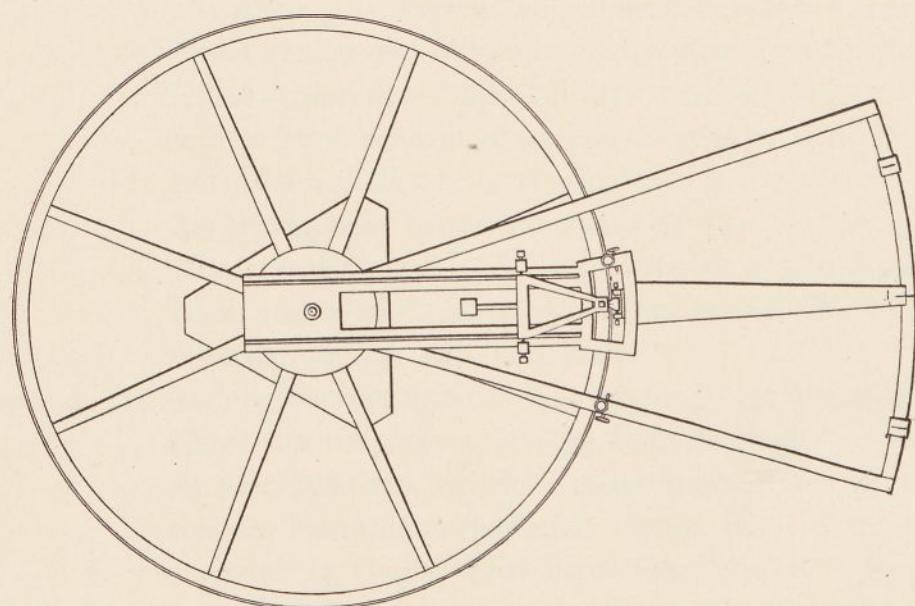


Fig. I, 137b

Reichenbach's Theilmachine,
nach Gilbert's Annalen 68.

»mire qui est souvent irrégulier. — On éviteroit bien de l'embarras si l'on parvenoit à voir les fils même dans l'obscurité; cela est possible, pourvu que l'on obscurcisse l'observatoire et que l'œil ne voie point la lumière«, so handelt es sich, nach Art der Befestigung der »fils«, die er vorschreibt (Lalande 2, 608), auch hier um Metalldrähte.

Zu den Spinnfäden sei bei dieser Gelegenheit bemerkt, daß sie erst gegen 1800 von Troughton in allgemeinen Gebrauch gebracht zu sein scheinen; er sagt aber selbst, daß sie zuerst (um 1775) von Fontana¹⁾), später auch von Rittenhouse benutzt wurden (M. C. 2, 214 f.). — Brander soll ebenfalls Spinnfäden benutzt, aber seine Striche auf Glas vorgezogen haben. — Nach Gauss und Schumacher hätte auch Ramsden Spinnfäden verwandt (Gauss-Sch. 4, 100); dem widerspricht freilich, vielleicht als einzelner Fall, die Zeichnung I, Fig. 136, wo das Mikrometer einen unter Schraubenköpfen gehaltenen Faden, also doch wohl einen metallenen, zeigt.

Eine Verschärfung der Einstellung auf Sterne durch Benutzung von Doppelfäden scheint J. G. Repsold zuerst eingeführt zu haben (M. C. 22, 507); Schumacher sagt dort: »Repsold beobachtet auch nicht so, daß er ihn (den Stern) von dem Faden durchschneiden läßt, sondern er faßt ihn in die Mitte von zwei Fäden, die 20" auseinander sind.« — Auch die jetzt übliche Streckung der Spinnfäden im Wasser wurde (1819) von J. G. Repsold eingeführt (Gauss-Sch. 1, 172; 4, 100). Leider genügt dies Verfahren nicht unter allen Umständen, das Schlaffwerden der Fäden bei sehr feuchter Luft zu verhüten, und es sind deshalb neuerdings Versuche gemacht worden, Metallfäden als Ersatz zu verwenden. Solche werden jetzt wohl von genügender Feinheit hergestellt, aber sie haben, bei ähnlicher Tragfähigkeit, nicht die Elasticität der trockenen Spinnfäden und sind daher schwierig zu behandeln; es bleibt abzuwarten, ob sie sich bewähren.

Seite 113, Zeile 17 lies nach »gewesen« als Note: Fig. 155 zeigt eine wesentlich größere Länge des Fernrohres, welche Repsold mag veranlaßt haben, die Reichenbach'schen Hebel anzubringen. Sie sind entstanden, ehe das Instrument abgeliefert wurde, denn Repsold schreibt 7/2 1818 an Gauss: »Ich habe dem Fernrohr Gegengewichte gegeben, die um einige 20 Pfund das Gewicht der Achse vermehrt haben«.

» 115, Fig. 157 lies 1823, statt 1820.

¹⁾ Felice Fontana, Pomarolo 1730 — Florenz 1805.

Seite 115, Zeile 6 von unten lies statt »[Fig. 157]«: und von denen Gauss selbst sagt, sie haben mit seinem Heliotrop gar nichts gemein (Gauss-Sch. 1, 290); er bezieht sich dabei auf eine in Bode's Jahrbuch von 1825 von Schuback gegebene kurze Beschreibung von Repsold's Heliotrop, das er aber irrthümlich nach Gauss benannt hatte. Repsold's ersten Heliotrope werden im Sommer oder Herbst 1821 entstanden sein, da Schumacher am 16. November 1821 an Gauss schreibt, er habe kleine Heliotrope benutzt; eins derselben zeigt die nebenstehende Fig. I, 157^b (vgl. Instrk. 1913 Juni und 1914 November). — Betreffs der von Gauss eingeführten Bezeichnung »Heliotrop« ist noch zu bemerken, daß sie nach R. Wolf (Geschichte, 5) von den Griechen und Römern für eine Sonnenuhr benutzt wurde, bei welcher der Schatten einer kleinen Kugel in einer nach Berosus (I, 4) concentrisch ausgehöhlten Schale verfolgt wurde, und die man auch skaphe, scaphium nannte (Bailly 1, 73).

- » 116, » 4 ist nach »hergestellt« einzufügen: [Fig. 157], von 1823 (vgl. Instrk. 1897 Januar und 1913 Juni).
- » 119, » 2 lies »Diese Methode hat Gauss schon 1813 beschäftigt« statt »Diese Methode . . . bis Spiegels«.
- » 119, » 7 ist nach »haben« einzufügen: Dagegen schreibt Gauss am 12/3 1826 an Bessel über den von Bohnenberger in A. N. 4, 327 veröffentlichten Artikel: »Ich hatte dieselbe Idee zur Bestimmung des »Collimationsfehlers, die so nahe liegt, auch gleich anfangs »gehabt, aber ich sah nicht wohl ab, wie sie ausführbar wäre. »Bohnenberger hat sie nun praktisch bewährt; aber ich hätte »gewünscht, daß er über das Detail der Einrichtungen ausführlicher gewesen wäre. In der That sehe ich bis diese »Stunde noch immer die Ausführbarkeit nicht recht ein bei »größeren Instrumenten«. — Danach ist anzunehmen, daß Gauss sich 1813 das Verfahren wohl als möglich vorgestellt, Versuche aber bis 1826 mit Erfolg nicht angestellt hatte. Bohnenberger ist ihm zuvorgekommen und hat auch, wie aus seinem Artikel hervorgeht, Gauss' Vorschlag von 1813 nicht gekannt; er wußte nur, daß Pond, Gauss und Bessel an Quecksilber reflectirte Sterne beobachtet hatten. — Gauss machte erst 1846 die von ihm nach Bohnenberger's Vorschlag hergerichtete Einrichtung zur Beleuchtung des Nadir-Horizontes bekannt (A. N. 25, 43): ein in 45° stehendes Planglas zwischen den beiden Linsen eines seitwärts durchbrochenen Ramsdenschen Oculars, deren untere aber herausgenommen war. Sie hat den Uebelstand, daß dabei ein besonderes, schwaches Ocular verwandt werden muß. Später (1849) benutzte Gauss, ver-

Seite 115, Zeile 6 von unten lies statt »[Fig. 157]«: und von denen Gauss selbst sagt, sie haben mit seinem Heliotrop gar nichts gemein (Gauss-Sch. 1, 290); er bezieht sich dabei auf eine in Bode's Jahrbuch von 1825 von Schuback gegebene kurze Beschreibung von Repsold's Heliotrop, das er aber irrthümlich nach Gauss benannt hatte. Repsold's ersten Heliotrope werden im Sommer oder Herbst 1821 entstanden sein, da Schumacher am 16. November 1821 an Gauss schreibt, er habe kleine Heliotrope benutzt; eins derselben zeigt die nebenstehende Fig. I, 157^b (vgl. Instrk. 1913 Juni und 1914 November). — Betreffs der von Gauss eingeführten Bezeichnung »Heliotrop« ist noch zu bemerken, daß sie nach R. Wolf (Geschichte, 5) von den Griechen und Römern für eine Sonnenuhr benutzt wurde, bei welcher der Schatten einer kleinen Kugel in einer nach Berosus (I, 4) concentrisch ausgehöhlten Schale verfolgt wurde, und die man auch skaphe, scaphium nannte (Bailly 1, 73).

- » 116, » 4 ist nach »hergestellt« einzufügen: [Fig. 157], von 1823 (vgl. Instrk. 1897 Januar und 1913 Juni).
- » 119, » 2 lies »Diese Methode hat Gauss schon 1813 beschäftigt« statt »Diese Methode . . . bis Spiegels«.
- » 119, » 7 ist nach »haben« einzufügen: Dagegen schreibt Gauss am 12/3 1826 an Bessel über den von Bohnenberger in A. N. 4, 327 veröffentlichten Artikel: »Ich hatte dieselbe Idee zur Bestimmung des »Collimationsfehlers, die so nahe liegt, auch gleich anfangs »gehabt, aber ich sah nicht wohl ab, wie sie ausführbar wäre. »Bohnenberger hat sie nun praktisch bewährt; aber ich hätte »gewünscht, daß er über das Detail der Einrichtungen aus »führlicher gewesen wäre. In der That sehe ich bis diese »Stunde noch immer die Ausführbarkeit nicht recht ein bei »größeren Instrumenten«. — Danach ist anzunehmen, daß Gauss sich 1813 das Verfahren wohl als möglich vorgestellt, Versuche aber bis 1826 mit Erfolg nicht angestellt hatte. Bohnenberger ist ihm zuvorgekommen und hat auch, wie aus seinem Artikel hervorgeht, Gauss' Vorschlag von 1813 nicht gekannt; er wußte nur, daß Pond, Gauss und Bessel an Quecksilber reflectirte Sterne beobachtet hatten. — Gauss machte erst 1846 die von ihm nach Bohnenberger's Vorschlag hergerichtete Einrichtung zur Beleuchtung des Nadir-Horizontes bekannt (A. N. 25, 43): ein in 45° stehendes Planglas zwischen den beiden Linsen eines seitwärts durchbrochenen Ramsdenschen Oculars, deren untere aber herausgenommen war. Sie hat den Uebelstand, daß dabei ein besonderes, schwaches Ocular verwandt werden muß. Später (1849) benutzte Gauss, ver-

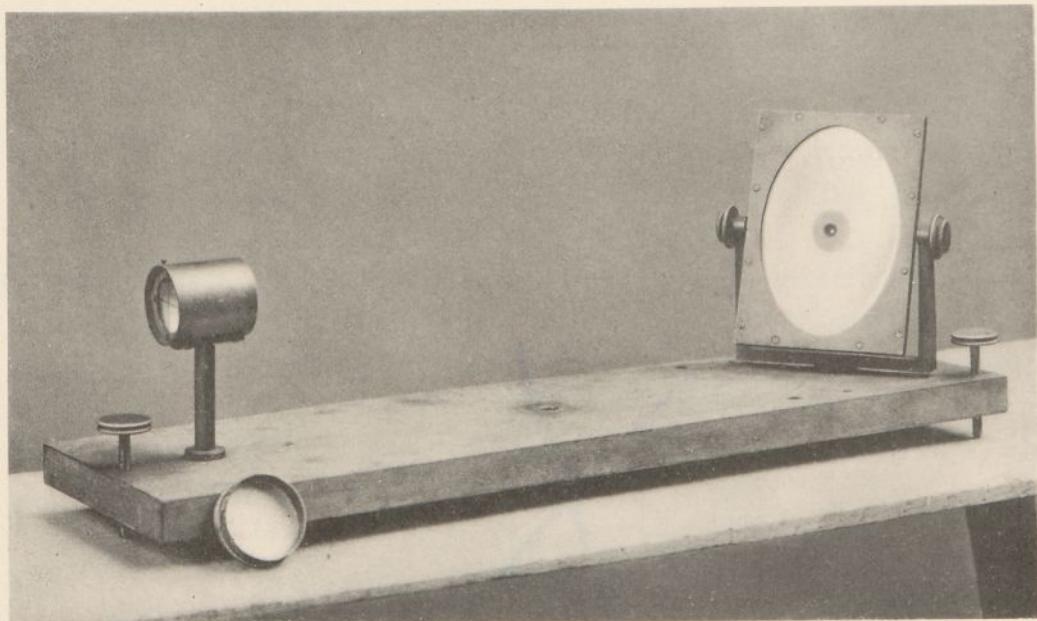


Fig. I, 157^b

Heliotrop von 1821.

anlaßt »durch eine Benachrichtigung Wichmann's«, ein Mikroskop als Ocular (Gauss-Sch. 6, 36). Auch in diesem Falle bleibt der Uebelstand der Auswechselung der Oculare bestehen, wenn man nicht etwa zur ausschließlichen Anwendung eines Mikroskops als Ocular übergehen will. — Bessel's Verfahren (Königsberg. Beobh. 27, XIII), eine kleine Glasplatte in 45° auf das Ocular zu setzen, hat dagegen den Vorzug, die Benutzung des gewöhnlichen Beobachtungs-Oculars auch für die Nadir-Einstellungen zu gestatten. Bessel hat es, wie er 1841 selbst sagt (A. N. 18, 218), von Steinheil übernommen und dieser vielleicht von Bohnenberger, der es im Wesentlichen schon in seinem Artikel von 1825 angiebt (A. N. 4, 334) und auch eine oft sehr nützliche seitliche Sammellinse zur Verstärkung des Lichtes vorschlägt.

Seite 119, Zeile 13 nach »gab« lies als Note: Bohnenberger bemerkt (A. N. 4, 330), daß Lambert (I, 72) schon 1769 den Nutzen zweier gegen einander gerichteten, auf unendliche Entfernung eingestellten Fernrohre erkannt und daß Brander (I, 72) einen praktischen Versuch damit angestellt hat. — Nach Kater (A. N. 4, 225) hat Rittenhouse solche Collimatoren 1785 benutzt.

- » 122, » 27 nach »(oben S. 102)« lies als Note: Nach Chambers soll schon Ramsden im Jahre 1780 eine ähnliche Einrichtung ausgeführt haben (Chambers, 206).
- » 122, » 94 lies »Repeating Altitude and Azimuth Circle genannt, eine Nachbildung des Borda-Kreises, die um 1808«, statt »Altazimuth mit $2\frac{1}{2}$ -füßigem Fernrohr, das um 1825«.
- » 122, Fig. 165 lies »Troughton's Repeating Altitude and Azimuth Circle, 1808«, statt » $2\frac{1}{2}$ -f. Altazimuth von Troughton, um 1825«.
- » 125, Zeile 8 von unten lies nach »ist« als Note: A. Gautier hat ihn aber 1823 im Mittelthurm der Pariser Sternwarte aufgestellt gesehen (Gautier, 180).
- » 126, Zeile 4 lies »Hirzfelden (Oberelsaß) 1765—1834« statt »Aachen ca. 1773«.
- » 126, Fig. 170 lies »1843 in der Sternwarte aufgestellt«, statt »um 1819«.
- » 126, » 171 lies »1834 in der Sternwarte aufgestellt«, statt »um 1819«.

Berichtigungen zu Band II.

Seite 3, unten:

Nach Briefen von Adolf Repsold an Wilhelm Struve vom 17/1 und 13/5 1834 wurde die Theilung der großen Theilmaschine zunächst nicht von 30° zu 30° , sondern von 10° zu 10° durchgeführt (das wird als die »Hauptarbeit« bezeichnet); dementsprechend wird auch das weitere Verfahren bei der Eintheilung ein anderes gewesen sein. Die Theilung von $2'$ zu $2'$ wurde am 3. März 1835 vollendet.

- » 6, Note 3 lies »Jürgensen« statt »Jürgens«.
- » 40, » » »New-Orleans 1855« statt »?«
- » 41, Zeile 11 » »7« statt »7«.
- » 41, Note ist nachzutragen »— London 1914«.
- » 68, Zeile 5 ist nach »untersucht.« einzufügen: Zu seinem Meridiankreise hatte

Steinheil 1828 auch einen Apparat geplant, welcher die Durchgangs-Beobachtungen von dem Gehör des Beobachters unabhängig machen sollte: Einen durch ein Uhrwerk und eine Schraube fortgeführten Schieber mit einem Papierstreifen oder einer Silberplatte, worauf ein durch eine Taste in Bewegung gesetzter kleiner Hammer bei jedem Sterndurchgang nach dem Fingerdruck des Beobachters ein Zeichen giebt. Aehnliche Zeichen werden vor und nach jeder Beobachtungsreihe für bestimmte Stände des Secundenzeigers der Uhr gemacht, und auf diese sind die Durchgangs-Zeichen unter einem Mikroskop zu beziehen (Briefwechsel Bessel—Steinheil, Leipzig 1913, 241/2). — Steinheil scheint auf dieses Project nicht zurückgekommen zu sein.

- » 79, » 6 lies »Kapteyn« statt »Gill«.
- » 97, » 4 » »M. N. 40, 17« statt »M. N. 40, 57«.







In den hiermit fortgehenden Aufzeichnungen zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge sind, neben der chronologischen Ordnung, weitere Abgrenzungen dadurch eingeführt worden, daß im Allgemeinen die verschiedenen Ländergruppen getrennt behandelt werden, wie es im früheren Bande theilweise schon geschehen ist, und zwar: Deutschland mit den Nachbarländern, England und seine Kolonien, Frankreich und Italien und, neu hinzukommend, die Vereinigten Staaten von Nordamerika. Diese Anordnung ist indeß ohne Bedenken durchbrochen worden, wo die Uebersichtlichkeit des Stoffes dadurch gewinnen konnte.

1. Aus den deutschen Werkstätten und Sternwarten um 1830.

In dem früheren Bande wurde berichtet bis etwa zum Tode Reichenbach's, Fraunhofer's und J. Georg Repsold's. Ihre Nachfolger waren bemüht, die übernommenen Werkstätten im alten Sinne fortzuführen.

In München zunächst war Ertel (I, 97) schon seit 1820 der technische Leiter der Reichenbach'schen Werkstatt, da Reichenbach selbst durch seine großen öffentlichen Arbeiten vollauf in Anspruch genommen war. Auch nach dessen Tode behielt Ertel im Wesentlichen die ihm überkommenen Constructionen bei, besonders die Wiederholung bei den Kreisablesungen, obgleich sich Reichenbach schon dagegen ausgesprochen hatte, sowie die Verniers, im Gegensatze zu den Mikroskopen; aber er gab die Gegengewichtshebel an den Fernrohren auf und führte zur größeren Steifigkeit conische Rohre ein. — Ertel's erstes Preisverzeichniß, von 1831 (A. N. 10, 11), giebt einige Auskunft über seine Wirksamkeit, wenngleich natürlich nicht in allen Dingen, wie sie war, doch so, wie er sie anstrehte¹). Es finden sich da Meridiankreise von 3^f Durchmesser mit Objectiven von 51¹ Oeffnung, 60^z Brennweite und kleiner, Durchgangs-Instrumente mit Objectiven von 66¹ Oeffnung, 96^z Brennweite und kleiner, Repetitionskreise von 3^f Durchmesser mit zweifüßigem Horizontalkreis und »stehender Säule«, Objectiv: 37¹ Oeffnung, 48^z Brennweite und eine kleinere Sorte, die ungefähr Reichenbach's astronomischem Kreise entspricht; ein Aequatoreal von 38¹ Oeffnung, 42^z Brennweite mit 3^f 9^z langer, an den Enden eingelagerter Stundenachse und seitlich daran drehbarem Fernrohr, sowie eine kleinere Sorte auf einer Säule; an kleineren Instrumenten: ein tragbarer Meridiankreis, ungefähr in Form eines neueren Universal-

¹⁾ Das gilt natürlich für alle Preisverzeichnisse und Kataloge, auf die weiterhin Bezug genommen werden wird, und kann leider zu Ungenauigkeiten Anlaß geben, da oft keine anderen Quellen vorliegen.

Instrumentes mit Umlegung, daneben das alte Reichenbach'sche Universal-Instrument ohne Umlegung und mit Sicherheitsrohr, und eine Reihe von Multiplications-Theodoliten, astronomisch und terrestrisch, mit und ohne Sicherheitsrohr, alle wesentlich nach Reichenbach und mit Verniers.

Ertel's Absatz an tragbaren Instrumenten nach Rußland war sehr groß (Schumacher hat, wie er im October 1840 an Gauss schreibt, beim Generalstab in St. Petersburg 155 Ertel'sche Theodoliten gesehen), und dort sind, zu großem Theil unter W. Struve's Einfluß, auch wesentlich veränderte Formen benutzt worden: Der astronomische Theodolit¹) ist noch complicirter geworden, als Reichenbach's (I, Fig. 140). Soll der Theilkreis in verticaler Lage benutzt werden, so wird, wie früher, ein gerades Fernrohr gebraucht [Fig. 1^a]; das Sicherheitsrohr liegt neben dem Kopfe der senkrechten Achse, und diese trägt eine Säule mit Gegengewichtshebel zur Entlastung der horizontalen Achse, während ein unteres Gegengewicht im Uebrigen das Gleichgewicht herstellt. Wird aber der Kreis in horizontaler Lage verwandt [Fig. 1^b], so wird auf seiner nun senkrecht stehenden Achse ein offener Lagerbock befestigt, in welchem ein gebrochenes Fernrohr ruht und umgelegt werden kann (Sawitsch 50, 1, 146 ff.). Man hat damit ein vollständiges Universal-Instrument; aber der Aufbau ist sehr hoch und verwickelt geworden, ohne mehr zu bieten, als ein einfaches Universal-Instrument.

Ertel's von Sawitsch²) (Sawitsch 50, 1, 156) beschriebenes kleines Universal-Instrument, welches auch nach Struve's Angaben umgestaltet sein soll, unterscheidet sich dadurch von Reichenbach's Instrument, daß ein gerades, am Ende der Achse sitzendes Fernrohr, statt des gebrochenen inmitten der Achse eingeführt worden ist. Dadurch ist es hauptsächlich ein geodätisches Instrument geworden, was es in diesem Falle, nicht nach Reichenbach, wohl auch sein sollte [Fig. 2].

Ein kleines Durchgangs-Instrument mit Azimuthal-Bewegung und -Ablesung, sonst in einfacher Form, zeigt [Fig. 3]. Die Feldbeleuchtung giebt ein vor das Objectiv gesteckter kleiner Reflector.

Ein Preisverzeichniß von 1834 (A. N. 11, 419; 12, 49) gleicht fast dem früheren. Fraunhofer's Werkstatt, deren Leitung Merz und Mahler (I, 110) übernommen hatten, blieb in Utzschneider's Besitz (A. N. 13, 28). Ein vom December 1826 datirtes, 1830 (A. N. 7, 307) veröffentlichtes Preisverzeichniß der Firma Utzschneider & Fraunhofer giebt an größeren Instrumenten nur das $3\frac{1}{2}$ -fößige Heliometer und einen Refractor von $6\frac{1}{2}^z$ Oeffnung, $9\frac{1}{4}^z$ Brennweite (mit Declinations-Quadranten) mit der Bemerkung: »außer diesen 9-füßigen Refractoren sind noch einige von 14^z Brennweite und $8,5^z$ Oeffnung in Arbeit. Bei Bestellung solcher größerer Instrumente wird man sich über

¹⁾ Sawitsch sagt (Sawitsch 50, 1, 146): »Nach Reichenbach werden alle diejenigen Instrumente Theodoliten genannt, bei welchen der getheilte Kreis sowohl die horizontale, als auch verticale, aber keine der Zwischenlagen annehmen kann.« Das wäre doch zu weit gegriffen. Denn, wenn auch der Ursprung des Wortes »Theodolit« noch unklar ist, so ist doch nicht zu bezweifeln, daß es seit Jahrhunderten in England für Instrumente benutzt wird, die ausschließlich oder wenigstens vorwiegend zur Messung horizontaler Winkel dienen, und es ist nur zweckmäßig, es zum Unterschied von Höhenkreisen (Verticalkreisen) und Universal-Instrumenten in diesem Sinne beizubehalten.

²⁾ Alexis Sawitsch, Bjelowodok, Gouv. Charkow, 1811 — St. Petersburg 1883, Prof. astr. St. Petersburg.

als Theodolit.

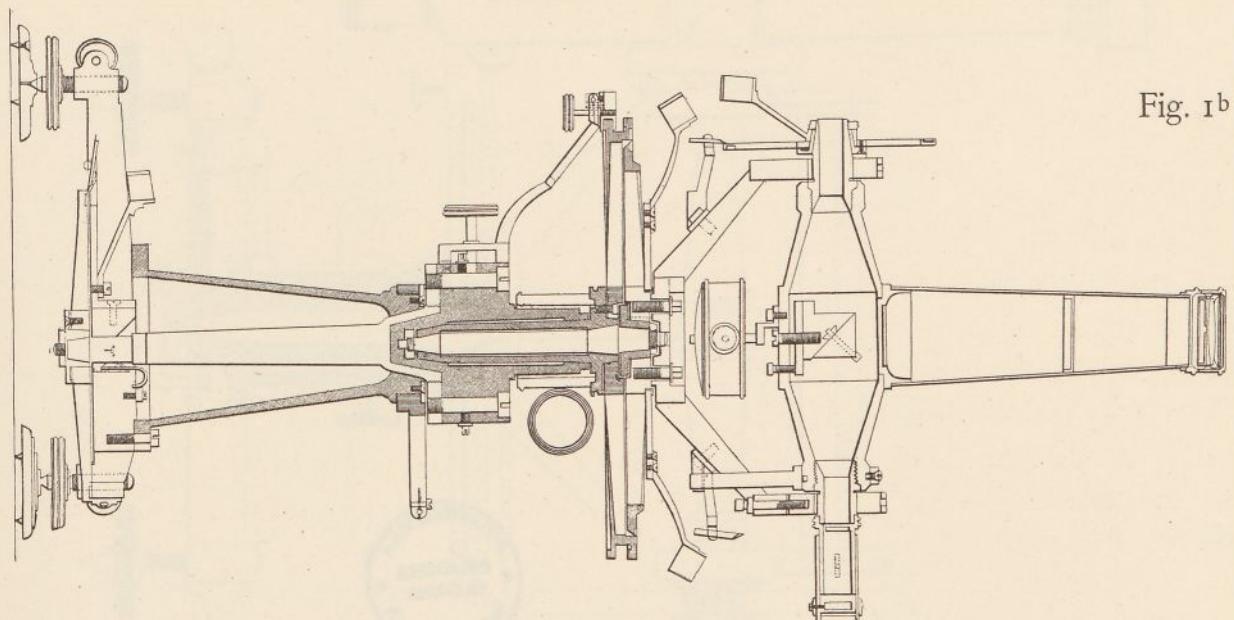


Fig. 1b

als Höhenkreis.

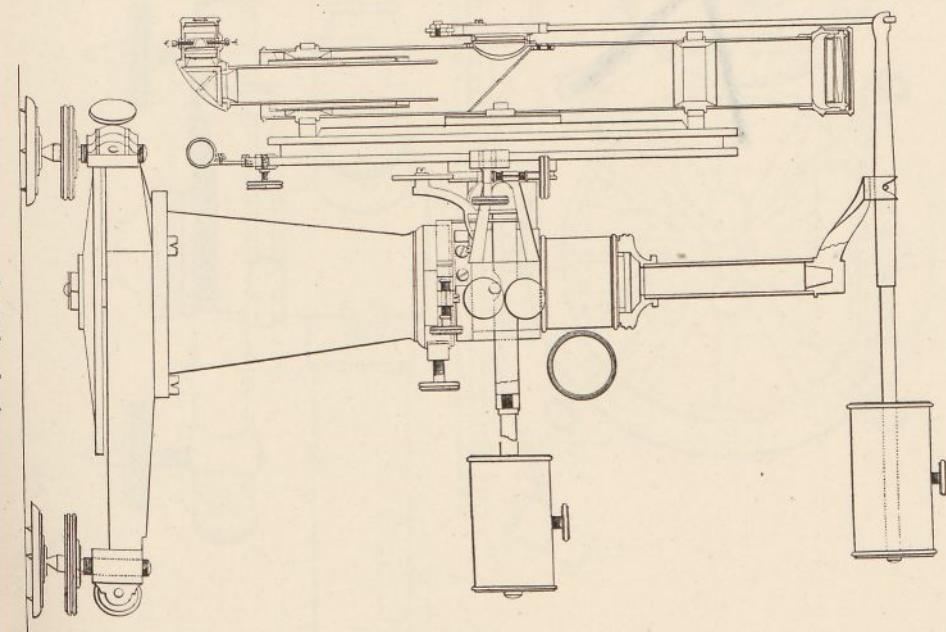
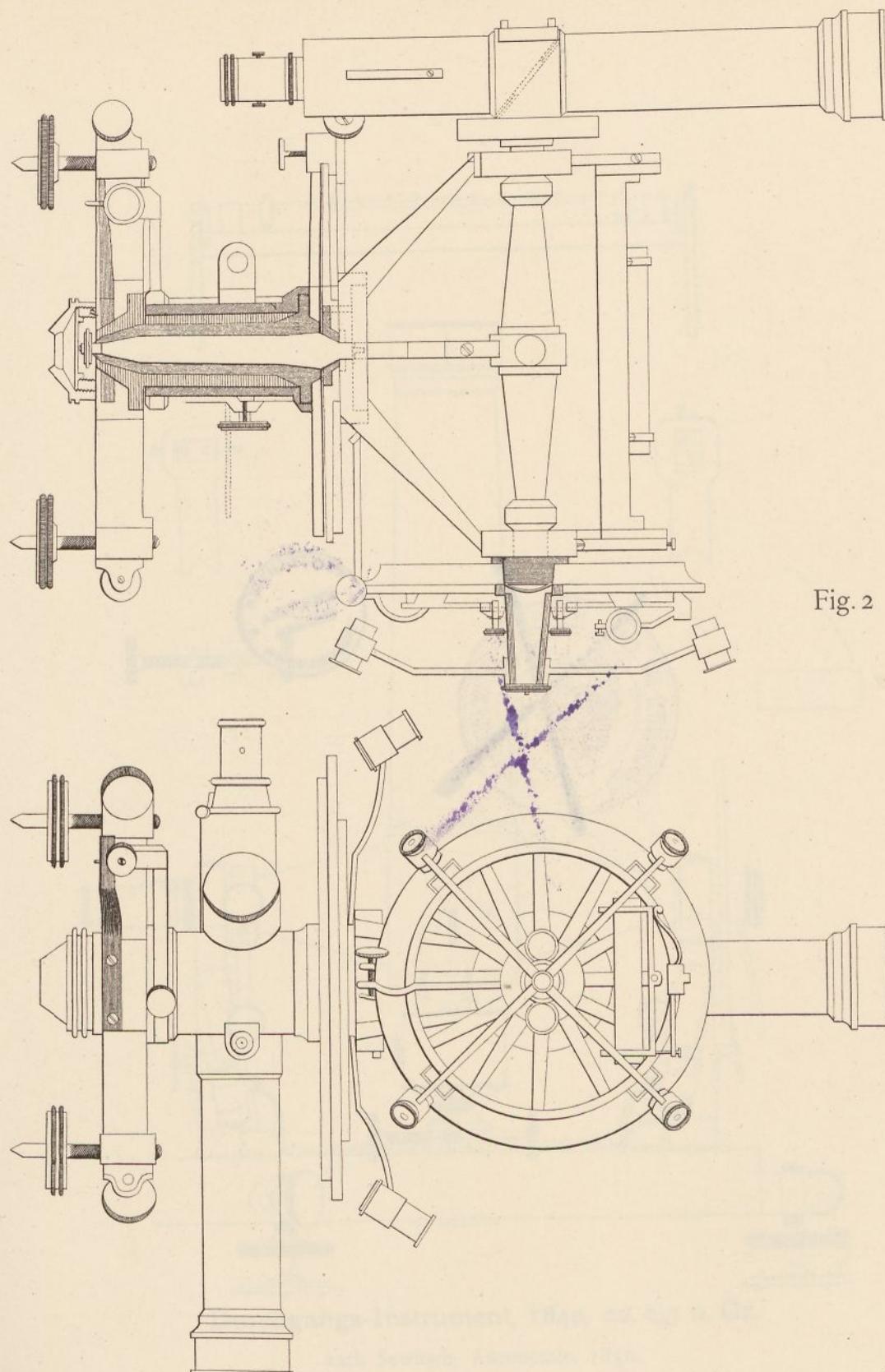


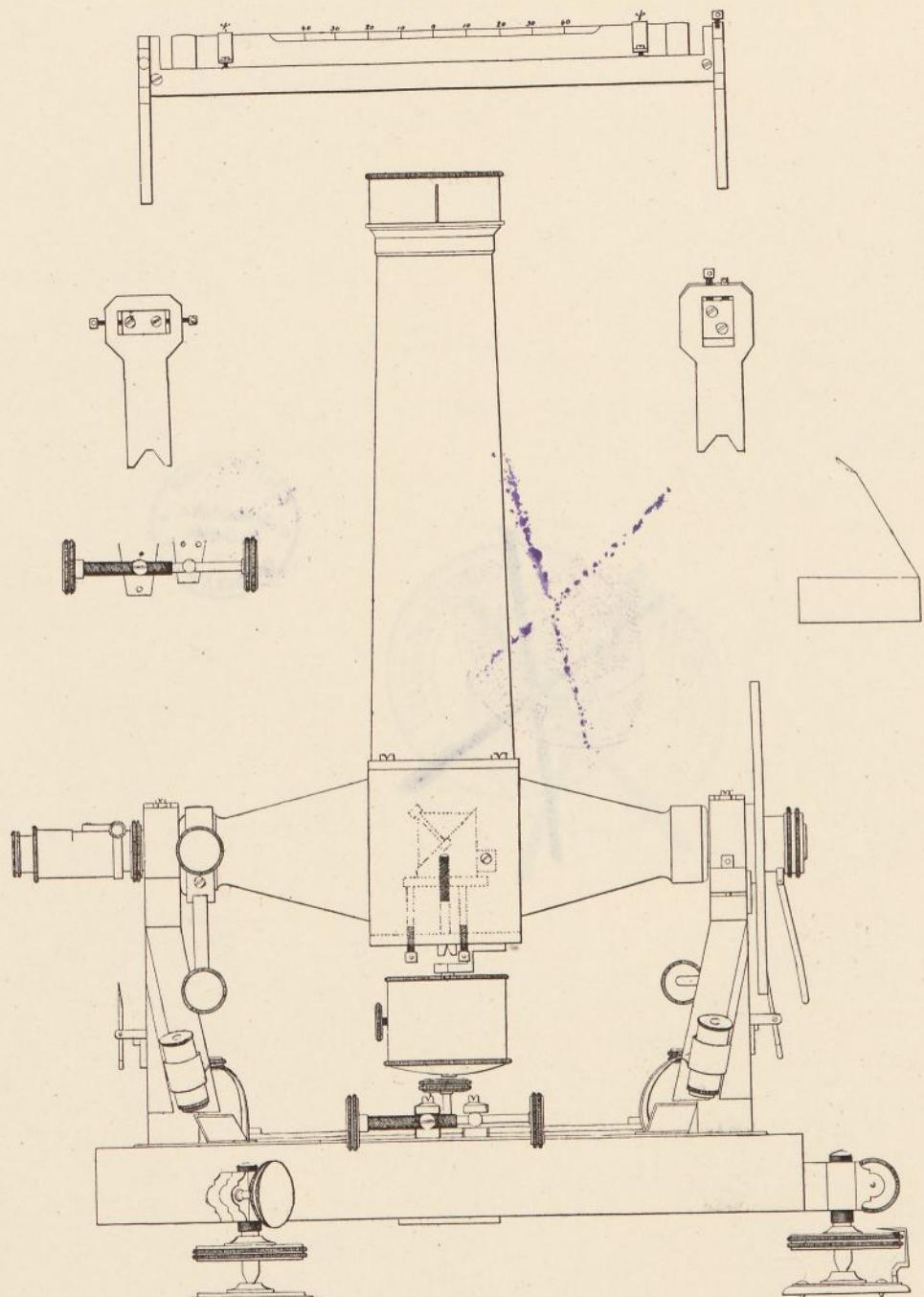
Fig. 1a

Astronomischer Theodolit, 1840, ca. $1/4$ n. Gr.

nach Sawitsch, Astronomie, 1850.



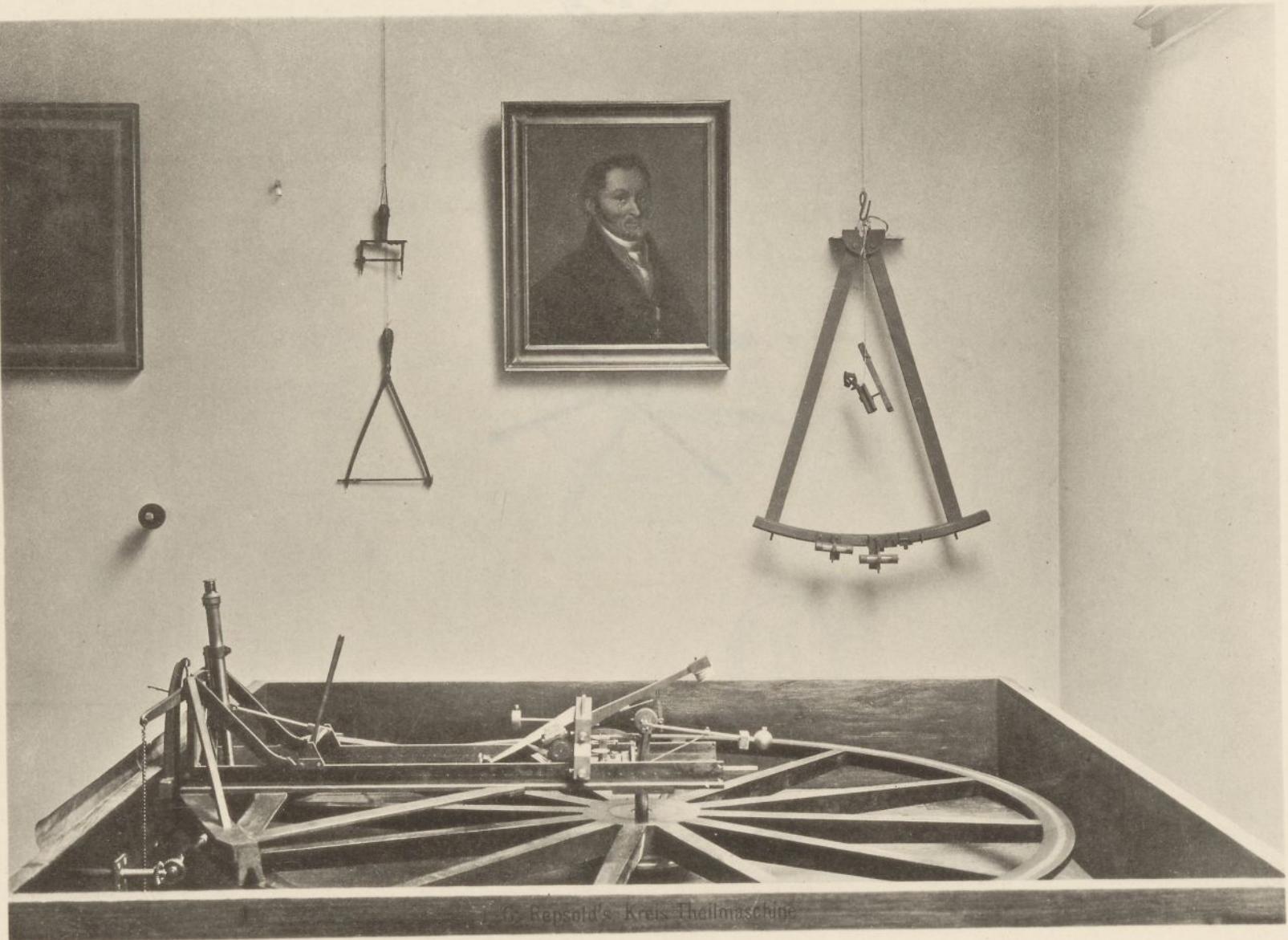
Kleines Universal-Instrument, 1840, ca. $1/4$ n. Gr.,
nach Sawitsch, Astronomie, 1850.



Durchgangs-Instrument, 1840, ca. 0,3 n. Gr.

nach Sawitsch, Astronomie, 1850.

Fig. 4



J. G. Repsold's Theilmachine, vollendet von Adolf Repsold 1834,
ca. $1/9$ n. Gr.

»den Preis vereinigen«. Man scheint danach mit großer Vorsicht vorgegangen zu sein; aber Merz bewährte sich. Eine seiner ersten Arbeiten war die Durchschneidung des 6-zölligen, von Fraunhofer für Bessel's Heliometer bestimmten Objectivs, und sie gelang ihm (A. N. 13, 28). Er war auch mit Erfolg bemüht, noch größere Objective herzustellen, als sie unter Fraunhofer erreicht worden waren; Struve findet 1834 eins von $10^{1/2}$ Oeffnung, 15^1 Brennweite fertig vor, und bei einer eingehenden Prüfung an den schon bei dem Dorpater Refractor benutzten Einstellungsobjecten (Tafeln mit Linien, A. N. 13, 29) gewinnt er die Ueberzeugung, »daß dies Fernrohr von $10^{1/2}$ Oeffnung ganz in Fraunhofer's »Geiste ausgeführt ist und allen Forderungen entspricht, indem es die beiden Haupt-»tugenden, Schärfe der Bilder und Farblosigkeit in sich vereinigt«. Auch über Mahler äußert sich Struve günstig (A. N. 13, 32, 33); an der Aufstellung zu dem eben genannten Objectiv waren; gegen die Dorpater, einige Änderungen eingeführt worden, die Struve nur als Verbesserungen glaubt bezeichnen zu dürfen; besonders ist die Declinationsklemmung vom Kreise getrennt und für eine festere Einlagerung der Uhrschraube gesorgt; auch ist für Berichtigung des Winkels zwischen Fernrohr und Declinationsachse Vorkehrung getroffen, die bei der Veränderlichkeit des Holzrohres wohl zweckmäßig war.

In der Hamburger Werkstatt, die von J. Georg Repsold's Söhnen (I, 114, 117) unter der Firma A. & G. Repsold fortgeführt wurde, waren zunächst die vom Vater hinterlassenen Aufträge zu erledigen, vor allem ein 8-füßiges Durchgangs-Instrument für Edinburg (Astron. Observations Edinburgh 1, S. V), im Wesentlichen ähnlich dem von 1829 (I, 116). Kleine tragbare Durchgangs-Instrumente für Bessel u. A., Längen-Theilmaschinen für Schumacher und Berzelius¹⁾, Meß-Apparate für Wilhelm Weber²⁾ und eine parallaktische Aufstellung mit Holzrohr von 5^t Brennweite für die Hamburger Sternwarte beschäftigten die Werkstatt in den nächsten Jahren. Adolf Repsold, in dessen Händen wesentlich die Leitung der Werkstatt lag, dessen Zeit aber durch das vom Vater auf ihn übergegangene Amt bei den städtischen Löschanstalten häufig in Anspruch genommen wurde, gelangte nicht dazu, die Theilung der Kreis-Theilmaschine (I, 114) zu vollenden, bis die Arbeiten am Meridiankreise für Hamburg einen weiteren Aufschub nicht mehr zuließen. Er hielt es nicht für ratsam, die schon vorhandenen Anfänge der Theilung zu benutzen, sondern begann sie von Neuem und vollendete sie gegen Ende 1834 oder zu Anfang 1835 [Fig. 4]. Er hatte J. G. Repsold's Verfahren beibehalten: Auf dem starken 12-speichigen Messingkreise von 1,24^m Durchmesser des Silberreifes bewegten sich, durch Gegengewichte erleichtert und an dem aufstehenden Mittelzapfen geführt, sowohl der Träger des Reißerwerkes mit dem auf die Theilfläche gerichteten Mikroskop, als auch ein Sector (im Bilde an der Wand hängend) mit zwei daran verstellbaren Fühlniveaux, welche die gegenseitige Bewegung jener beiden Theile auf ein bestimmtes Maß beschränkten. Dieser wurde zunächst wahrscheinlich (die Länge des Sectors würde es wenigstens gestatten) auf 30° eingerichtet, so also, daß nach elfmaliger abwechselnder Verschie-

¹⁾ Jöns Jacob Berzelius, Väfversunda 1779 — Stockholm 1848, Akad. Stockholm.

²⁾ Wilhelm Eduard Weber, Wittenberg 1804 — Göttingen 1891.

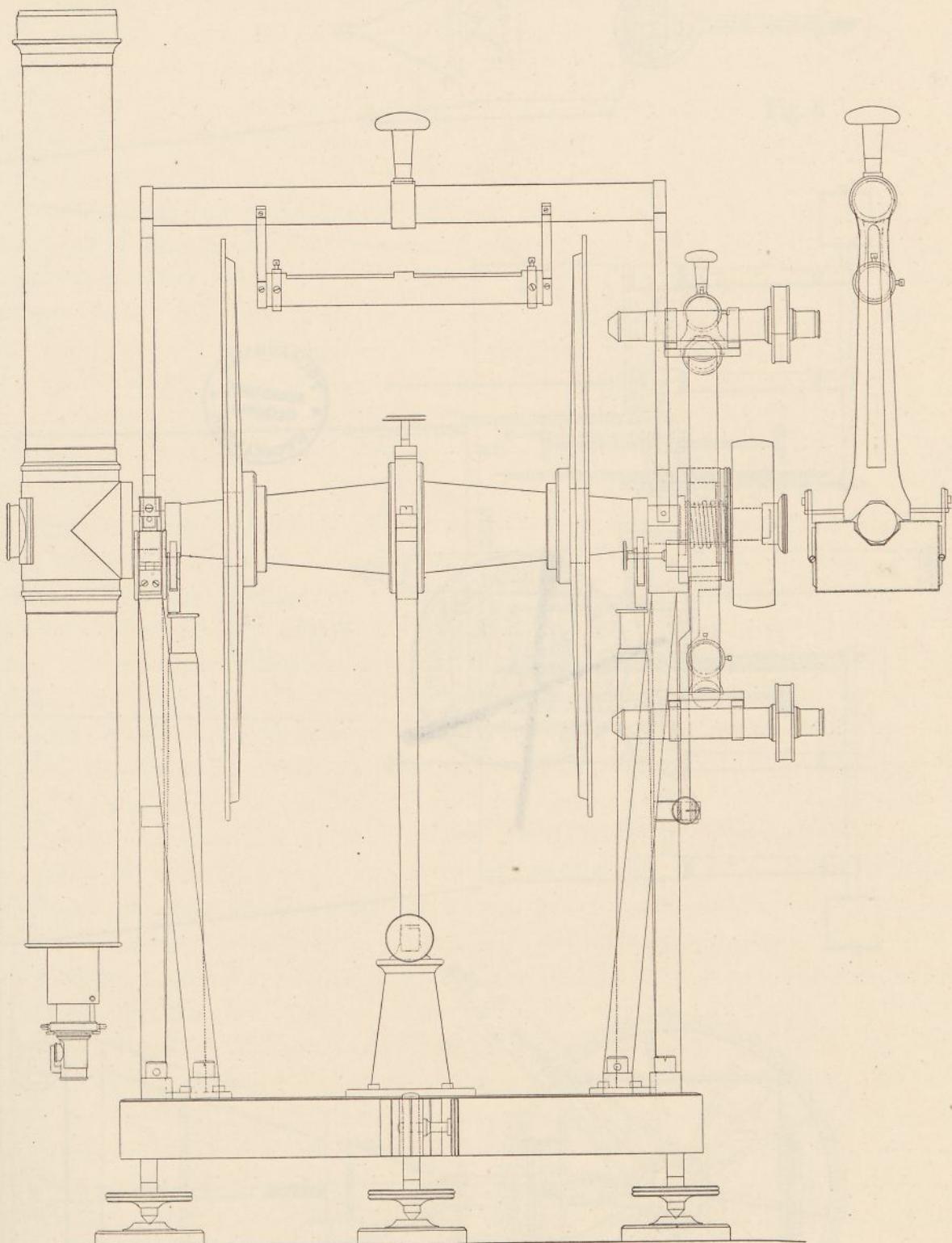
bung der beiden Theile zwischen den Anschlägen der Niveaux der Anfangs unter dem Mikroskop eingestellten Nullstrich wieder eingestellt erschien. Bei einem weiteren Rundgang wurden dann durch das Reißerwerk die 30° -Striche aufgetragen. In ähnlicher Weise wurden, nach verändertem Ausschlag zwischen den Fühlniveaux, die 30° -Intervalle weiter zerlegt, vermutlich erst in 3° , dann in 2° und endlich in 1° -Intervalle, aber jedenfalls so, daß die 2° -Theilung unmittelbar, ohne Einschaltung eines Hülfsbogens, durchgeführt wurde. — Das den Kreis seit 1871 umgebende Gehäuse wird während der Theilung geschlossen gehalten.

Die ersten auf der neuen Theilmaschine getheilten Kreise waren die eines tragbaren Meridiankreises (Struve nennt ihn »ein mit einem Verticalkreise versehenes Durchgangs-Instrument«), der 1835 nach Dorpat geliefert wurde, von 14° Durchmesser [Fig. 5]. Das Fernrohr von 24° Öffnung, 24° Brennweite sitzt am Ende der Achse, damit diese dauernd ein Niveau tragen kann, damals schon eine stehende Anforderung bei Struve; in der Mitte die Klemme und daneben zu jeder Seite ein Kreis, von denen der eine von $4'$ zu $4'$ getheilt und durch vier an einem Röhrenkreuz des Lagerbocks gehaltene Mikrometer-Mikroskope abzulesen ist; der andere dient als Gegengewicht und beim Einstellen als Handring. Die hohen Lagerböcke stehen auf einer starken Platte, die in dem getheilten Dreifuß drehbar und nach zwei Verniers abzulesen ist. Der Lagerdruck wird durch federnde Rollenpaare aufgehoben. Umlegung war nicht vorgesehen; es wurde auf gelegentliche Drehung des Lagerbocks auf dem Fuß gerechnet. Das Instrument war übrigens wesentlich für Zenithdistanz-Beobachtungen im ersten Vertical bestimmt (A. N. 15, 125).

Der dann folgende Meridiankreis für Hamburg von 3° Durchmesser und mit Objectiv von 4° Öffnung, 5° Brennweite [Fig. 6] wurde wesentlich kräftiger gebaut als der Göttinger. Die Rohrhälften wurden stärker conisch gemacht und blieben ohne Biegungshebel. Das Ganze wurde möglichst symmetrisch angeordnet, deßhalb mit zwei Theilkreisen, jeder durch vier Mikroskope ablesbar; aber leider wurden diese nicht an den Pfeilern befestigt, sondern an Röhren-Quadraten, die auf der Achse hängen. Man war damit von kleinen Biegungs-Spannungen abhängig geworden, die sich bei dem großen Durchmesser der Drehungsbüchse durch die sorgfältigste Bearbeitung nicht mit aller Sicherheit unschädlich machen ließen. Schon bei dem nächsten Meridiankreise wurde indeß die Haltung der Mikroskope wieder an die Pfeiler verlegt. — Die Theilkreise können beliebig auf der Achse verdreht werden. — Die Klemme befindet sich nahe dem Fernrohr. — Die Feldbeleuchtung wird durch farbige, vor der Achsenbohrung verschiebbare Glaskeile moderirt. — Die Rollenträger, durch welche der Lagerdruck aufgehoben wird, sind (wie schon in Göttingen) hakenförmig gestaltet, um die Umlegung möglichst zu erleichtern, für die ein Fahrbock mit Hebung durch Schraube und Rad mit Kurbel beigegeben ist. Das Instrument wurde 1836 vollendet (A. N. 15, 228).

Unter den Wiener Werkstätten hatte die 1770 von Voigtländer (I, 93) gegründete unter dessen Söhnen Wilhelm und Siegmund eine andere Richtung angenommen und wurde um 1850 aufgelöst. Ein jüngerer Sohn, Friedrich, errichtete dagegen um 1810 eine besondere Werkstatt, in welcher 1816 das österreichische Urmaß und ein Comparator hergestellt wurden; unter dessen Sohn Friedrich Wilhelm, der die

Fig. 5



Kleiner Meridiankreis, Dorpat 1835,

1/4 n. Gr.

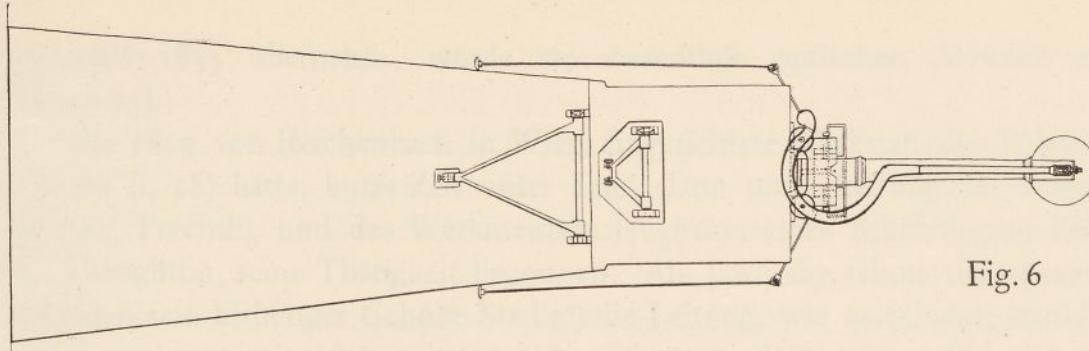
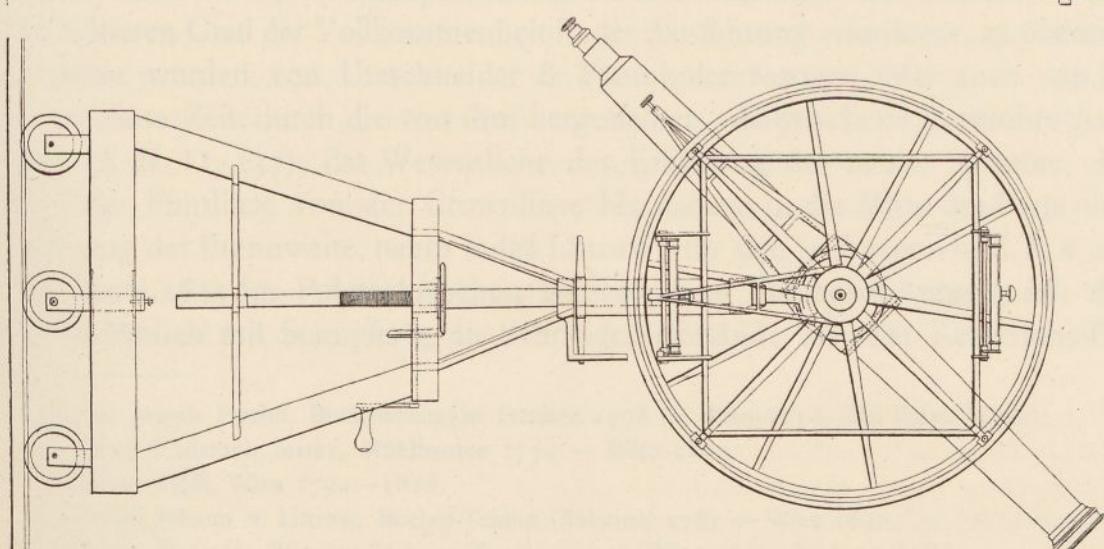
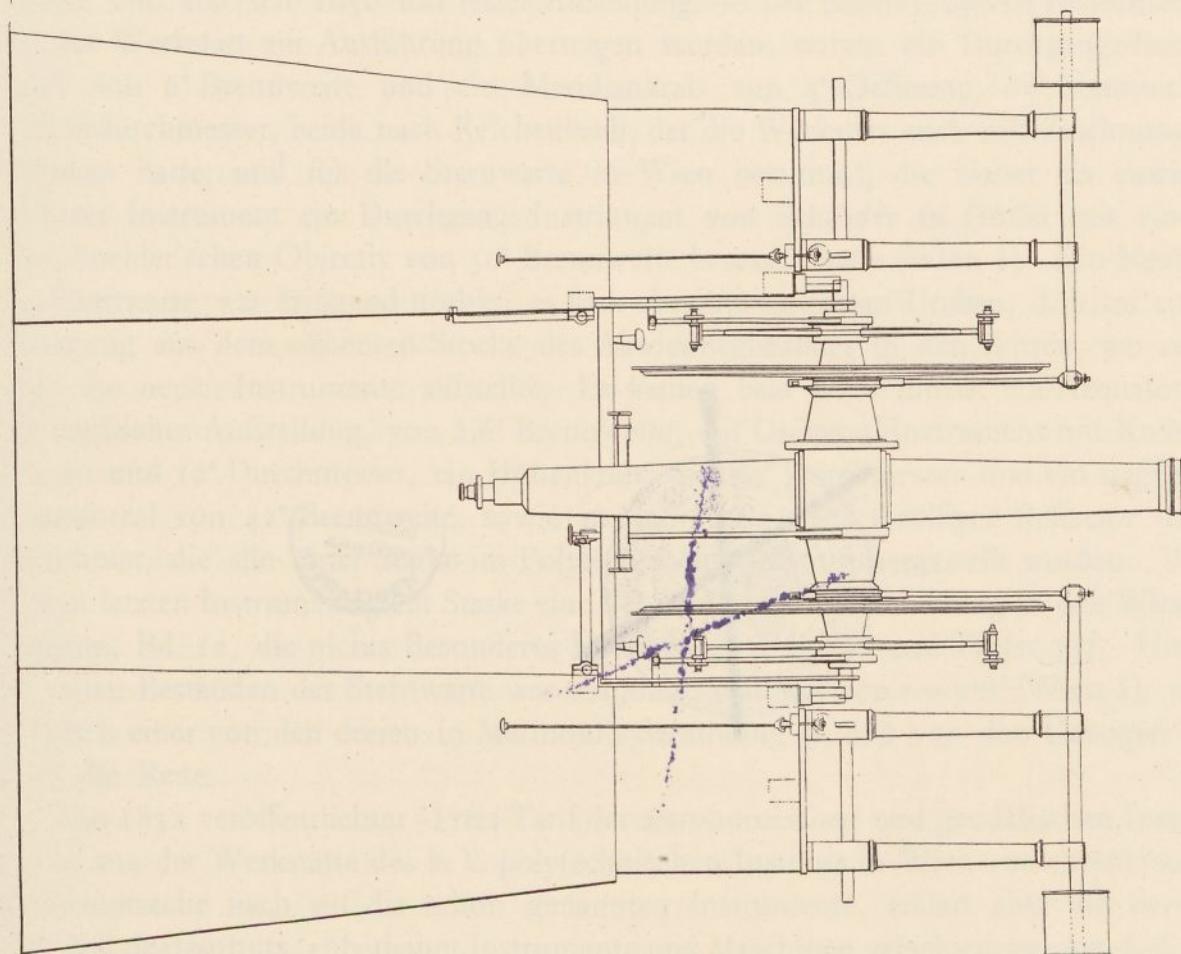


Fig. 6



Meridiankreis, 5^f Brennweite, Hamburg 1835, nach Astr. Nachr. 15.

Werkstatt 1835 übernahm, wurde sie wesentlich optischen Arbeiten zugewandt (Tinter 73).

Die 1819 von Reichenbach in Wien eingerichtete Werkstatt des Polytechnischen Instituts (I, 98) hatte, kurze Zeit unter Ertel, dann unter Leitung des Vorstehers des Instituts, Prechtl¹), und des Werkmeisters Jaworsky, eines Schülers von Reichenbach und Troughton, seine Thätigkeit begonnen. Als Jaworsky schon 1822 gestorben war, übernahm sein bisheriger Gehülfe Starke²) die Leitung, wie es scheint, zunächst provisorisch und erst seit 1830 mit fester Anstellung. — Die ersten größeren Instrumente, die der Werkstatt zur Ausführung übertragen wurden, waren: ein Durchgangs-Instrument von 6^f Brennweite und ein Meridiankreis von 4^z Oeffnung, 63^z Brennweite, 3^f Kreisdurchmesser, beide nach Reichenbach, der die Werkstatt auch mit Zeichnungen versehen hatte, und für die Sternwarte in Wien bestimmt, die bisher als einziges größeres Instrument ein Durchgangs-Instrument von Schröder in Gotha mit einem Utzschneider'schen Objectiv von 50^z Brennweite besessen hatte (Wien 1). Ein Neubau der Sternwarte war dringend nöthig; es kam aber nur zu einem Umbau, d. h. zu einer Verlegung aus dem siebenten Stocke des Akademiegebäudes in den dritten, wo man 1827 die neuen Instrumente aufstellte. Es kamen bald noch hinzu: ein Aequatoreal mit englischer Aufstellung, von 2,6^f Brennweite, ein Universal-Instrument mit Kreisen von 20 und 12^z Durchmesser, ein Höhenkreis von 24^z Durchmesser und ein tragbares Aequatoreal von 42^z Brennweite, sowie im Jahre 1831 ein 6-zölliger Refractor nach Fraunhofer, die alle unter Starke im Polytechnischen Institut hergestellt wurden. Von diesem letzten Instrument giebt Starke eine Beschreibung und Abbildung in den Wiener Annalen, Bd. 12, die nichts Besonderes bietet (Wien 1 bis 11 und Tinter 73). Unter den alten Beständen der Sternwarte war ein Mauerquadrant von $r = 9\frac{1}{2}^f$ (Wien 1), vermutlich einer von den dreien in Marinoni's Sammlung (I, 62); von den Uebrigen ist nicht die Rede.

Ein 1832 veröffentlichter »Preis-Tarif der astronomischen und geodätischen Instrumente aus der Werkstätte des k. k. polytechnischen Instituts in Wien« beschränkt sich der Hauptsache nach auf die schon genannten Instrumente, erklärt aber die Bereitwilligkeit des Instituts, »überhaupt Instrumente und Maschinen verschiedener Art, welche einen höheren Grad der Vollkommenheit in der Ausführung erfordern«, zu übernehmen. Die Gläser wurden von Utzschneider & Fraunhofer bezogen oder auch von Plößl³), der um diese Zeit durch die von ihm hergestellten »dialytischen« Fernrohre Aufsehen erregte (A. N. 11, 137); das Wesentliche der Erfindung des neuen Systems: das Abrücken der Flintlinse von der Crownlinse bis nahezu in die Mitte des Fernrohres zur Verkürzung der Brennweite, nahm indeß Littrow⁴) für sich in Anspruch (C. R. 4, 179). — Starke baute 1835 im Polytechnischen Institut einen Fühlhebel-Apparat, mit dem er, gemeinschaftlich mit Stampfer⁵), die Schneiden-Abstände an zwei Reversions-Pendeln

¹⁾ Joh. Joseph Prechtl, Bischofsheim in Franken 1778 — Wien 1854, Dir. Polyt. Wien.

²⁾ Georg Christoph Starke, Mühlhausen 1794 — Wien 1865.

³⁾ Simon Plößl, Wien 1794—1868.

⁴⁾ Joseph Johann v. Littrow, Bischof-Teinitz (Böhmen) 1781 — Wien 1840.

⁵⁾ Simon Stampfer, Windisch-Matrei (Tirol) 1792 — Wien 1864, Prof. geod. Wien.

nach Kater (das eine von Corles in London, das andere von Repsold gearbeitet) bestimmte; die Pendel blieben dabei in senkrechter Lage (Wien 15). — Ein 1837 nach Padua gelieferter Meridiankreis erhielt von Starke eine wesentliche Abweichung von Reichenbach's Construction insofern, als die Alidade nicht von der Achse getragen wird, sondern vom Pfeiler. Später, 1851, wurden auch die Verniers durch Mikroskope ersetzt (André, 5, 102).

Als Uhrmacher stand Kessels¹⁾ in Altona in hohem Ansehen, in nachbarlichem Wettstreit mit Jürgensen²⁾ in Kopenhagen, der 1805 seine »Principes généraux de l'exacte mesure du temps« dort hatte erscheinen lassen. Dieses Werk hatte er kurz vor seinem Tode neu bearbeitet; sein ältester Sohn, Louis³⁾, gab es 1838 in Paris heraus und besorgte auch Uebersetzungen, 1839 ins Dänische, 1840 ins Deutsche (A. N. 17, 192). — Tiede⁴⁾ in Berlin hatte 1827 seine erste Pendeluhr für die dortige Sternwarte vollendet; nach langer Thätigkeit fand er in seinem Sohne Theodor einen Nachfolger (A. N. 10, 119; 91, 111).

Betrachtet man die Sternwarten, so hatte die Ausrüstung des 1836 vollendeten Neubaues der Berliner Sternwarte, mit Ausnahme des Meridiankreises von Pistor, von dem weiterhin die Rede sein wird, keine wesentliche Neuerung gebracht; der 9-zöllige Refractor war dem Dorpater gleich und das kleine Heliometer den früheren von Fraunhofer. — Die Bonner Sternwarte (1837 gegründet, 1845 vollendet) bekam bekannte Instrumente: einen Pistor'schen Meridiankreis, etwas größer als der Berliner, von 52¹ Oeffnung, 6^f Brennweite, und ein Heliometer von Größe und Construction des Königsberger.

In bemerkenswerther Weise umgestaltet wurde aber 1839 der kleine Ertel'sche Meridiankreis der Sternwarte in Gotha. Hansen⁵⁾ führte Mikrometer-Mikroskope neben den Verniers ein und benutzte sie mit einander zu einem vereinfachten Verfahren, die Theilungsfehler des Kreises zu berücksichtigen (A. N. 17, 49 ff.). Von den vorhandenen 5400 Strichen wurden in Zukunft nur die 5°-Striche (also 72) benutzt, außerdem aber die je 61 Striche zweier der Verniers, die als »Hülfstheilungen« mit den 5°-Strichen des Kreises in Beziehung gebracht wurden, durch die beiden auf der Alidade centrisch drehbaren Mikroskope. Diese konnten zu dem Zwecke über den Hülfstheilungen und den daneben sichtbaren 5°-Strichen beliebig festgestellt werden. Es wurde so, gegenüber der damit auftretenden Nothwendigkeit, fortgesetzt zwei Ablesungen statt einer (ohne Benutzung der Hülfstheilung) zu machen, der Vortheil erreicht, mit 194 Strichen die Theilung vollständig untersucht zu haben. Mehr als zwei Mikroskope konnten der Kleinheit des Instruments wegen nicht angewandt werden.

Mit den Hülfsmitteln ihrer Institute hatten sich Struve und Bessel ihre Basis-Apparate herrichten lassen. — Struve hat über den seinigen in der »Breitengrad-

1) Heinrich Johannes Kessels, Maestricht 1781 — Altona 1849.

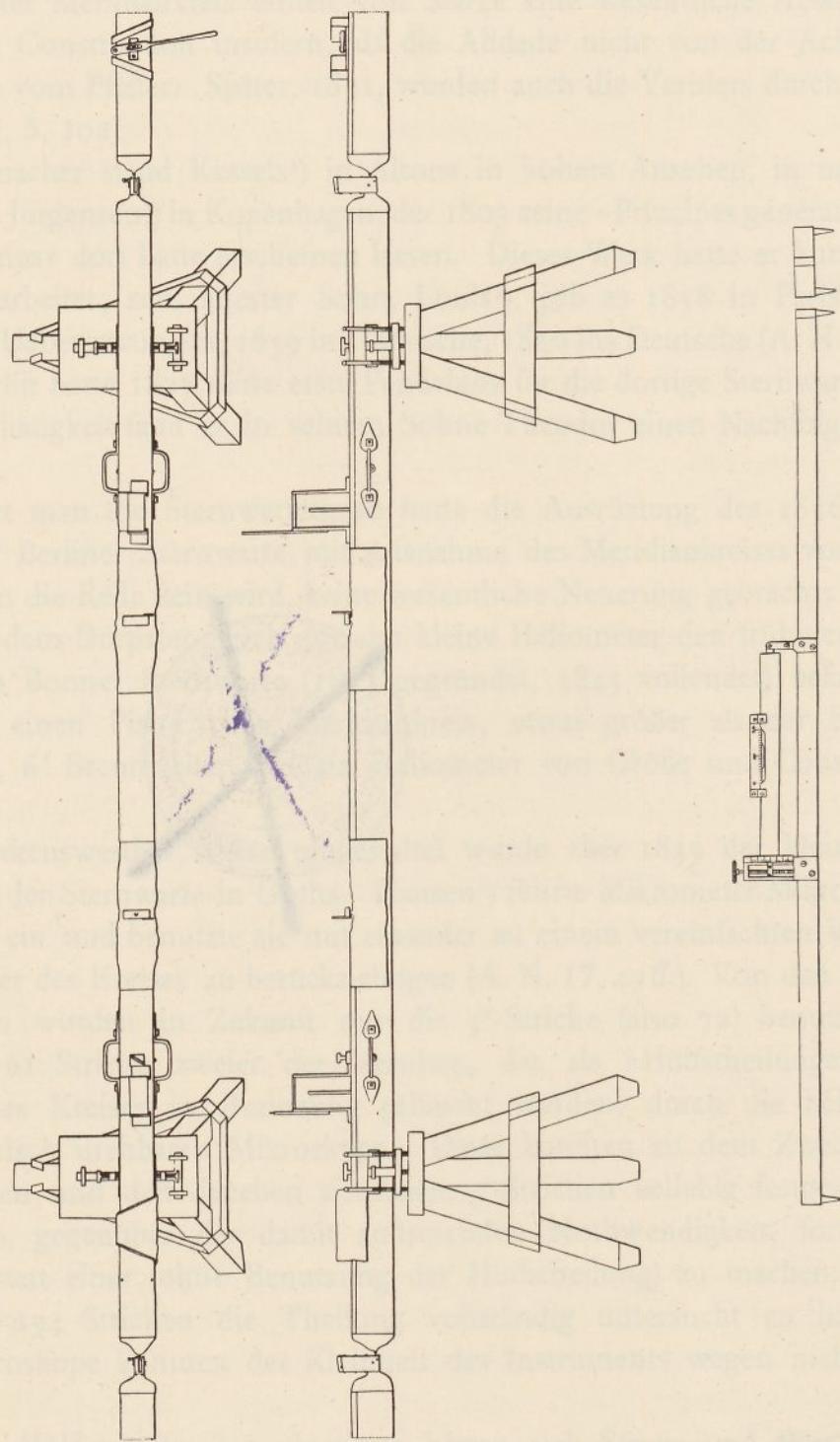
2) Urban Jürgensen, Kopenhagen 1776—1830.

3) Louis Urban Jürgens, Kopenhagen 1806—1863.

4) Christian Friedrich Tiede, Neu-Buckow 1794 — Berlin 1877.

5) Peter Andreas Hansen, Tondern 1795 — Gotha 1874.

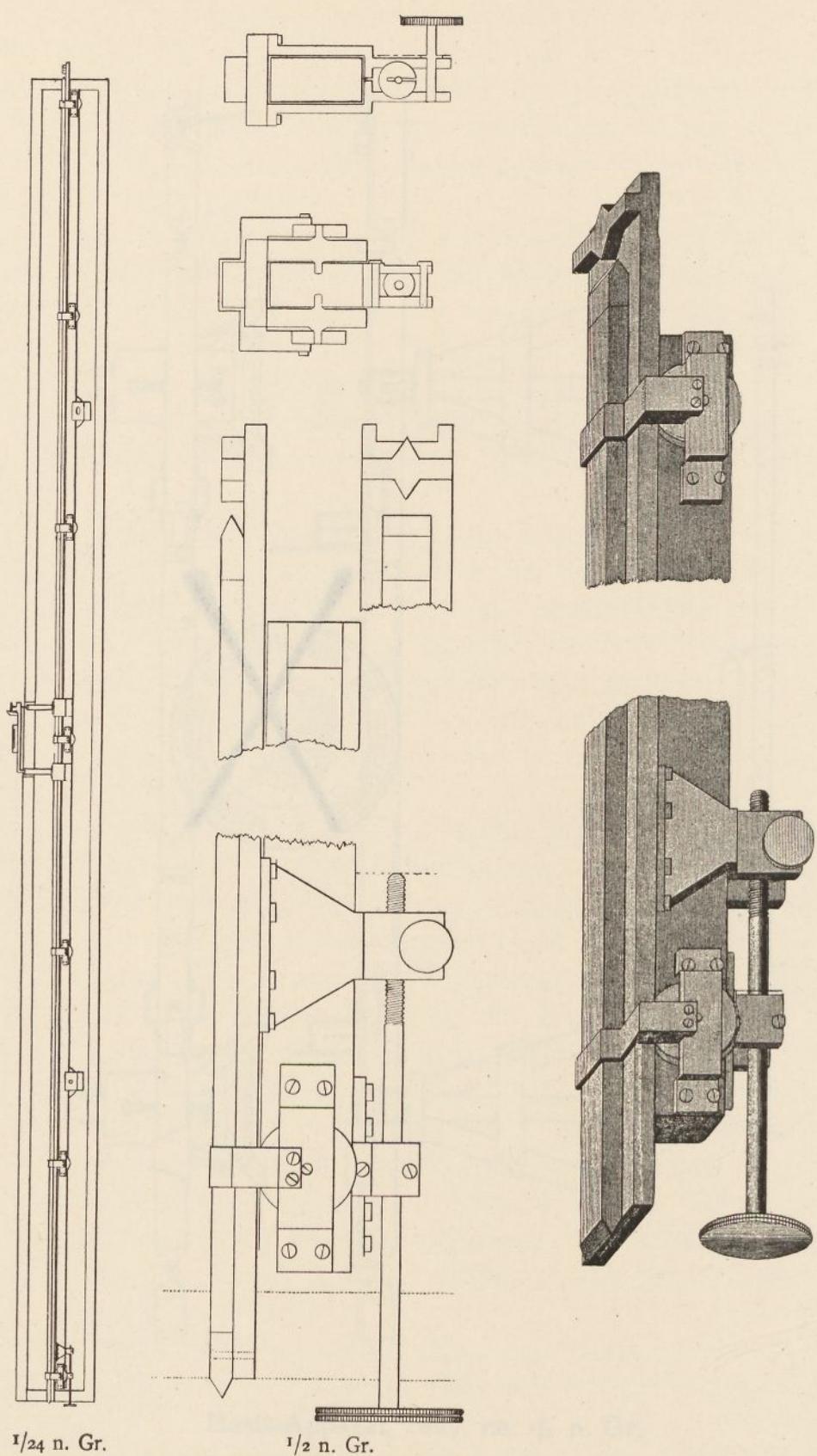
Fig. 7



Basis-Apparat, 1827, ca. $1/2$ n. Gr.

nach W. Struve, Breitengradmessung, 1831.

Fig. 8



Basis-Apparat, 1834,

nach Bessel u. Baeyer, Gradmessung, 1838.

Messung», Dorpat 1831, berichtet. Er hatte auf Metall-Thermometer verzichtet und vier einfache Eisenstangen, je von 12^f Länge und einem quadratischen Querschnitt von 15¹ Seite, angenommen, die möglichst gegen die umgebende Luft geschützt und mit zwei aufrecht stehenden Thermometern versehen wurden. Das eine Ende jeder Stange ist verstählt, auf etwa den halben Durchmesser angedreht und plan polirt, das andere Ende trägt einen Fühlhebel, dessen kurzer, in der Achse der Stange liegender Arm die Endfläche der nächsten Stange berühren soll. Die Neigung jeder Stange wird durch ein Niveau mit Gradbogen bestimmt. Das Absetzen der Endpunkte geschah mit Hilfe eines kleinen Universal-Instruments, dessen Absehebene normal zur Basis so eingerichtet wurde, daß sie durch die plane Endfläche der Stange ging; eine Silberplatte mit einem Punkt wurde dann auf einer starken, in das Erdreich getriebenen Eisenstange durch eine Stellschraube in die Absehlinie gebracht. Der Apparat wurde nach Struve's Angaben von dem Universitäts-Mechaniker Brückner in Dorpat hergestellt [Fig. 7].

Die von Bessel und Baeyer (I, 115) ausgeführte Basismessung bei Trunk-Medniken (Gradmessung in Ostpreußen 1838) sollte einen Anschluß an Struve's Vermessungen herstellen. Bessel nahm die Einrichtung der Meßstangen als Metall-Thermometer wieder auf, zugleich die Meßkeile (Glaskeile von Pistor & Schieck, die auf einer der parallelen Flächen in 120^t getheilt waren), die in seinen Händen gewiß einwurfsfrei benutzt wurden, aber eine Tendenz, die Grundlinie zu lang zu messen, doch unvermeidlich mit sich brachten. Die Meßstangen sind von Eisen, je 2 Toisen lang, 12¹ breit und 3¹ dick; auf ihnen liegen Zinkstangen, 6¹ breit, 3¹ dick, in unmittelbarer Berührung und an dem einen Ende durch Löthung und Schrauben fest mit der Eisenstange verbunden. Die Zinkstange ist etwas kürzer als die Eisenstange und an beiden Enden durch Löthung mit Stahlschuhen versehen, die zu horizontal liegenden Schneiden bearbeitet sind. Die Eisenstange trägt dagegen an dem einen Ende einen kurzen Stahlausatz mit zwei von einander gekehrten senkrechten Schneiden; von diesen steht die eine der horizontalen Schneide des mit der Stahlstange nicht verbundenen Endes der Zinkstange gegenüber, in einem geringen, zur Ermittelung der Temperatur mit dem Glaskeil zu messenden Abstande, während die andere (senkrechte Schneide) bei der Basismessung der horizontalen Endschneide der nächsten Meßstange so weit genähert wird, daß der Abstand durch den Keil gemessen werden kann. — Die Eisenstange ruht auf sieben horizontalen und zwischen ebenso viel Paaren seitlicher Rollen, die alle auf einer T-förmigen Eisenstange angebracht sind, und diese liegt wieder in zwei Lagern eines hölzernen Schutzkastens. — Zwei Quecksilber-Thermometer sind innerhalb des Kastens über den Stangen angebracht, um die Temperatur auch unmittelbar ablesen zu können. — Die Neigung jeder Meßstange wird durch ein Niveau nach Umgängen und Hunderttheilen einer Stellschraube gefunden [Fig. 8]. — Die Endpunkte der Grundlinien wurden durch senkrechte Messingcylinder dargestellt, die durch Ablohung über circa 5^f ins Erdreich versenkten Sicherungszeichen errichtet wurden; der Anschluß scheint durch den Meßkeil gemacht zu sein. — Absetzungen zwischen den beiden Endpunkten waren nicht nöthig, weil die Grundlinie ungewöhnlich kurz (935 Toisen) angenommen worden war. Bessel war

in dieser Wahl durch Schwerd's¹) Vorgang bestärkt worden (a. a. O. 38), der eine nur 441 Toisen lange Grundlinie mit dem von ihm selbst Reichenbach's Basis-Apparat nachgebildeten, sehr einfachen Apparat gemessen und dann trigonometrisch vergrößert hatte (Schwerd, Die kleine Speyerer Basis, Speier 1822).

Hier sei auch einer eigenthümlichen Heliostaten-Construction gedacht, die in den dreißiger Jahren von August²) in Vorschlag gebracht wurde. (Radicke, Handbuch der Optik, Berlin 1839, 2, 459.) Auf frühere Versuche in dieser Richtung zurückgehend, finden wir (Wolf, 144) nach Poggendorff, daß schon Borelli³) einen Heliostaten hergerichtet haben soll, über den Näheres aber nicht bekannt ist. Dann stellte Fahrenheit⁴) einen solchen her, mit in Declination verstellbarem, um eine Stundenachse drehbarem Spiegel, der das Sonnenlicht zum Pol warf [Fig. 9]; durch einen zweiten Spiegel konnte es auch in andere Richtung geleitet werden. Diese Construction wurde von Fraunhofer wieder aufgenommen (Fraunhofer's gesammelte Schriften, 157). — Um 1740 baute s'Gravesande⁵) einen allgemein verwendbaren Heliostaten mit einem Spiegel, der auf einer Säule in verstellbarer Höhe an einem Doppelgelenk gehalten wurde und auf der Rückseite einen rechtwinkelig abstehenden Führungsstab trug [Fig. 10]. Auf einer zweiten Säule wurde durch ein Uhrwerk eine Polachse mit einem langen Arm herumgeführt, der den Führungsstab des Spiegels in einer Gleitbüchse mitnahm (s'Gravesande, Physices elementa math. 1742, 2, 715 ff., auch Carl 2, 4). Dieser Apparat war ohne Declinationstheilung; die Einstellung geschah mit Hülfe eines gegen die Sonne zu richtenden Stabes und durch Änderung der Höhenlage des Spiegels, war daher sehr unbequem. — August's Construction dagegen ist sehr einfach [Fig. 11]; ein zur Polachse paralleler Spiegel wird um diese Achse mit um die Hälfte verzögter täglicher Bewegung gedreht. Das Sonnenlicht fällt dann immer in den durch die Declination der Sonne bedingten Parallelkreis, in dem man also seine Aufstellung zu nehmen hat. Der großen Einfachheit des Apparats steht der Uebelstand gegenüber, daß infolge der fortgesetzten Änderung des Einfallwinkels die Lichtstärke nicht constant ist. Diese Construction wurde später von O. Littrow⁶) wieder aufgenommen; er ließ einen solchen Heliostaten (Carl 1, 46) von Gustav Starke bauen.

Auf der Sternwarte in Wien ließ Stampfer ein »Mikrometer mit lichten Linien« herrichten, das viel beachtet wurde. Ein im Fernrohre, aber außerhalb des Strahlkegels angebrachtes kleines Objectiv ließ durch Schlitze fallendes oder an polirten Kugeln reflectirtes Licht als helle Linien oder Punkte in der Brennebene des Fernrohres erscheinen und sollte helle Fäden ersetzen (Wien 21, 1842). Die Abhängigkeit des Ortes des schräg einfallenden Lichtbildes von der Focuseinstellung des Oculars gab aber große Unsicherheit. Littrow begegnete diesem Uebelstand durch Einführung zweier kleiner Objective, von denen das eine die horizontalen, das andere die verti-

1) Friedrich Magnus Schwerd, Osthoven (Rheinbayern) 1792 — Speier 1871.

2) Ernst Ferdinand August, Prenzlau 1795 — Berlin 1870, Prof. math. Berlin.

3) Giovanni Alfonso Borelli, Castelnuova 1608 — Rom 1679, Prof. math. Pisa.

4) Gabriel Daniel Fahrenheit, Danzig 1686 — Holland 1736.

5) Willem Jacob s'Gravesande, Herzogenbosch 1688 — Leiden 1724.

6) Otto Littrow, Wien 1843—64.

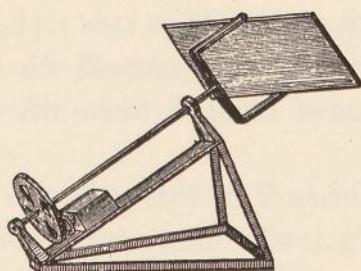
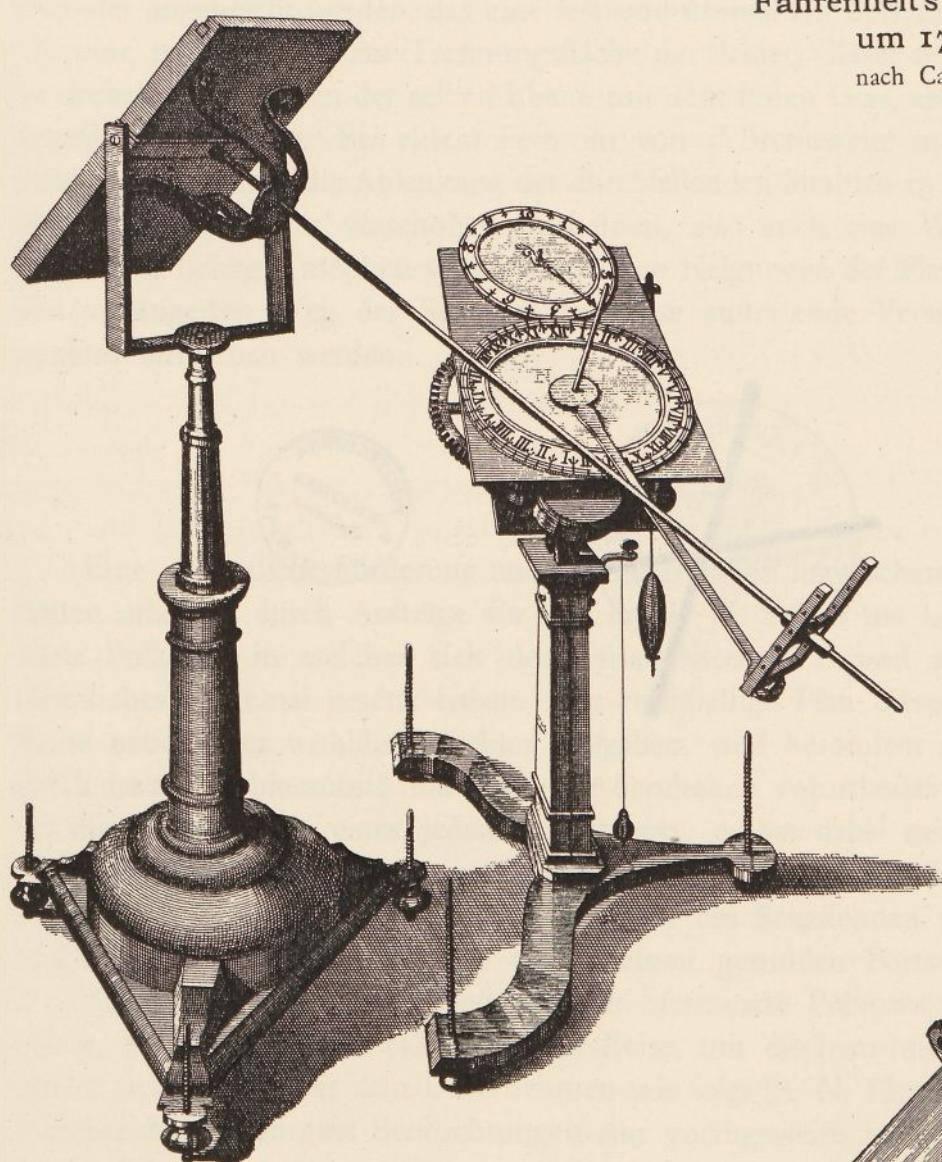
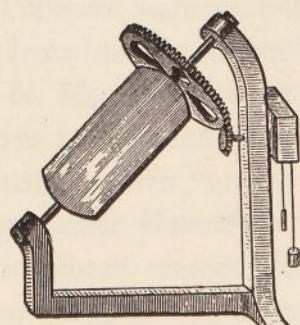


Fig. 9

Fahrenheit's Heliostat,
um 1720.
nach Carl 2.



s'Gravesande's Heliostat, ca. 1740,
nach dessen Physices elem. math.



August's Heliostat,
1839,
nach Carl 2.

calen Lichtlinien erzeugt, so daß Focus-Verschiebungen in die Richtung der lichten Linien fielen (Sitzungsber. der Akademie Wien 40, 27); aber es blieben große Bedenken wegen Veränderlichkeit der lichten Linien infolge der Biegung im Fernrohre und im übrigen Apparat. Es scheinen Mikrometer dieser Art nicht dauernd benutzt worden zu sein.

Ein anderes Mikrometer wurde etwas später von Clausen¹⁾ in Vorschlag gebracht (A. N. 18, 95), das für besondere Zwecke wohl verwendbar wäre. Zwei gleiche planparallele Glasplatten sollen zwischen Objectiv und Brennebene eines Fernrohres neben einander angebracht werden, das eine fest und normal zur optischen Achse, das andere um eine rechtwinkelig zur Trennungsfläche der beiden Gläser stehende Achse meßbar zu drehen, so daß es in der selben Ebene mit dem festen Glas, aber auch stark dagegen geneigt stehen kann. Bei einem Fernrohr von 3^f Brennweite und 2^l Dicke der Glasplatten würde durch die Ablenkung der durchfallenden Strahlen in der um 12° geneigten Platte das Bild um $1'$ verschoben erscheinen, also auch eine Winkelmessung innerhalb dieses Betrages möglich sein. Bei starken Neigungen der Platte könnte eine durch den verlängerten Weg der Strahlen im Glase auftretende Verschiebung des Brennpunktes hinderlich werden.

2. Pulkowa.

Eine wesentliche Förderung und Belebung haften inzwischen die deutschen Werkstätten erfahren durch Aufträge für die durch W. Struve ins Leben gerufene Sternwarte Pulkowa, in welcher sich der Kaiser Nicolaus I. und seine Nachfolger ein rühmliches Denkmal gesetzt haben. Der reichhaltige Plan dieser Anstalt stellte eine Reihe neuer, aber wohldurchdachter Aufgaben, und besonders anregend wirkten sie durch das auf Sachkenntniß und Erfahrung beruhende, vorurtheilsfreie Eingehen Struve's auf die Construction eines jeden Instruments; er hat dabei mit Anforderungen nie zurückgehalten, aber auch neue Vorschläge in gleichem Maaße berücksichtigt. So entstand ein gemeinsames, freudiges Arbeiten des Schaffenden und der zur Prüfung und Ausnutzung Berufenen, wie es für einen gesunden Fortschritt unerlässlich ist.

Nachdem die Mittel für den Bau der Sternwarte Pulkowa sichergestellt worden waren, begab sich Struve (1834) auf die Reise, um die Instrumente zu bestellen. Er äußert sich selbst über sein Unternehmen wie folgt (A. N. 13, 24): »Im verflossenen Jahrhundert waren gute Beobachtungen nur vorzugsweise in England, oder hie und da auf dem Continente, aber nur mit englischen Instrumenten, angestellt. Von diesem Tribut wurde der Continent durch das Talent zweier Deutschen, Reichenbach und Fraunhofer, befreit, und seit nun mehr als 20 Jahren werden die meisten Sternwarten des Festlandes mit Münchener Instrumenten versorgt. . . . Aber auch in Frankreich haben Mechanik und Optik seit Kurzem große Fortschritte gemacht. Gam-bey's Instrumente zeichnen sich durch treffliche Theilungen aus, und Lerebours und

¹⁾ Thomas Clausen, Nübel (Schleswig) 1801 — Dorpat 1885, Dir. Obs. Dorpat. Repsold, Astronomische Meßwerkzeuge.

»Cauchoix haben in neuester Zeit Objective geliefert, welche alle früheren an Größe übertreffen. Indeß muß der prüfende Beurtheiler bemerken, daß die neueren Instrumente der Pariser Künstler bisher noch nicht zu umfassenden astronomischen Arbeiten angewandt sind, und daß es der Zukunft noch vorbehalten ist, über ihre Vollkommenheit nach den Früchten, die sie tragen werden, ein sicheres Urtheil zu fällen, während der Werth der Kunstwerke Reichenbach's und Fraunhofer's durch die Arbeiten auf mehreren Sternwarten, unter denen wir nur Königsberg zu nennen brauchen, als vollkommen erkannt dasteht. Sind nun zwar Reichenbach und Fraunhofer zu früh für die Wissenschaft dahingeschieden, so kann Deutschland doch stolz darauf sein, auch jetzt einen Ertel, Repsold und Pistor als Mechaniker zu besitzen, und die optische Anstalt Münchens, die unter Fraunhofer's Leitung einen so hohen Ruf hatte, durch des Eigenthümers Herrn v. Utzschneider Fürsorge in fortwährender erfolgreicher Thätigkeit zu wissen und in Wien durch Plössl eine neue optische Anstalt aufblühen zu sehen, die durch ihre ersten Leistungen zu großen Hoffnungen für die Zukunft berechtigt. Deutschland mußte daher das Hauptziel meiner Reise sein. Hier hatte ich die Aussicht alles zu erreichen, und nur in dem einen Falle wäre es nothwendig geworden, auch französische Künstler in Anspruch zu nehmen, wenn die neueren Leistungen des optischen Instituts in München hinter den früheren zurückgeblieben wären.«

»Englands Besuch wäre freilich aus mancherlei Beweggründen mir sehr wünschenswerth gewesen. Ein seltener Eifer für die Beobachtung des Himmels ist hier rege geworden. Man braucht nur die Namen Herschel II¹), Robinson²), South³), Smith⁴), Dawes⁵), Cooper⁶) zu nennen. Neben der alten Greenwicher Sternwarte ist Cambridge, mit schönen Instrumenten ausgerüstet, unter Airy's Direction so thätig, daß Greenwich Gefahr läuft, seinen Rang als erste Sternwarte des Inselreichs zu verlieren. Auch der greise Troughton hat, während ihm die parallactische Aufstellung des großen Refractors für Sir James South mißlang, doch noch nach seiner Idee einen colossalen Zenithsector für Greenwich, und für Cambridge einen 8fößigen Mauerkreis ausgeführt, Instrumente, deren Studium gewiß interessant gewesen wäre, ebenso wie die Betrachtung der Einrichtungen, die South und Cooper für die Aufstellung und Bedachung der großen Fernrohre mit verschiedenem Glück haben ausführen lassen. Aber so reizend ein Besuch in England sich darstellte . . ., so hielt ich mich doch für verpflichtet, dieser Neigung so lange zu widerstehen, bis ich mit dem Hauptgeschäft in Deutschland fertig geworden.«

Diesen Ausführungen Struve's gegenüber ist es von Interesse, zu sehen, wie man fast zur selben Zeit in England über astronomische Instrumente dachte. In einem »Report on the progress of Astronomy during the present century« (Reports of

¹⁾ John Herschel, Slough 1792 — London 1871.

²⁾ Thomas Romney Robinson, Dublin 1792 — Armagh 1882.

³⁾ James South, Southwark 1785 — Kensington 1867.

⁴⁾ William Henry Smith, Admiral, Westminster 1788 — London 1865.

⁵⁾ William Rutter Dawes, London 1799 — Haddenham 1868.

⁶⁾ Edward Joshua Cooper, ? 1798 — ? 1863.

the first and second meetings of the British Association 1832, S. 125 ff.) führt Airy¹⁾ aus (S. 131), daß zu Anfang des Jahrhunderts für Zenith-Beobachtungen in Greenwich und den meisten Sternwarten des Continents fast nur noch Mauer-Quadranten und theilweise Zenith-Sectoren benutzt wurden, daß daneben aber Altazimuth-Instrumente, wie die in Palermo (1789 von Ramsden vollendet) und Dublin bestanden, sowie der ähnliche kleinere Westbury-Circle, mit dessen Hülfe Pond die Fehler der großen Greenwicher Quadranten feststellte, und fährt dann fort: »In 1809 Mr. Troughton published »in the Phil. Trans. an account of his method of dividing circles; and this may be »considered as the greatest improvement ever made in the art of instrument-making.« Hier fehlen offenbar die Worte »in England«; denn in einer Randnote sagt Airy: »I do not know what method the continental artists employ«; er kann also nicht darüber urtheilen wollen. Weiter sagt er: »In 1812 the first mural circle (by Troughton) was erected at Greenwich; and this is an important epoch in the history of »Astronomy. I conceive that no instrument but the reversible circle« (wie in Palermo, Dublin) »can compete with Troughton's mural circle; and between these I cannot presume »to decide.« Airy bemerkt aber mit Recht als einen Uebelstand der Mauerkreise, wie auch der Mauer-Quadranten, daß sie direct nicht auf das Zenith bezogen werden können, so daß Pond, um dem abzuhelfen, um 1821 in Quecksilber reflectirte Sternbilder beobachtet, endlich (1825) aber ein zweites, gleiches Instrument aufgestellt und denselben Durchgang direct und reflectirt beobachtet habe; »and now the system may »be said to have reached its perfection.« Man braucht dabei aber, nur für Höhenmessungen, zwei große Instrumente. Airy spricht weiter von Groombridge's Instrument: »This I should conceive to be an excellent instrument. In Germany, however, a »very different instrument has been constructed with the same object, and (principally »through its use by Bessel) has obtained considerable celebrity I saw and examined several exactly similar to Bessel's.« Airy giebt eine kurze Beschreibung von Bessel's Reichenbach'schem Meridiankreis und fährt fort: »An instrument of this kind »would I conceive be below mediocrity unless the workmanship were most exquisite »(the German workmanship is very fine); and when made in the best possible way, »I cannot but think that its mechanical structure is extremely weak.« Und doch hatte ein solches Instrument in Bessel's Händen genügt, um Pond, der als ein guter Beobachter bekannt war, zu einer Revision seiner Mauerkreis-Beobachtungen zu veranlassen (A. N. 2, 50, 133). Auch Pond hatte bei dieser Gelegenheit (A. N. 5, 393) geäußert, nur das Instrument in Dublin könne mit dem Greenwicher als gleichwerthig angesehen werden; aber er gab, wohl nach einer Reclamation Schumacher's, später zu, (A. N. 6, 129), jene Aeußerung habe sich nur auf die Instrumente in England bezogen. Airy spricht in seinem Bericht dann weiter in abfälliger Weise über Reichenbach's in einander gepaßte Kreise, Hauptkreis und Alidade, die sich mit der Zeit einmal berühren müßten (bei vernünftiger Behandlung kann in absehbarer Zeit davon nicht die Rede sein, wenn sie einmal gut in einander paßten), über die vielen Gegengewichte und über das vom Kreise getrennte Fernrohr. Troughton's Einrichtung an Groom-

¹⁾ George Biddell Airy, Alnwick (Northumberland) 1801 — Greenwich 1892.

bridge's Instrument, wo die Kreise das Fernrohr tragen, scheint ihm viel besser; aber die innere Unsicherheit der aus vielen Stücken zusammengeschraubten englischen Kreise sieht Airy nicht. Er tadelt auch die Umlegung bei Reichenbach's Meridiankreisen, die ihm nicht bequem genug ist, beachtet aber nicht, daß bei Troughton's Instrument dieser Ubelstand in viel höherem Grade besteht. — Wenn Airy endlich sagt: »If a person who is no mechanic, and who has not used one of these instruments, may presume to give an opinion, I should say that the Germans have made no improvement in instruments except in the excellence of the workmanship,« so läßt er selbst seinem Urtheil wenig Werth.

Struve's Reise von 1834 war schon durch frühere Besprechungen vorbereitet worden. — Er fuhr zunächst über Königsberg nach Berlin. Hier war wohl Pistor's Werkstatt noch nicht genügend eingerichtet, um neben dem seit Jahren begonnenen Meridiankreis für Berlin noch größere Arbeiten übernehmen zu können. Struve sah aber die neue Sternwarte und wurde dort aufmerksam auf die am Drehdache des Refractorthurmes eingeführte Haltung der tragenden Rollen an einem freien Verbindungsring, die er mit gutem Erfolg auch in Pulkowa einführte (A. N. 13, 27). Auch anderweitig wurde diese Construction vielfach nachgeahmt.

In Hamburg bestellte Struve einen Meridiankreis und ein Durchgangs-Instrument für den ersten Vertical, dieses mit Fernrohr am Ende der Achse und von ganz ungewöhnlicher Construction in Folge der gestellten Bedingung einer schnellen Umlegung der Fernrohr-Achse und eines dauernden Standes des Niveaus auf der Achse.

Ertel übernahm die Lieferung eines Durchgangs-Instruments (für den Meridian) und eines großen Verticalkreises von ca. 6^f Brennweite, im Grunde nur eine starke Vergrößerung des Reichenbach'schen astronomischen Kreises, der sich bei Struve's Vermessungen bewährt hatte.

In Utzschneider's, nun von Merz und Mahler geleiteten Werkstatt einigte man sich, nachdem Struve ein fertiges Rohr von 10^{1/2} Oeffnung, 15^f Brennweite geprüft hatte, über einen Refractor, der so groß werden sollte, wie man in München glaubte, ihn herstellen zu können (ca. 13^{1/2} Oeffnung, 20^f Brennweite) und ein Heliometer, ähnlich Bessel's, doch von 7^z Oeffnung.

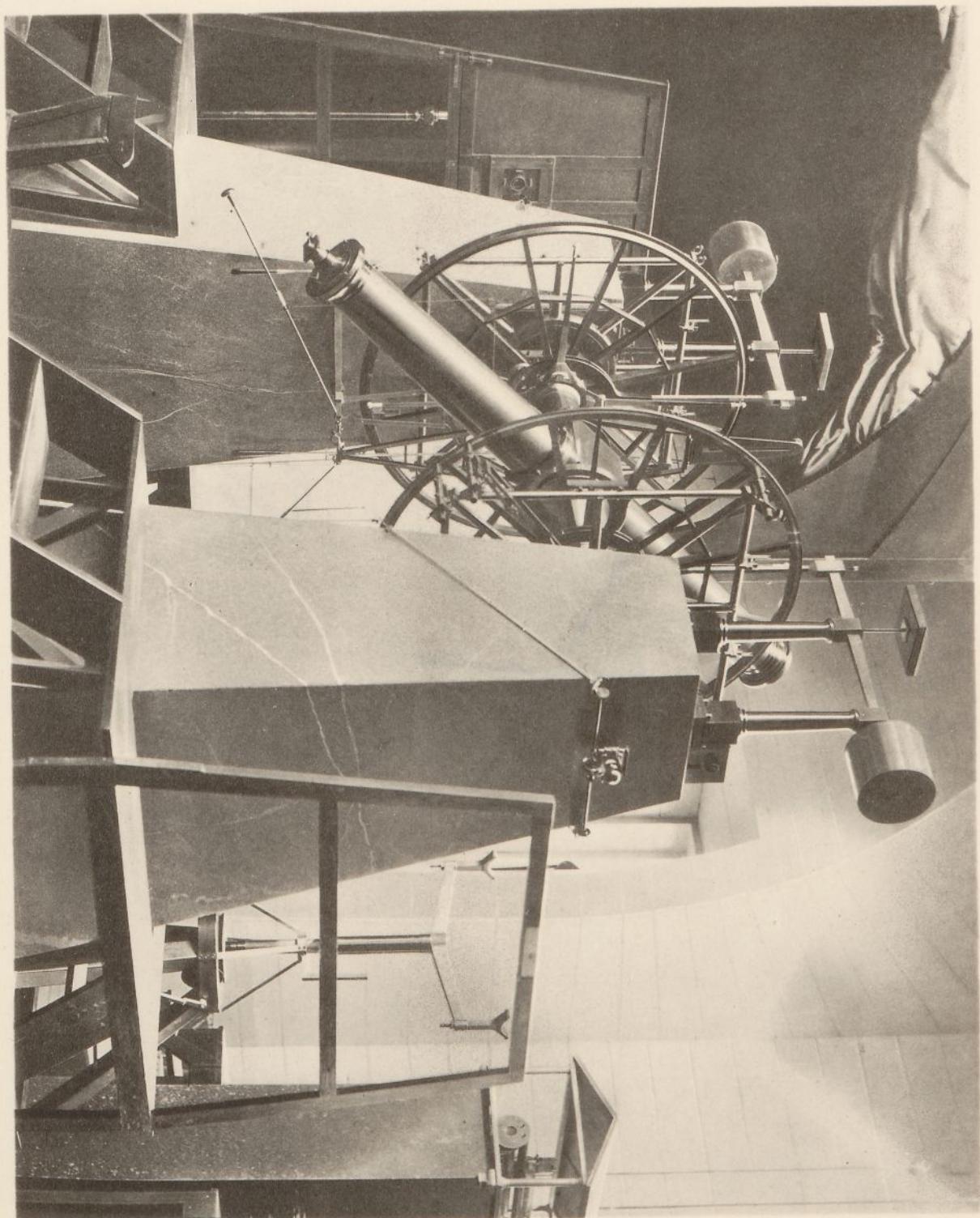
In Wien endlich wurde bei Plössl ein dialytisches Rohr von 6^z Oeffnung mit Aufstellung in Auftrag gegeben.

Diese reiche Sammlung, deren Herstellung die deutschen Werkstätten während einiger Jahre in lebhafter Thätigkeit erhielt, verlangt eine eingehende Betrachtung. Sie ist ausführlich beschrieben in W. Struve's »Description de l'Observatoire central de Poulkowa, St. Petersbourg 1845«.

Der Meridiankreis, mit Objectiv von 5,8ⁱ Oeffnung, 6^e 11ⁱ Brennweite¹⁾ [Fig. 12] unterschied sich von dem etwas kleineren der Hamburger Sternwarte hauptsächlich dadurch, daß die Mikroskope wieder ihre Haltung an den Pfeilern bekamen, daß die Vertauschbarkeit von Objectiv- und Ocular-Kopf eingeführt wurde und daß die Klemme nicht unmittelbar auf die Achse wirkt, sondern durch zwischengelegte Federringe,

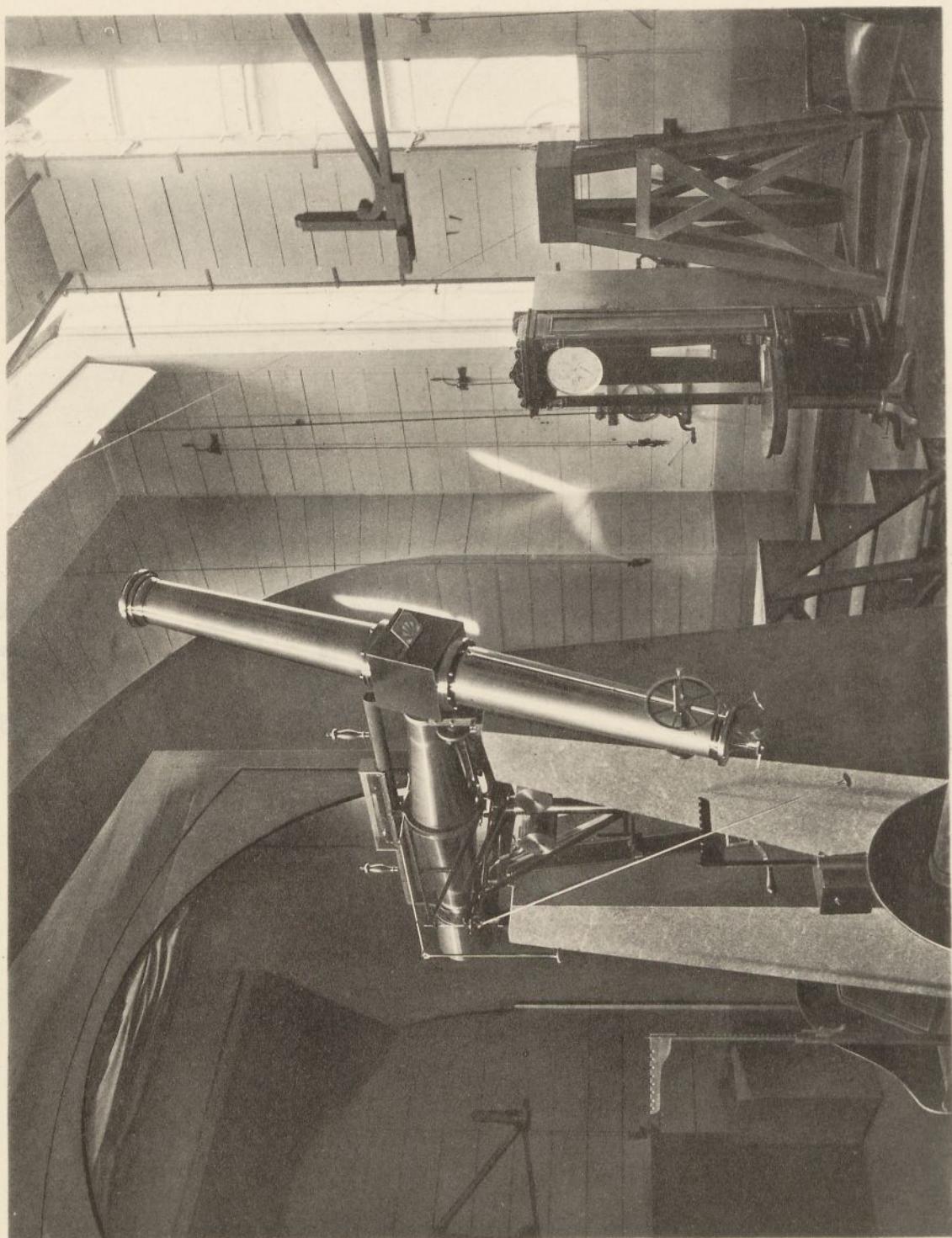
¹⁾ In Struve's Description sind die Maße in russischen = englischen Fußen und Zollen angegeben.

Fig. 12



Meridiankreis, 7^f Brennweite, Pulkowa 1838.

Fig. 13



Durchgangs-Instrument im 1. Vertikal, $7\frac{1}{2}$ Brennweite, Pulkowa 1838.

so daß der Druck der Klemmschraube nicht förtlich wirken und Verspannung erzeugen kann (Descr. 150ff.). Die Mikroskopträger bestehen aus starken Röhren-Quadraten, deren Mittelkörper (Guß) an großen, vor den Pfeilern befestigten Messingguß-Platten spannungsfrei gehalten werden; sie sind je mit zwei feinen Niveaux versehen, um eine etwaige Aenderung der Lage erkennen zu lassen. Zur Berichtigung der Theilfläche des Kreises in die Bildebene der Mikroskope nach dem Umlegen ist die Achse durch Schraube und Gegenfeder in der Längenrichtung ein wenig verstellbar. Die Zapfenlager haben flach runde Berührungsflächen von Messing, jede um 45° gegen die Senkrechte geneigt. Ein Hängeniveau dient zum Nivelliren der Achse.

Es sind zwei horizontale Collimatoren und zwei andere, zur Berichtigung der optischen Achse, beigegeben, die paarweise über einander aufgestellt sind. Die horizontalen Collimatoren liegen unten, in Höhe der Achse des Meridiankreises, so daß jeder im Fernrohr eingestellt werden kann, und bestehen jeder aus einem cylindrischen Rohr mit Objectiv von $1,9^{\circ}$ Oeffnung, 39° Brennweite; sie liegen mit cylindrischen Ringen von Glockenmetall in offenen Lagern, in denen sie umgelegt werden können; ein Setzniveau prüft die horizontale Lage; ein Ocular-Mikrometer ist nicht vorhanden. — Die oberen Collimatoren liegen wie Durchgangs-Instrumente in offenen Lagern und sind mit Mikrometern versehen; sie können auf einander und auch auf das Fernrohr gerichtet werden und dienen so zur Bestimmung der Collimation ohne Umlegung. Dies Verfahren scheint von Steinheil¹⁾ entlehnt zu sein (A. N. 11, 147). Die oberen Collimatoren sind übrigens auch mit besonderen Stativen versehen, um gelegentlich anderweitig als Durchgangs-Instrumente benutzt zu werden; sie fehlen im Bilde.

Das Durchgangs-Instrument im ersten Vertical, schon von Römer benutzt und von Bessel neuerdings empfohlen (A. N. 3, 9ff.), hatte Struve schon seit mehreren Jahren beschäftigt, und er benutzte nun die Gelegenheit, ein solches in großem Maaßstabe ausführen zu lassen. Er bat sowohl Repsold als auch Ertel um Entwürfe und entschied sich schließlich für Repsold's Zeichnung [Fig. 13].

Auch hier wurde eine möglichst symmetrische Anordnung eingehalten (Descr. 167ff.). Dem Fernrohr von $6,25^{\circ}$ Oeffnung, 91° Brennweite entspricht ein Gegengewicht am anderen Ende der Achse, und beide sind zur Verringerung der Biegung der Achse durch zwei gleiche innere Gegengewichts-Hebel unterstützt, deren Ruhepunkte senkrecht über den Lagern der Achse liegen; die tragenden Enden der Hebel greifen an den Außenseiten des Cubus und des Gegengewichts an. Mitten auf dem Achsenkörper ist die horizontal nach beiden Seiten auslaufende Klemme angebracht, von deren Enden beiderseits ein Klemm- und ein Feinstell-Schlüssel herabhängen. — Der die Lager tragende Pfeiler ist von Ost nach West tief eingeschnitten, um Raum für die Umlegevorrichtung zu gewinnen, die in einen dem Pfeilereinschnitt angepaßten Eisenrahmen eingebaut ist. Sie besteht aus zwei Theilen: einer senkrecht stehenden Schraubenspindel, die sich oben in einem Lager, unten in einer mit Kurbel und Vorgelegen zu drehenden Mutter führt, und einem mit langer Büchse auf dem oberen Ende der Spindel drehbar ruhenden Querkopf. Dieser Kopf trägt an jedem Ende einen Gegengewichts-Hebel mit

¹⁾ Carl August Steinheil, Raportsweiler 1801 — München 1870.

zwei Rollen, die dauernd den Lagerdruck der Zapfen nahezu aufheben, und greift, wenn angehoben wird, mit zwei festen, offenen Bügeln unter den Achsenkörper, um ihn beim Herumdrehen zu sichern. Fast die ganze auf der Schraube ruhende Last wird durch ein unteres Hebelsystem aufgehoben, so daß wenig Kraft an der Kurbel erforderlich ist, um die Achse auszuheben. Die Umlegung kann in 16° gemacht werden, und der Beobachter kann 80° nach dem Beginn der Beobachtung in der ersten Lage sie in der zweiten Lage fortsetzen. — Das Fernrohr besteht aus zwei gleichen, wenig conischen Messingrohren, die durch einen Cubus verbunden sind. Am Ocularende befindet sich ein Mikrometer in horizontaler Richtung und, außen am Rohr, ein Aufsuchkreis mit Niveau nach Troughton, ihm gegenüber am Rohr ein Gegengewicht. Das Niveau steht dauernd auf der Achse und berührt sie senkrecht über den Lagern; es kann mit Hülfe einer einfachen Zugvorrichtung leicht abgehoben und um 180° gedreht werden. Die Feldbeleuchtung geschieht durch die äußere Wand des Cubus und kann vom Ocular her durch einen Blendkeil moderirt werden.

Ertel's Durchgangs-Instrument (Descr. 115ff.) hat ein Objectiv von $5,85^{\circ}$ Oeffnung, $8,5^{\circ}$ Brennweite [Fig. 14]. Achse und Rohr sind symmetrisch. Objectiv- und Ocular-Kopf können vertauscht werden. Die Achse wird nivellirt durch ein Setzniveau, das die Zapfen über den Lagern berührt; die Umlegung des Niveaus geschieht mit Hülfe einer Zugvorrichtung, die Ablesung muß aber des horizontal liegenden Rohres wegen unbequem sein. Das Gewicht der Achse wurde ursprünglich durch nahe über den Pfeilern liegende Hebel aufgehoben, die mit je zwei Rollen unmittelbar unter die Achse wirkten (Descr. Taf. XXIII). Später hat man die Hebel auf hohe Lagerböcke gelegt, wahrscheinlich einer präziseren Aushebung wegen. — Die Umlegung läßt sich in 3 Minuten machen, und die Beobachtungen beider Lagen liegen am Aequator um 4 Minuten auseinander. An jedem Ende der Achse befindet sich ein Einstellungskreis. — Die Dämpfung der durch den einen Zapfen gehenden Feldbeleuchtung geschieht durch eine Keilöffnung. — Eine Klemme war vorhanden, sie ist aber beseitigt worden, um jede mögliche Zwängung der Achse zu vermeiden, und man findet keine Schwierigkeit, die Einstellung aus freier Hand zu machen. — Zur Prüfung der Form der Zapfen ist über den Lagern ein leichter Druckhebel mit Niveau angebracht worden. — Das Azimuth wird controllirt nach zwei Loch-Miren in Abständen von ca. 500° , die durch an besonderen Pfeilern im Beobachtungssaale angebrachte Linsen entsprechender Brennweite sichtbar gemacht werden. Durch eine Schiebung der Linsen mit Theilung, die der Beobachter vom Ocular aus bewirken kann, werden die Miren auf den Mittelfaden des Fernrohres eingestellt.

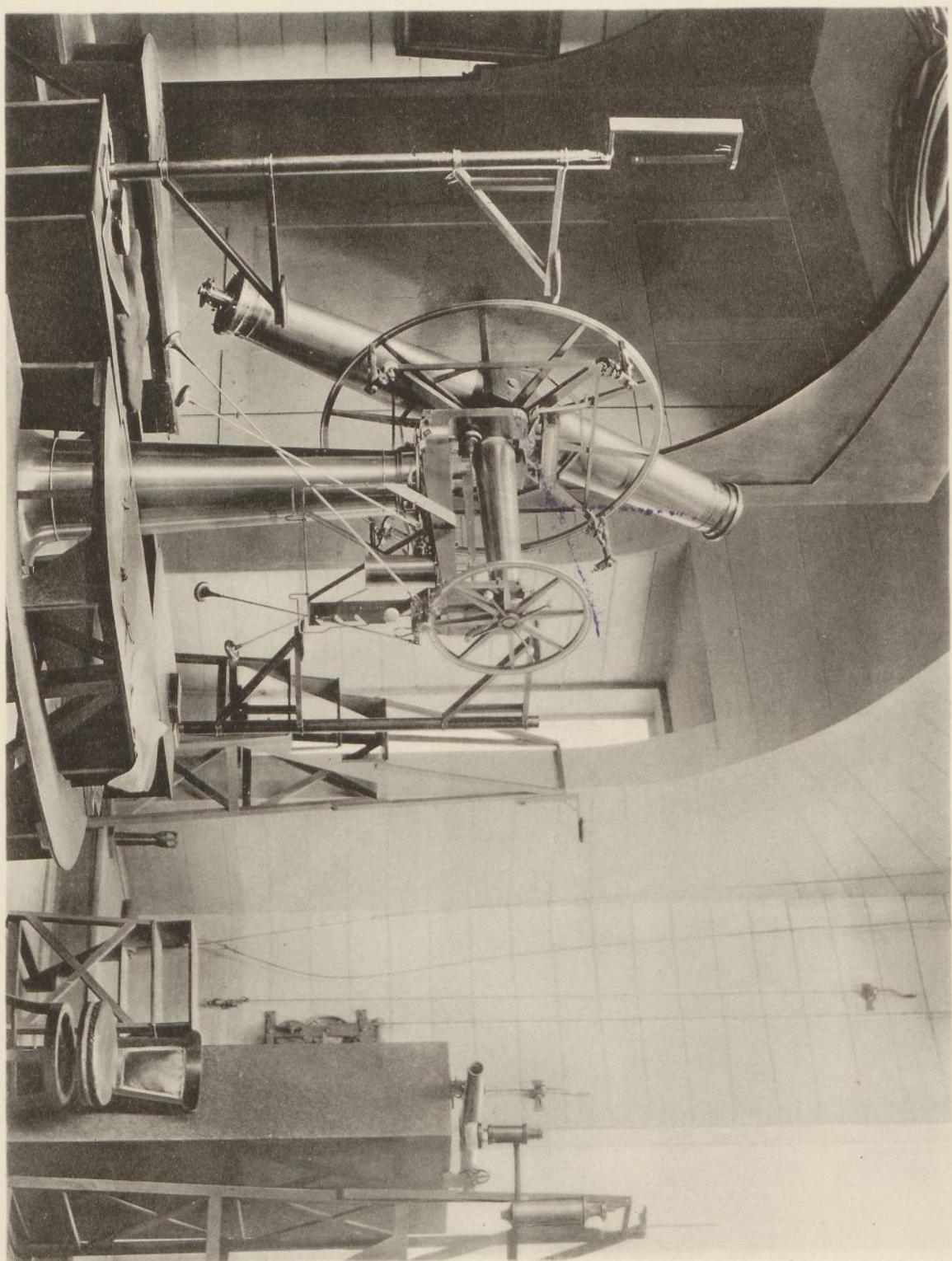
Beim Ertel'schen Verticalkreise von $5,9^{\circ}$ Oeffnung, 77° Brennweite [Fig. 15] legte Struve den größten Werth auf die von kleineren Instrumenten dieser Gattung übernommene schnelle Umdrehung um 180° , die ihn von den meisten der kleinen Veränderlichkeiten im Instrument unabhängig machen sollte (Descr. 130 ff.). Die ganze Form läßt noch den Ursprung erkennen; doch ist besondere Rücksicht auf Vermeidung von Biegungen genommen, durch Stärke der horizontalen Achse (welcher freilich die Dicke der senkrechten Achse keineswegs entspricht) und Form der Rohre, die am tragenden Ende im Querschnitt ein Oval mit der langen Achse in Richtung

Fig. 14



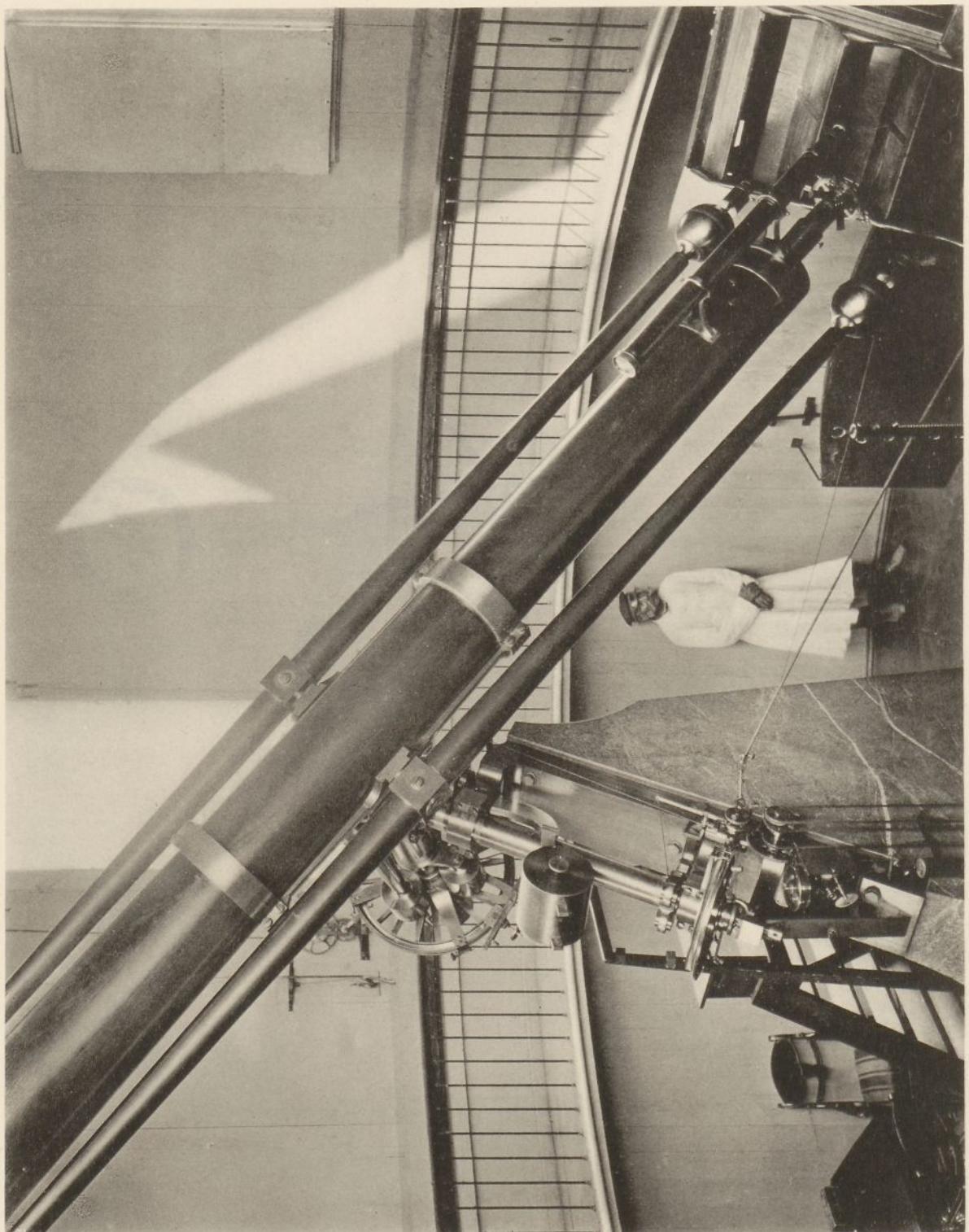
Durchgangs-Instrument, $8\frac{1}{2}$ f Brennweite, Pulkowa 1839.

Fig. 15



Verticalkreis, $6\frac{1}{2}^f$ Brennweite, Pulkowa 1839.

Fig. 16



21^f-Refractor, Pulkowa 1839.

der Senkrechten zeigen. Der Kreis, von 40^i Durchmesser, ist ganz nahe dem Fernrohr an der Achse befestigt und von $2'$ zu $2'$ getheilt. Ein quadratischer Rahmen am Lagerbock trägt die Mikroskope (die hier zum ersten Male bei Ertel erscheinen) und ein feines Niveau. Auch auf der horizontalen Achse steht dauernd ein Niveau. Ein auf dem Lagerbock ruhender Gegengewichtshebel wirkt unter den Schwerpunkt der Achse. — Die Klemmung geschieht an einer am Ende der Achse befestigten Scheibe, die zugleich eine Theilung zum Einstellen trägt. — Die senkrechte Achse führt sich in der Säule, oben mit einem Conus, unten mit einem Cylinder, und wird durch Gegengewichte entlastet, denen zu lieb die Säule auf drei hohe Füße gestellt worden zu sein scheint. Am oberen Ende der Säule befindet sich ein kleiner Azimuthalkreis, der an zwei Verniers abzulesen ist, und darunter eine Klemme. — Die Beobachtung geschieht in folgender Weise: das Fernrohr wird für den zu beobachtenden Stern in Declination und in einem solchen Azimuth eingestellt, daß der Stern $4^{\text{min.}}$ vor dem Meridiandurchgang in Mitte des Feldes sein wird; das Niveau des Mikroskopträgers wird durch eine feine Stellschraube mit Theilscheibe im Nordfuße der Säule genau in die Mitte gestellt. Nachdem dann dem Stern durch die Höhenschraube eine geeignete Lage im Gesichtsfeld gegeben worden ist, wird der Zeitpunkt abgewartet, in dem sich der Stern mitten auf dem Horizontalfaden befindet und diese Zeit an der Uhr abgelesen, darauf auch die 4 Mikroskope und das Niveau. Damit ist die Beobachtung zur Hälfte erledigt, und, nachdem das Fernrohr in die andere Lage gebracht, d. h. auf $4^{\text{min.}}$ nach dem Durchgang eingestellt worden, wird die zweite Hälfte in gleicher Weise durchgeführt.

Der große, schließlich mit $14,93^i$ Oeffnung, $22,5^e$ Brennweite ausgeführte Refractor von Merz und Mahler (Descr. 181 ff.) hatte (bis 1879) eine dem Dorpater Refractor sehr ähnliche Aufstellung; doch wurde das am Fußboden weit ausladende und dadurch sehr unbequeme Holzstativ durch einen Steinpfeiler von mäßigen Dimensionen ersetzt und außer den schon an dem $10\frac{1}{2}$ -zölligen Refractor in München eingeführten Verbesserungen noch das Gegengewichts-System verändert, auch die Beleuchtung dahin vervollständigt, daß die Helligkeit der Fäden moderirt werden kann, und endlich für Feldbeleuchtung gesorgt durch eine seitlich am Rohr angebrachte Lampe mit einem keilförmigen rothen Glas auf einem Schieber zur Dämpfung [Fig. 16].

Das Heliometer (Descr. 205 ff.) hat bei $7,4^i$ Oeffnung 123^i Brennweite und unterscheidet sich im Uebrigen von Bessel's nur durch einige Änderungen in der Aufstellung, entsprechend denen am großen Refractor. — Struve vermißt an seinem Instrument eine gleichzeitig entgegengesetzte Bewegung der beiden Objectivschieber (er hätte gern die Möglichkeit der Wiederholung dagegen aufgegeben), sowie eine Drehung des ganzen Fernrohres, anstatt der getrennten Positionsrehungen für Objectiv und Ocularkopf. Er hofft, später beides noch ausführen lassen zu können. Das Instrument ist aber wenig zur Geltung gelangt.

Es folgt noch eine Reihe kleinerer, tragbarer Instrumente, die aber größtentheils schon an anderen Orten beschrieben worden sind.

Die Sternwarte Pulkowa wurde im Herbst 1839 eröffnet und sogleich in Benutzung genommen. Sie hat mit ihren geräumigen und trotz großer Einfachheit würdigen

Sälen auch baulich allgemeine Beachtung gefunden und ist noch jetzt in mancher Beziehung vorbildlich.

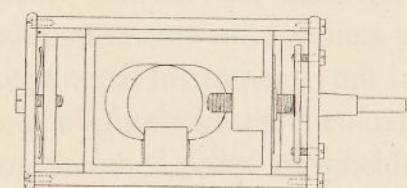
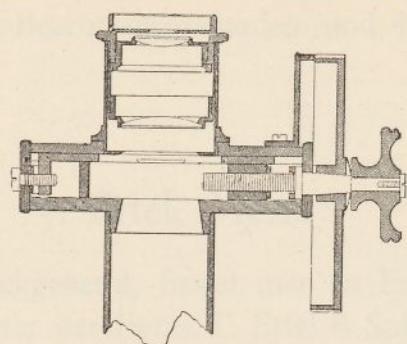
3. Ertel, Merz.

Auf die Werkstätten zurückgehend, findet man in Ertel's, jetzt nach dem Eintritt seines Sohnes Georg¹⁾ unter der Firma T. Ertel & Sohn erschienenen Preis-Verzeichniß von 1840, neben den Verniers, auch Mikrometer-Mikroskope zur Ablesung der Meridiankreise und selbst kleinerer Verticalkreise nach Art desjenigen in Pulkowa verwandt, aber auch noch Universal-Instrumente mit Verniers und Multiplications-Theodoliten in vielen Sorten. Das »Aequatorial-Instrument« mit langer Achse ist fortgefallen; dagegen erscheint neu der »Steinheil-Ertelsche Prismenkreis«, der übrigens schon im Jahre 1833 (A. N. 11, 43 ff.) von Steinheil selbst angemeldet wurde. — Im Jahre 1849 wird ein neues Preisverzeichniß ausgegeben (A. N. 30, 367), in welchem als erstes Stück ein Meridiankreis von 45° Durchmesser genannt wird, mit 8-füßigem Fernrohr. Von den beiden Kreisen ist nur der eine fein getheilt, der andere dient als Gegengewicht und Handhabe beim Einstellen nach einer groben Theilung. Die vier Mikroskope werden an einem kreisförmigen Träger mit »Versicherungs-Niveau« gehalten, je nach Wunsch des Bestellers am Pfeiler hängend, oder auf der Achse drehbar angeordnet. Die Umlegung geschieht auf einem Wagen, der während des Umlegens nicht zwischen den Pfeilern braucht herausgefahren zu werden. Für Feld- und Fadenbeleuchtung mit Dämpfung und Nadir-Beobachtung ist gesorgt. Am Schlusse heißt es: »Auch können an allen Meridiankreisen, statt der geraden, gebrochene Fernrohre angebracht werden, über deren Construction und Kosten bei der Bestellung verständigt wird (?).« Wie diese Construction etwa gedacht war, wird leider nicht gesagt; das Ganze sieht nach einem Project aus, das bisher nicht ernst verfolgt worden ist. Es folgen im Verzeichniß auch noch die alten Meridiankreise mit Verniers. Neu sind die Durchgangs-Instrumente im ersten Vertical mit Fernrohr am Ende der Achse und rascher Umlegung, vermutlich Ertel's Project für Pulkowa. — In einem Verzeichniß von 1863, in französischer Sprache, (A. N. 60, 161) giebt es keine Verniers mehr an Meridiankreisen; sie sollen in allen Größen die noch etwas weniger präcis als 1849 angegebene Construction des damals erstgenannten Instruments haben, doch sollen die Mikroskope, jetzt acht, immer am Pfeiler sitzen, und von einem gebrochenen Fernrohr ist nicht mehr die Rede. Bei den Durchgangs-Instrumenten im ersten Vertical heißt es jetzt »d'après le rapport de M. de Struve à Poukova«.

Im Jahre 1863 noch starb Georg Ertel, nachdem der Vater fünf Jahre früher hochbetagt gestorben war. Die verwaiste Werkstatt wurde von Georg's Bruder, Gustav Ertel, unter der technischen Leitung von Moritz Röhrer fortgeführt. Ein im Jahre 1866 erschienenes Verzeichniß (A. N. 66, 319 ff.) umfaßt nur astronomische und geodätische Instrumente ohne wesentliche Änderungen gegen früher. Ein Universal-Instru-

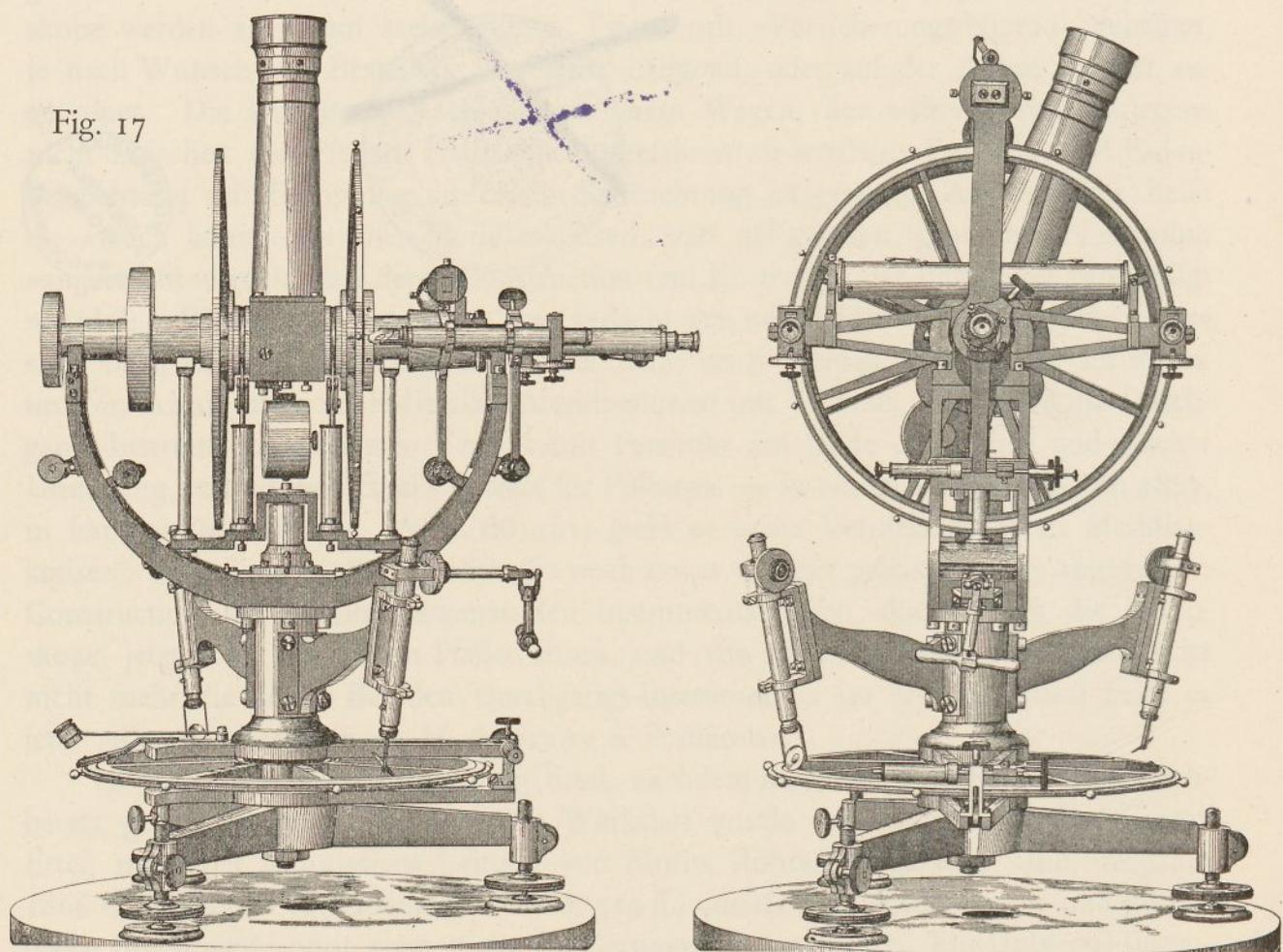
¹⁾ Georg Ertel, München 1813—63.

Fig. 18



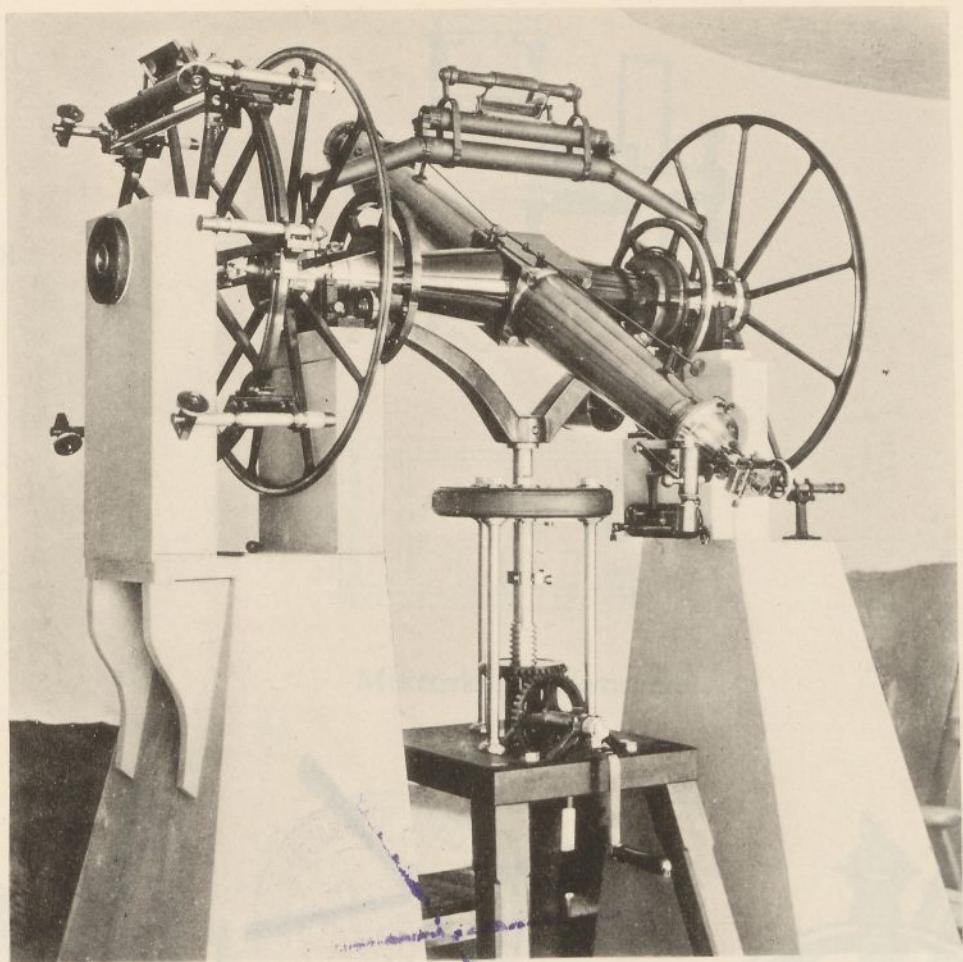
Mikroskop-Mikrometer,
ca. 1/1 n. Gr.

Fig. 17



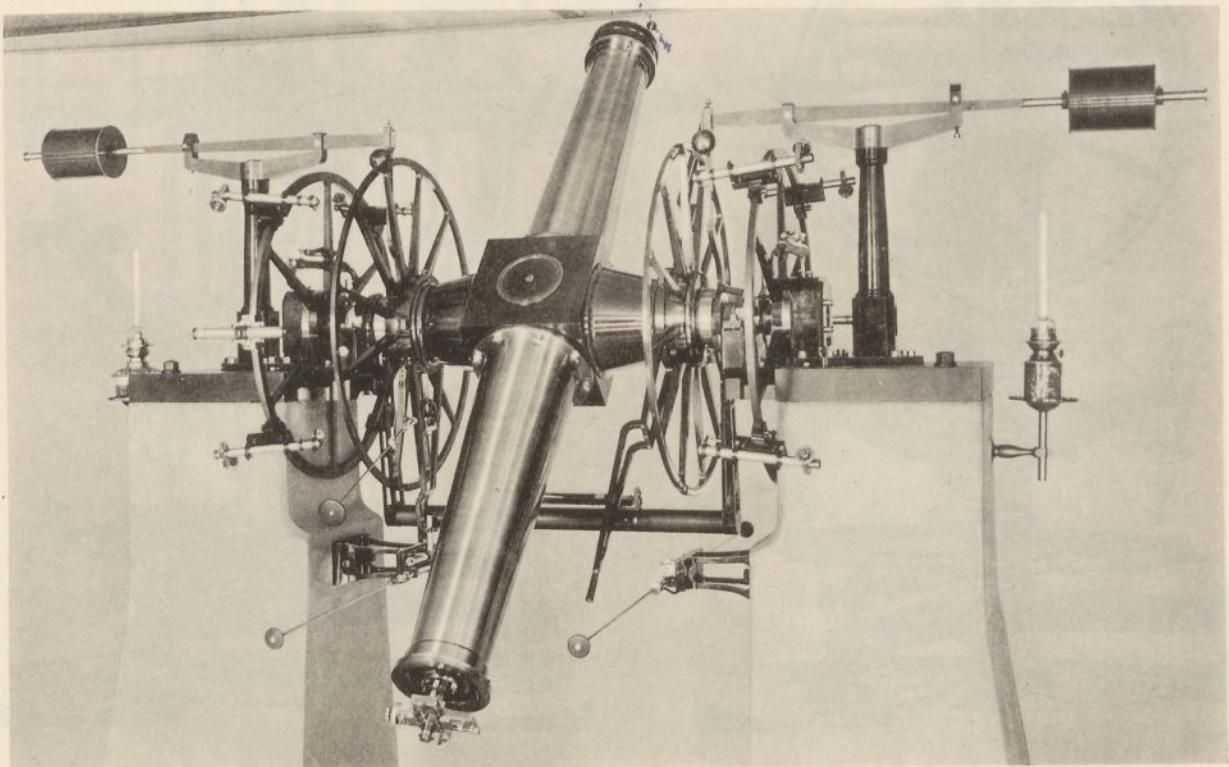
Universal-Instrument, ca. 1870,
nach Carl 7, ca. 1/7 n. Gr.

Fig. 19



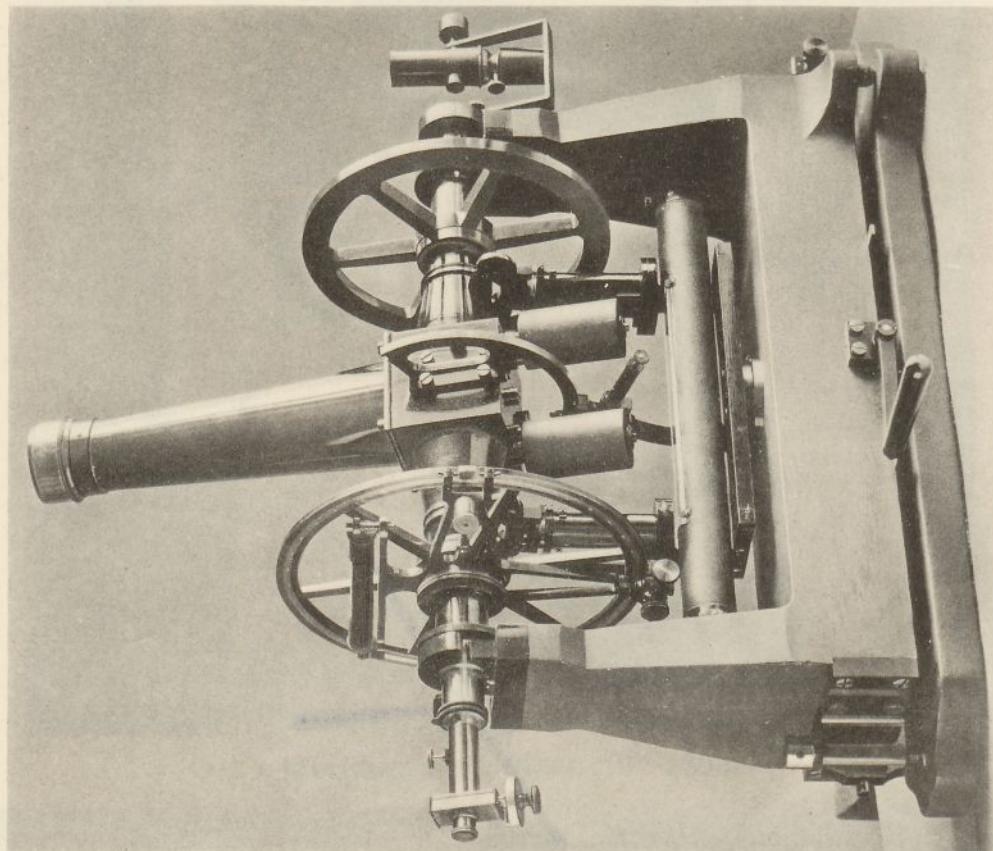
Meridiankreis, Nashville 1880.

Fig. 20



Meridiankreis, Warschau ca. 1886.

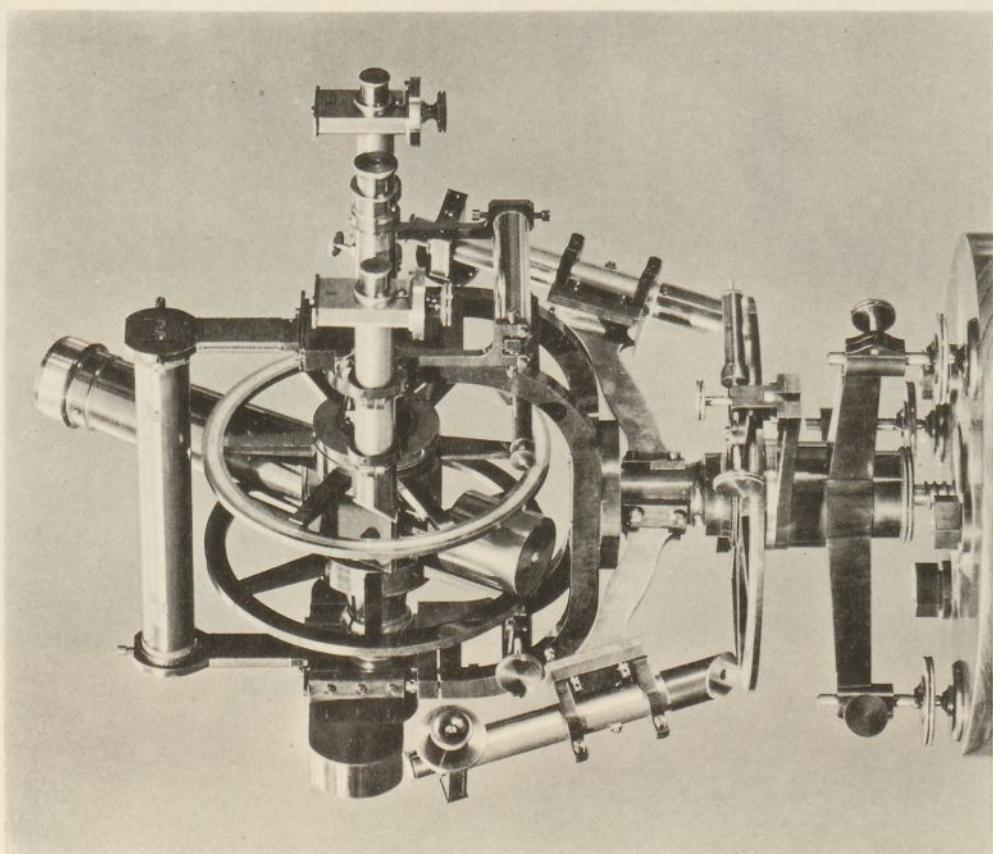
Fig. 21



Durchgangs-Instrument um 1890.

mitgetheilt von Herrn Aug. Diez, München.

Fig. 22



Universal-Instrument um 1890.

ment mit mikroskopischer Ablesung aus dieser Zeit zeigt [Fig. 17], (Carl. 7). An dem selben Orte findet sich ein Ertel'sches Mikroskop-Mikrometer abgebildet [Fig. 18]; es ist ähnlich den Troughton'schen, doch ohne Spiralfeder. Statt deren sind zwei flache Federn angewandt, eine für die Mutter, die andere für einen Flansch der Schraube. Eine Verbesserung kann darin nicht gesehen werden. Gustav Ertel starb 1875. Als dann Röhrer 1876 die Leitung der Werkstatt niederlegte, wurde sie für die Ertel'schen Erben von August Diez verwaltet, der, 1845 in München geboren, mit Unterbrechungen schon seit 1866 in derselben thätig gewesen war. Unter seiner Leitung wurde 1880 ein Meridiankreis für Nashville (Nordamerika) ausgeführt, der, wie schon in früheren Preisverzeichnissen angeboten, zwischen den Pfeilern umgelegt werden konnte und auch sonst ungewöhnlich construirt war insofern, als der eine Pfeiler gespalten ist und auf einem inneren Theil das Lager, auf dem äußeren den Mikroskopträger hält, während dieser selbst und der am Ende der Achse befestigte Kreis in der Pfeilerlücke Platz finden [Fig. 19]. — Der letzte (ca. 1886 für Warschau) in der Ertel'schen Werkstatt ausgeführte Meridiankreis zeigt in der ganzen Anordnung einige Aehnlichkeit mit den Repsold'schen, wie sie um 1866 gebaut wurden [Fig. 20]. — Im Jahre 1890 erwarb Diez die Werkstatt und die Firma T. Ertel & Sohn käuflich. Als er bald darauf einen Neubau für nothwendig hielt, erachtete er es nicht für ratsam, sich bei dieser Gelegenheit wieder auf den Bau größerer astronomischer Instrumente einzurichten. Auch kleinere wurden neben den vorherrschenden geodätischen nur gelegentlich ausgeführt. Als Beispiel diene ein tragbares Durchgangs-Instrument [Fig. 21] mit Umlegung, gebrochenem Fernrohr und hängendem Niveau, für Objective von 59 bis 77^{mm} Oeffnung, und ein Universal-Instrument neuerer Art mit gebrochenem Fernrohr, aber ohne Umlegung, von 36 bis 63^{mm} Oeffnung [Fig. 22]. — Im Jahre 1911 ist die Firma auf eine Gesellschaft mit beschränkter Haftung übergegangen, in welcher neben den bisherigen Inhaber als technischer Mitarbeiter Adolf Hahn getreten ist. Der Betrieb sollte wesentlich ausgedehnt werden.

Das Fraunhofer'sche Institut behielt unter Merz und Mahler die hergebrachten Formen der Instrumente bei. Die Herstellung der großen Heliometer für Pulkowa (1839) und für Bonn (1842) zeigt, daß auch die mechanische Werkstatt des Instituts leistungsfähig geblieben war, wenngleich es im Wesentlichen Nachbildungen des Fraunhofer'schen Heliometers für Königsberg waren.

Nach Mahler's Tode (1845) wurde die Werkstatt zur Ordnung der Erbschaft verkauft und, nachdem Adolf Repsold einem Vorschlage Steinheil's, sie gemeinschaftlich zu erwerben, nicht hatte zustimmen können, von Georg Merz zurückgekauft und fortgeführt. Im Jahre 1847 nahm er seine beiden Söhne Ludwig und Sigmund als Theilhaber in seinen Betrieb auf. Die Firma wurde G. Merz & Söhne, nach Ludwig's Tode (1858): G. Merz & Sohn und bald darauf G. & S. Merz; das erste Preisverzeichniß erschien aber 1861 unter der Firma Merz, Utzschneider und Fraunhofer, 1862 schon ein zweites mit wieder veränderter Firma: G. & S. Merz, vormals Utzschneider & Fraunhofer (A. N. 57, 13, 77). — Das erste Verzeichniß nennt, außer den eigentlich optischen Nummern, Refractoren bis 14^z Oeffnung, 21^f Brennweite, deren Aufstellungen

gegen die in Pulkowa kaum Neues zeigen, ebenso die Heliometer mit Objectiven bis 52^1 Öffnung, 6^f Brennweite; im Uebrigen Tuben, Cometensucher und kleine Apparate. Das zweite Verzeichniß bringt mehrfache Herabsetzungen in den Preisen der Objective, für welche in einem beigelegten Circular eine ausführliche Erklärung gegeben wird. Die Glasschmelze scheint danach in sehr gutem Gange gewesen zu sein, und 1866 werden schon Objective von 18^z Öffnung angeboten. Die Aufstellungen behalten im Wesentlichen die Fraunhofer'schen Einrichtungen, bekommen aber Gußeisen-Pfeiler [Fig. 23].

Nach Georg Merz's Tode (1867) hat Sigmund Merz bis zum Jahre 1883 seine Werkstatt allein geleitet. Er trat erst zurück, als sich erwies, daß sein Sohn ihm nicht ein Nachfolger sein werde, und leider ist damit auch sein Vorhaben, die von ihm mit so gutem Erfolg geleitete Glasschmelze zu erweitern und im Gegensatze zu der bisherigen Gepflogenheit des Münchner optischen Instituts, ihre Producte auch andern Optikern zugängig zu machen, nicht zur Ausführung gelangt. — Die mechanischen Arbeiten leitete seit Mahler's Tode der Mechaniker Weiß. — Die Verzeichnisse ändern sich in Bezug auf die parallaktischen Aufstellungen wenig, und Heliometer sind wohl, mit Ausnahme eines kleinen, für den Venusdurchgang von 1874 ausgeführten, kaum noch in München hergestellt worden. Das Preis-Verzeichniß von 1878 nennt aber als Neuerungen: ein Uhrwerk, ähnlich dem System Foucault, Gewichtsaufhebung beider Achsen und ein aus Würfel und zwei anschließenden conischen Metallrohren bestehendes Fernrohr. Auch ist die Stunden-Einstellung von der Uhrbewegung unabhängig gemacht, und die Declinations-Stellung kann vom Ocular aus bewirkt werden, wie man beides damals wohl erwarten durfte.

Weitere Verzeichnisse sind von Sigmund Merz nicht herausgegeben worden. Im Jahre 1883 übergab er seinen Betrieb seinem Vetter Jakob Merz, der ihn zwanzig Jahre unter eigenem Namen fortführte, und 1903 lebte die alte optische Firma G. & S. Merz, vormals Utzschneider & Fraunhofer, die Sigmund Merz sich vorbehalten zu haben scheint, nochmals auf, indem sie auf Paul Zschokke übertragen wurde. — Sigmund Merz ist 1908 gestorben.

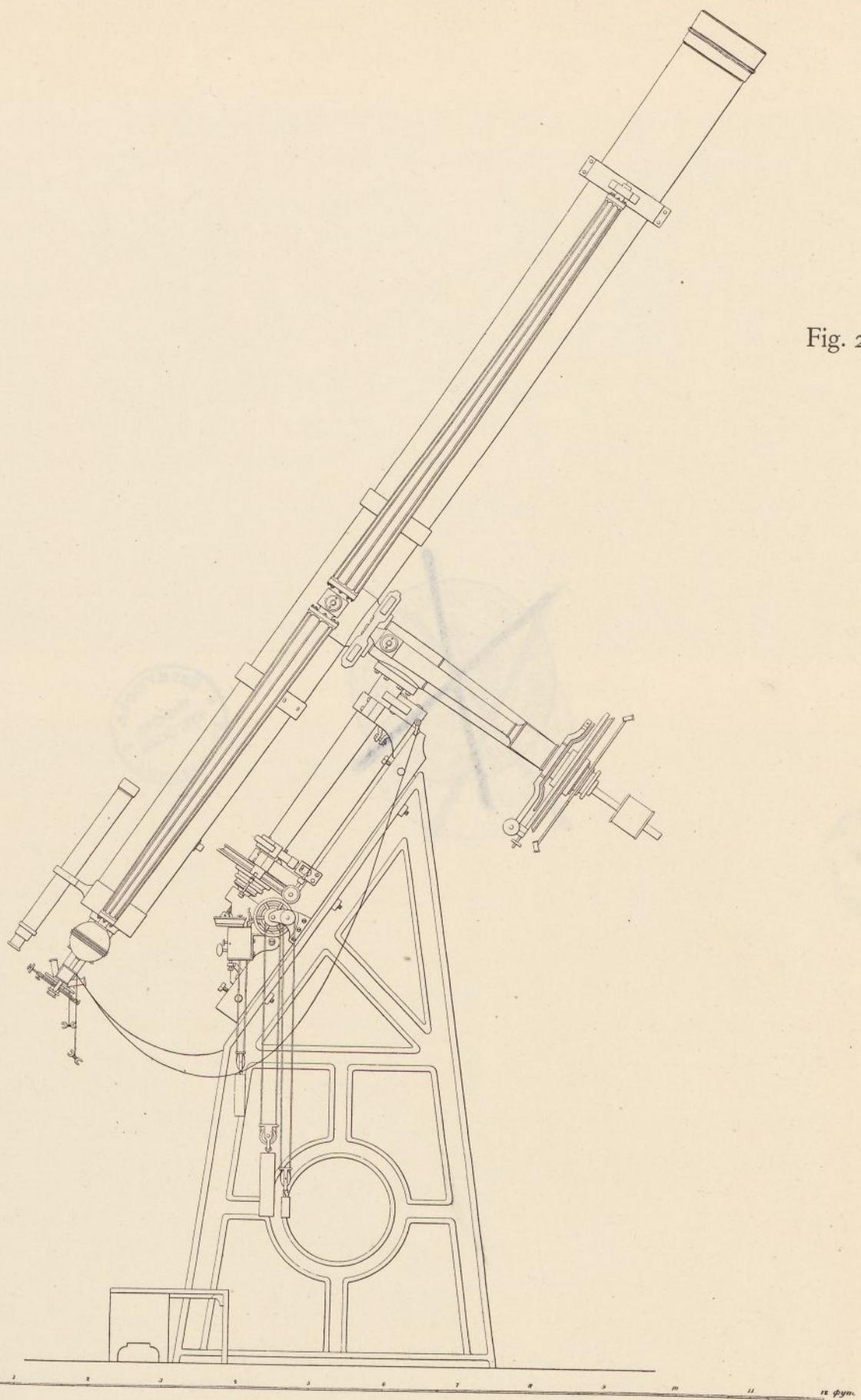
4. A. & G. Repsold. A. Repsold & Söhne.

Die Hamburger Werkstatt blieb unter der Firma A. & G. Repsold allein in den Händen von Adolf und Georg Repsold, bis sie 1862 Johann Adolf Repsold¹), Adolf's ältesten Sohn, als Theilhaber aufnahmen. Im Jahre 1867 schied Georg aus; Adolf's dritter Sohn, Oscar²), wurde aufgenommen, und die Firma wurde A. Repsold & Söhne.

Nach Erledigung der schon besprochenen Arbeiten für Pulkowa war vor allem ein schon längere Zeit für Schumacher projectirtes Universal-Instrument mit ge-

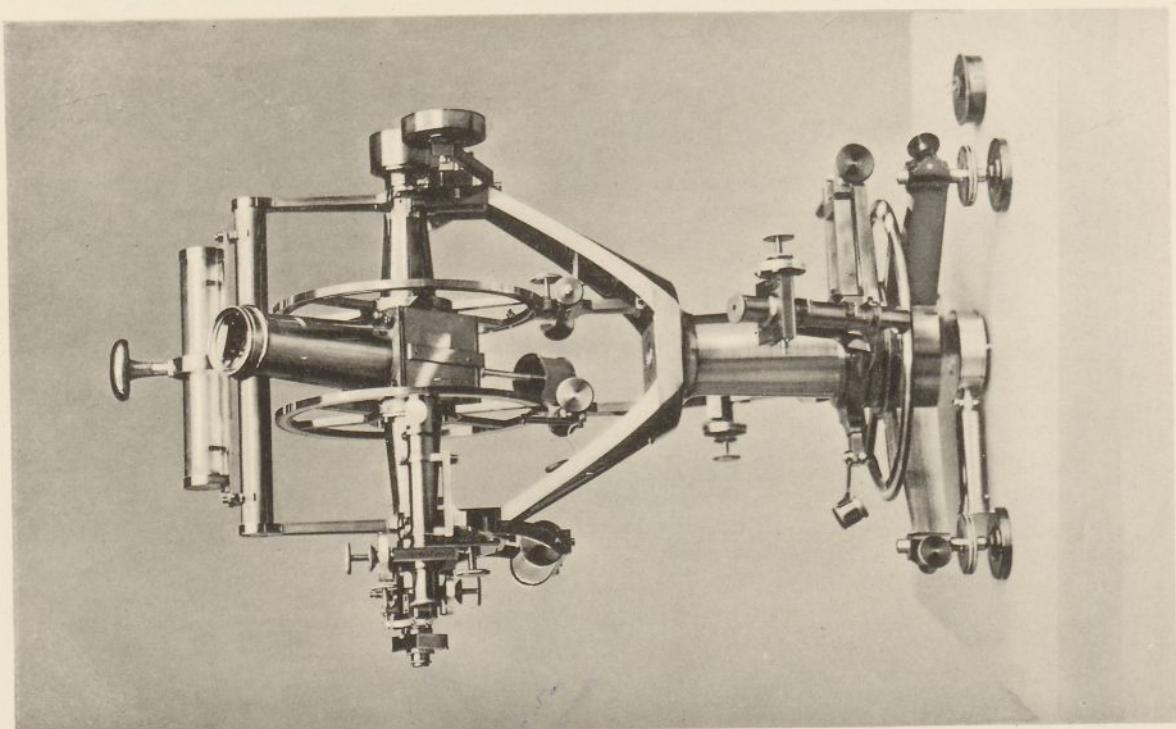
¹⁾ Johann Adolf (gen. Hans) Repsold, geb. Hamburg 1838.

²⁾ Oscar Philipp Repsold, geb. Hamburg 1842.



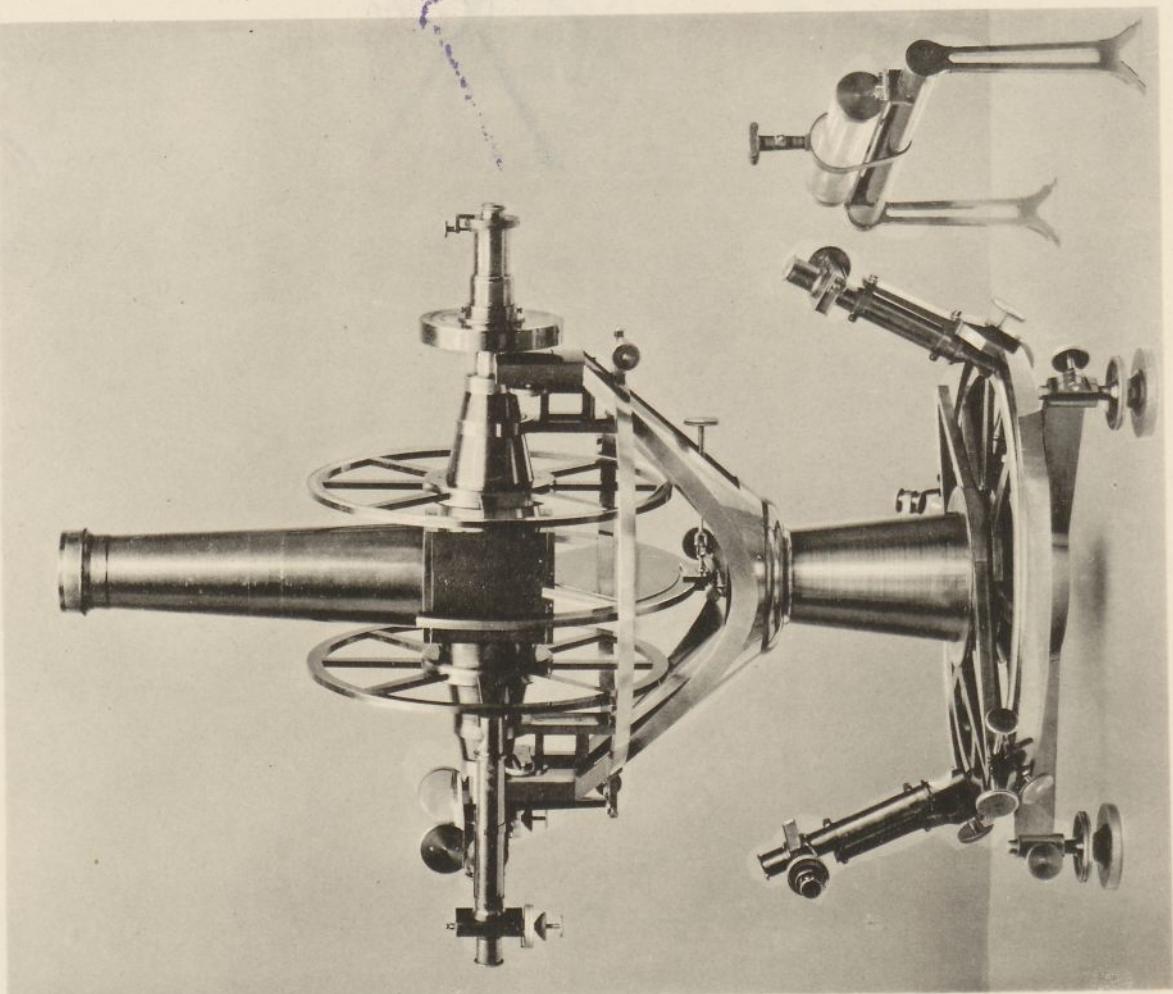
15^f-Refractor, Moskau 1859.

Fig. 25



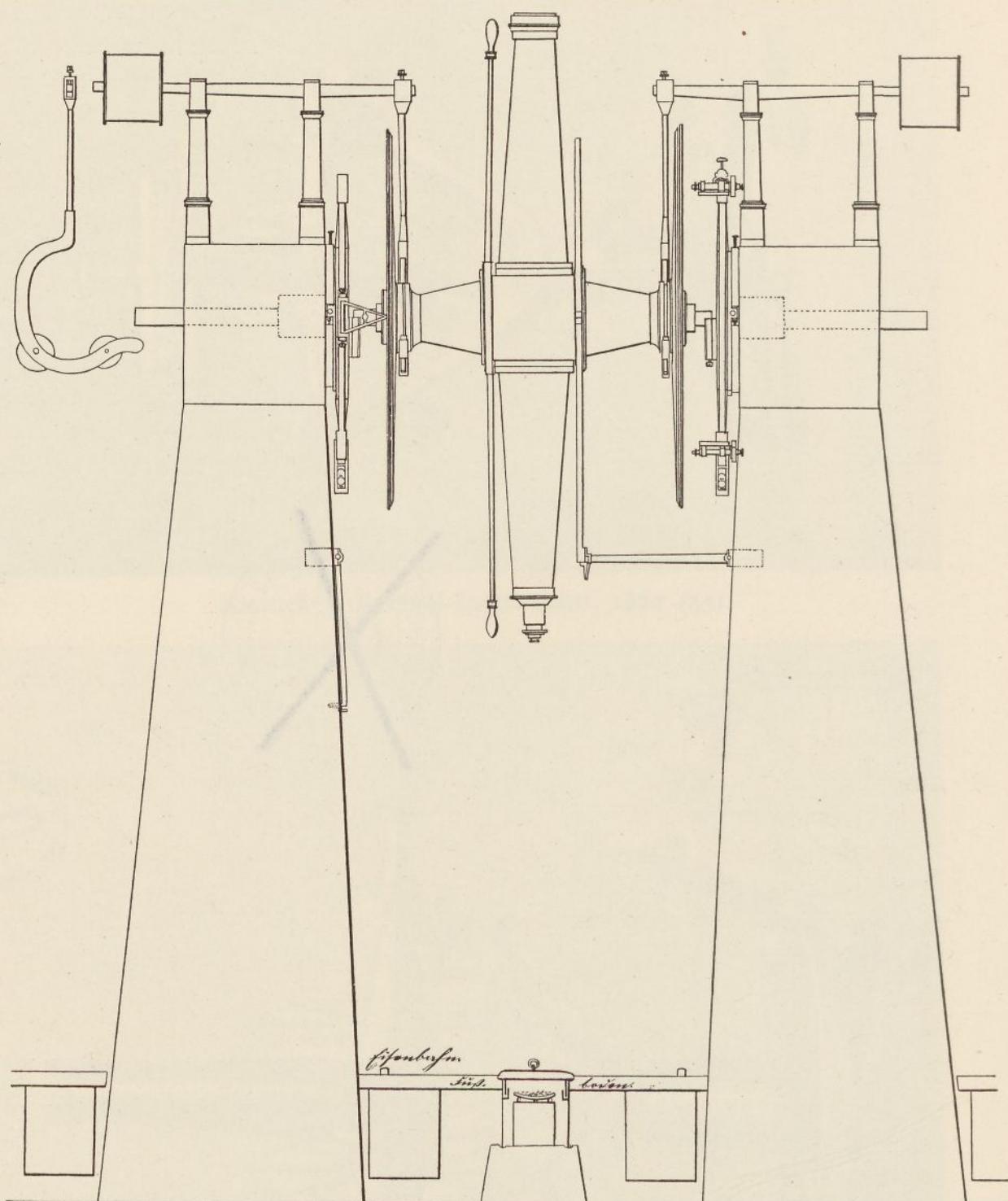
Kleines Universal-Instrument, 1862 (45).

Fig. 24



Großes Universal-Instrument, 1839.

Fig. 26



Meridiankreis, Königsberg 1841,

nach Königsb. Beob. 27.

brochenem Fernrohr von 18^1 Öffnung, 21^2 Brennweite und Kreisen von 10 und 12^2 Durchmesser zu vollenden [Fig. 24]. Es dreht sich um eine senkrechte, vom Dreifuß aufstehende Achse, oben auf einem Conus von 90° , unten an einem Cylinder, mit seitlichem Federdruck. Der Lagerbock der oberen Achse besteht aus einem Gußstück von solcher Form, daß die Mikroskope des Azimuthalkreises ungebrochen bleiben konnten. Innerhalb des Lagerbockes befindet sich, als Neuerung bei einem tragbaren Instrument, ein durch ein Excenter zu hebender Umlegebock, mit dem die Höhen-Stellschraube während des Umlegens verbunden bleibt, so daß die Umlegung schnell ausgeführt werden kann. Die beiden Mikroskope des Höhenkreises werden von der Achse getragen, die des Horizontalkreises sitzen an einem festen Ring des Dreifußes. Die Feldbeleuchtung geschieht durch ein kleines, das große Prisma am Rande etwas überdeckendes Prisma, welches das durch die hohle Achse einfallende Licht zum Ocular reflectirt. Das Instrument wurde im October 1839 vollendet. Eines späteren Instruments dieser Art erwähnt Schumacher (A. N. 26, 287) als »eines nach meinen Ideen gebauten«; in welchem Maße das zutrifft, ist nicht mehr zu entscheiden. Nach einer Aufzeichnung bei der Bestellung sollten ursprünglich Glasscheiben als Theilkreise verwandt werden; es wurde aber später davon abgestanden (Gauss-Schumacher, Nr. 720, 722, 981). Auch Encke, Agardh u. A. erhielten solche Instrumente.

Um 1845 wurde eine wesentlich kleinere Sorte von Universal-Instrumenten ausgeführt, mit Kreisen von 6 und 8^2 , Objectiv: 13^1 Öffnung, 15^2 Brennweite, ohne Umlegung, aber mit weit durchbohrter senkrechter Achse für Nadirbeobachtungen [Fig. 25]. Der horizontale Kreis sitzt hier am Dreifuß, und seine Mikroskope gehen mit dem Lagerbock herum. Auch die Mikroskope des Höhenkreises sind am Lagerbock befestigt. (J. A. C. Oudemans, Beschrijving . . . van en Universal-Instrument van Repsold, Leiden 1852.) Die Abbildung ist nach einem etwas stärker gebauten Instrumente von 1862.

Etwas früher waren einige Steinheil'sche Prismenkreise (A. N. 11, 43 ff.) ausgeführt worden, für Schumacher, Gauss u. A. An größeren Instrumenten entstanden zunächst Bessel's Meridiankreis und ein Aequatoreal für Hansteen¹⁾ in Christiania.

Der Meridiankreis [Fig. 26] (A. N. 21, 1ff., Königsb. Beobb. 27, XIff.) bekam 5^1 Brennweite und wurde nach eingehender Berathung mit Bessel im Allgemeinen dem in Pulkowa ähnlich. Doch erhielt er ein Ocular-Mikrometer und Einrichtung für Nadir-Beobachtungen; die Klemme geht nicht auf Federringen, weil Bessel keinen Werth darauf legte, und auch die Vorrichtung zum Umtauschen von Objectiv und Ocularkopf blieb fort, nach Busch²⁾ »auf Vorschlag der Herren Repsold« (a. a. O. 27, XI), und in der That äußerte Adolf Repsold gegen Bessel (Brief vom 9/1 1840, Entwurf) einen Zweifel, ob die Biegung einem einfachen Gesetze folgen werde; er will lieber ihr durch eine stark conische Form des Fernrohres entgegenwirken. Bessel wünschte aber einen besonderen Arm neben dem Rohr, um dieses beim Einstellen nicht angreifen zu müssen.

¹⁾ Christopher Hansteen, Christiania 1784—1873, Dir. Obs. Christiania.

²⁾ August Ludwig Busch, Danzig 1804 — Königsberg 1855, Dir. Obs. Königsberg.

— Bessel erwog Anfangs, ob er nicht, um die Untersuchung der Kreistheilung zu erleichtern, für diese eine größere Einheit als $2'$ greifen sollte; er wollte aber andererseits die Einstellung eines zweiten Striches nicht aufgeben und fürchtete zu viel Zeitverlust bei größeren Intervallen (Brief vom 8/2 1840). Es blieb bei der $2'$ -Theilung. — Das Instrument wurde 1841 aufgestellt. Das ebenfalls 1841 vollendete Aequatoreal [Fig. 27] von circa $5'$ Brennweite und mit $2\frac{1}{2}$ -füßigen Kreisen richtete Adolf Repsold für Ortsbestimmungen durch Ablesung der Kreise ein, auch suchte er die Reibung und Biegung der Achse möglichst zu vermeiden. Zu dem Zwecke wird die in einem überdeckten Lagerkasten liegende Declinationsachse nahe den Lagern von vier Rollen in Richtung der Stundenachse angehoben und von vier anderen Rollen an einem in ihrer Mitte vorspringenden Ring in der Längenrichtung gehalten; alle diese acht Rollen werden aber getragen von einer in der gebohrten Stundenachse gleitenden und vom unteren Ende her durch eine Feder aufwärts gedrückte Stange. Der seitliche Druck in den Lagern wird durch je zwei Rollen an Gegengewichtshebeln aufgehoben, die an dem Lagerkasten drehbar befestigt sind. — Die Stundenachse wird, ähnlich wie bei Fraunhofer, durch zwei oberhalb des oberen Lagers an Hebeln hängende Rollen angehoben, in der Längenrichtung aber durch zwei Rollen an Winkelhebeln, die gegen einen Vorsprung der Achse laufen. Durch ein Gegengewicht am unteren Ende der Stundenachse wird der Schwerpunkt aller beweglichen Theile über die beiden oberen Rollen gebracht, so daß auch ein Aufdruck im unteren Lager vermieden wird [Fig. 28]. — Die Stundenachse liegt in einem verschlossenen Lagerkasten, der auf einem Steinpfeiler ruht; er trägt oben eine auf Rollen laufende Scheibe mit Gang ohne Ende für die Uhrschraube und darüber den feststehenden Stundenkreis. Unterhalb der Uhrscheibe liegt, ebenfalls am Lagerkasten gehalten, das Uhrwerk mit Windflügel-Regulator. — Die Stunden-Einstellung geschieht durch eine Klemme am Uhrscheiben-Rand, die durch die Stellschraube mit einem Arm der Stundenachse verbunden ist; sie ist also unabhängig vom Uhrwerk. — In Declination wird eingestellt durch eine neben dem Fernrohr liegende, radial wirkende Klemme, die durch Stellschraube und Gegenfeder mit dem Fernrohr verbunden ist. — Die Declinationsachse trägt an dem einen Ende das Fernrohr (Messing-Cubus mit anschließenden conischen Rohren), am anderen den Declinationskreis und ein Gegengewicht. Die beiden Zapfen sind gleich dick, so daß sie durch ein Setz-Niveau horizontal gerichtet werden können. Es ist aber auch durch Durchbohrung der Achse in ganzer Länge dafür gesorgt, diese selbst als Fernrohr einrichten und auf einen horizontalen Collimator einstellen zu können. — Die Ablesung beider Kreise geschieht durch je zwei Mikrometer-Mikroskope an Trägern, die von den Lagerkästen ausgehen. Das Instrument ist also für Ortsbestimmungen nach Kreis-Ablesungen wohl eingerichtet. Es ist demselben aber auch, entsprechend dem Uhrwerk, ein Positions-Mikrometer beigegeben, ähnlich Fraunhofer's. — Es ist zu bedauern, daß, in zu großem Vertrauen auf die Wirkung der Reibungs-Aufhebung, die Klemmarme etwas leicht gegriffen wurden, so daß Fearnley 1852 dadurch in seinen Beobachtungen behindert wurde (A. N. 36, 105).

Sehr bald wurde indeß diese Aequatoreal-Construction weiter ausgebildet, da seit

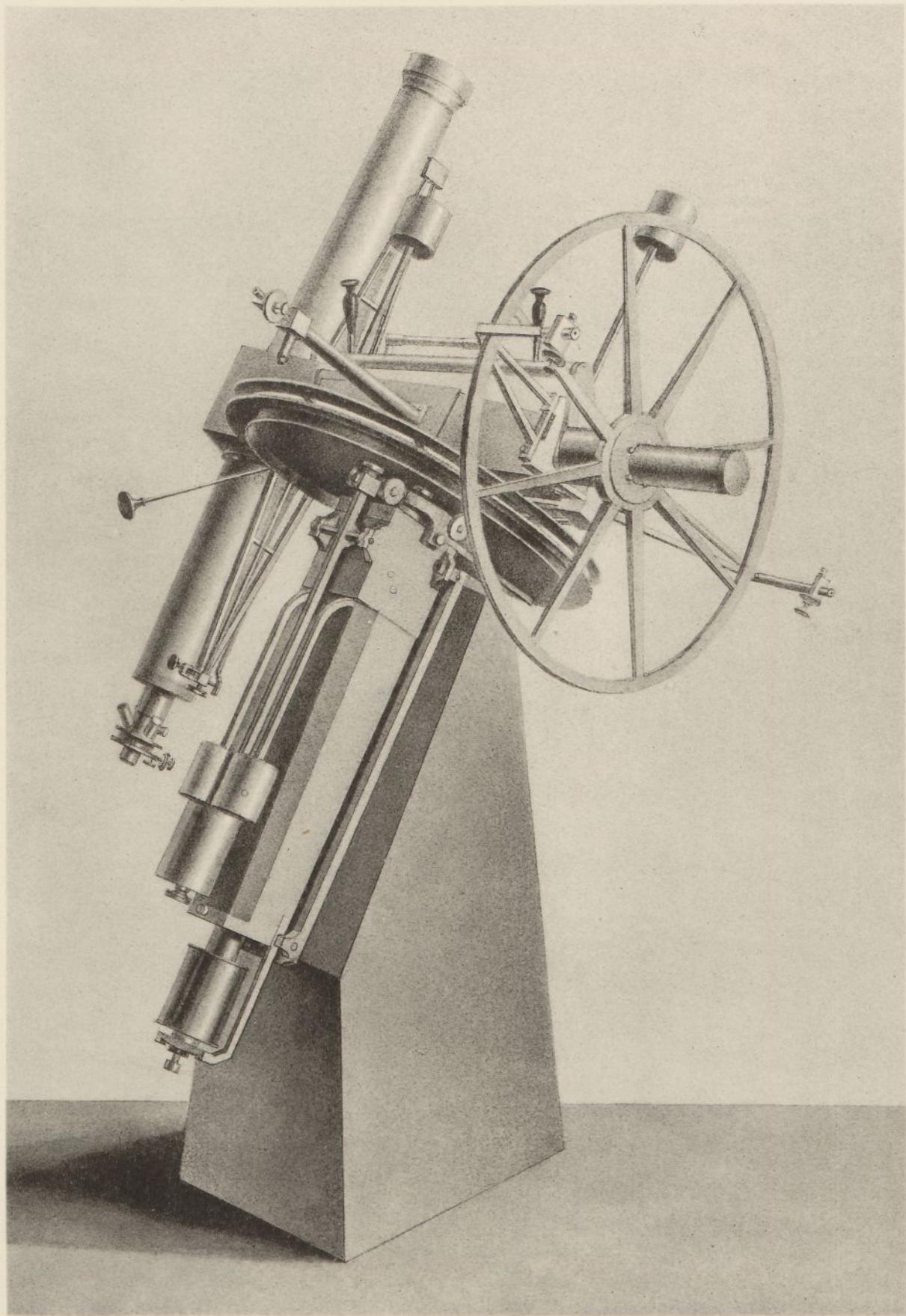


Fig. 27

5^f-Aequatoreal, Christiania 1841.

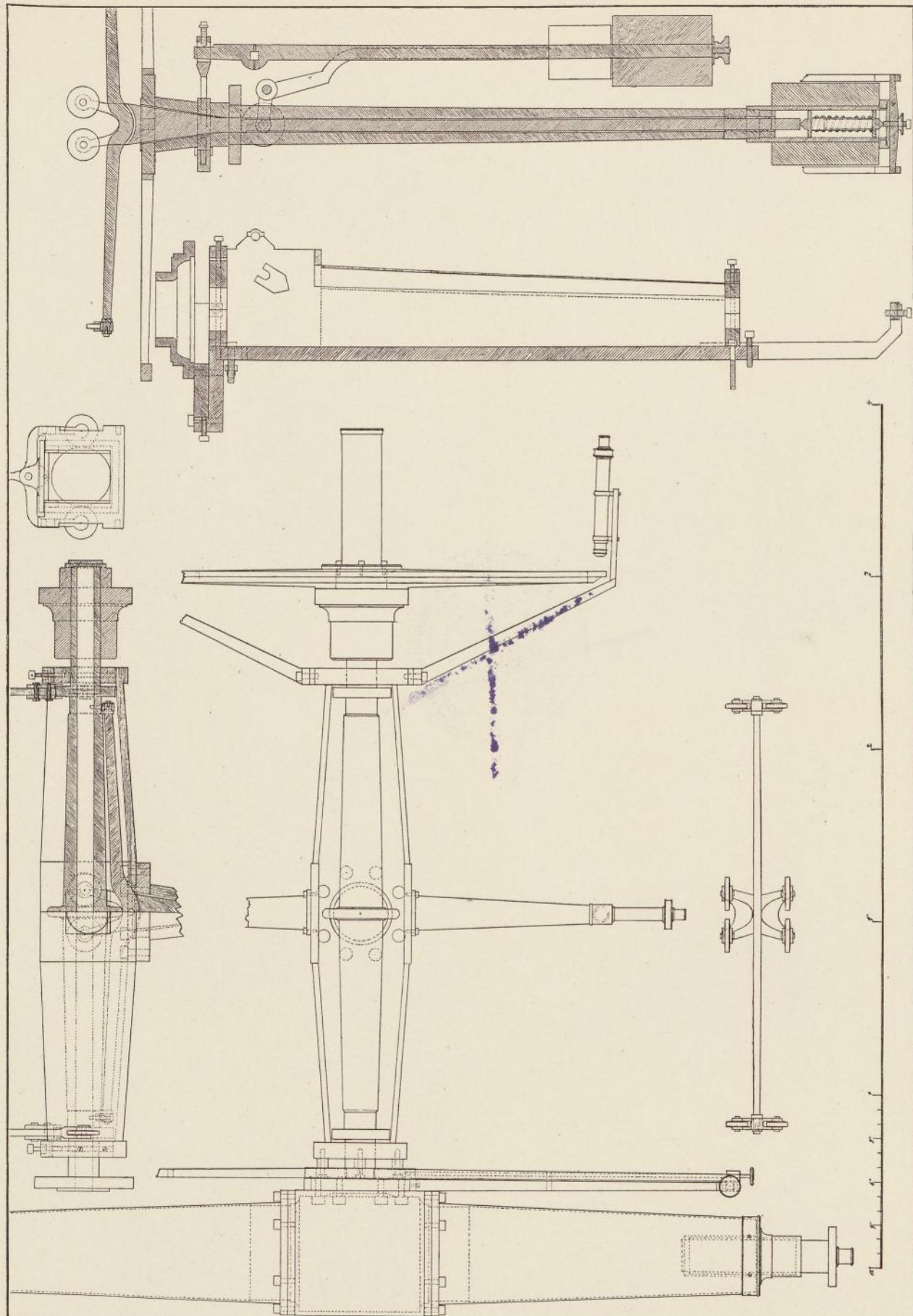
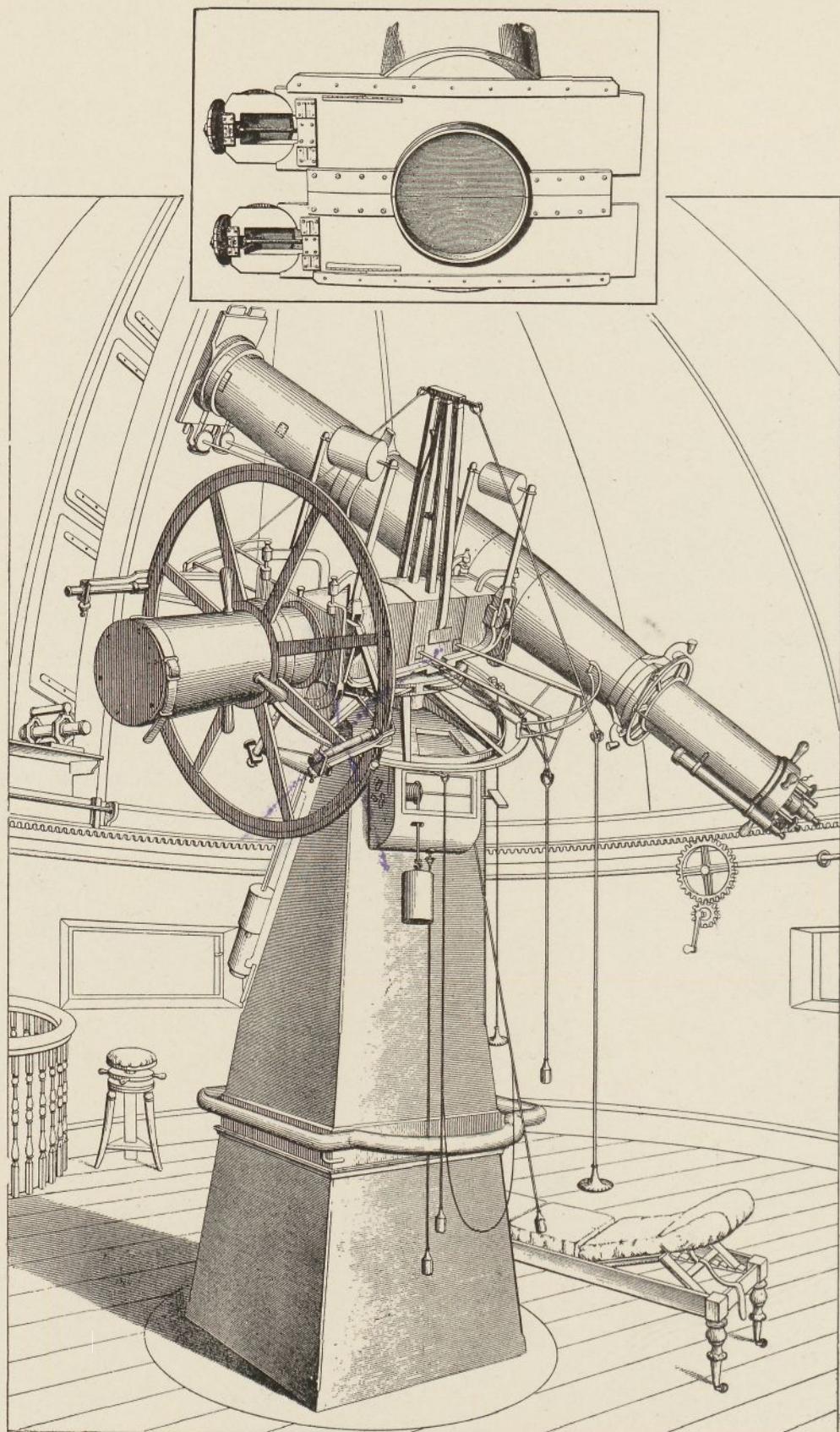


Fig. 28

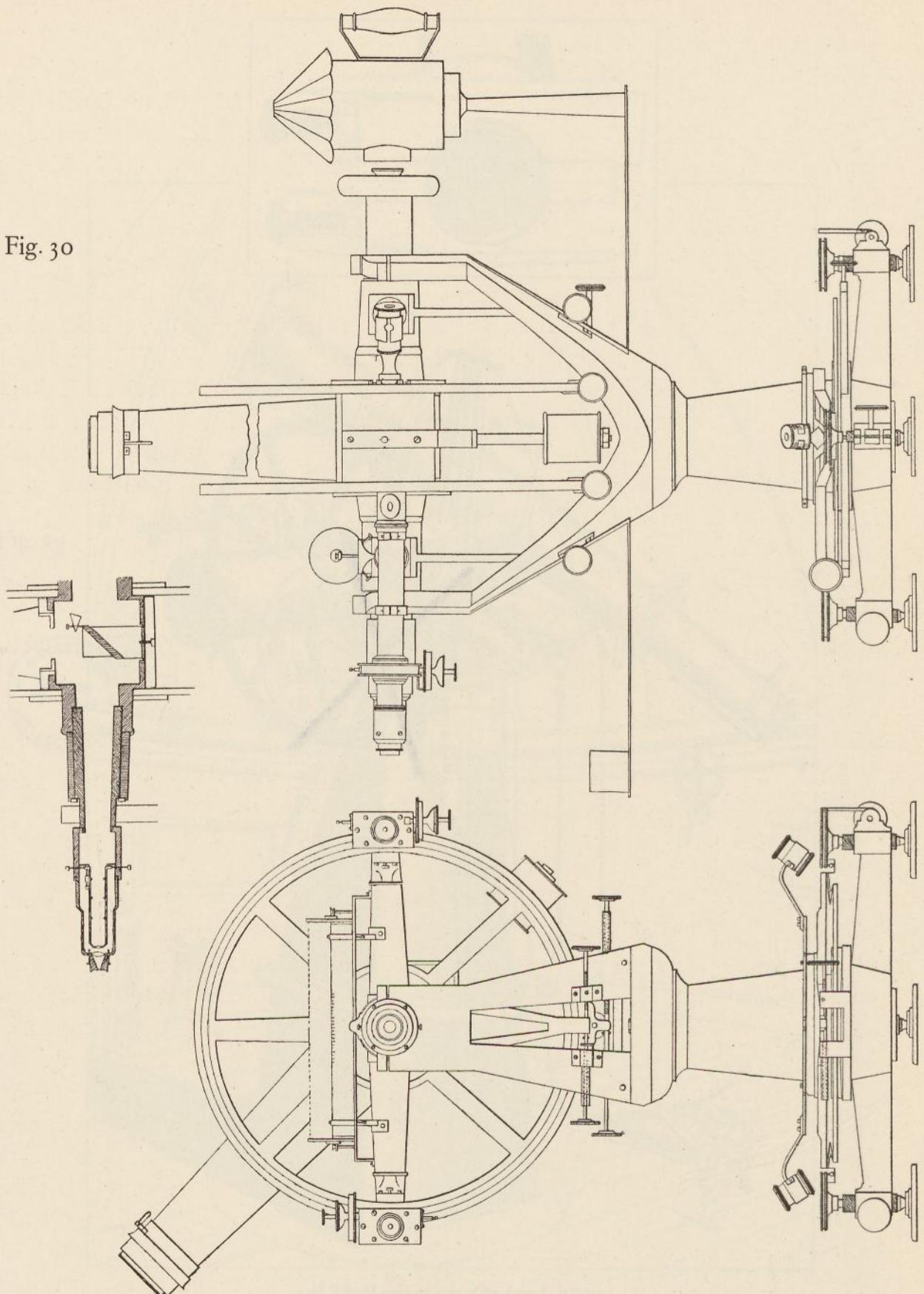
Werkzeichnung zum 5°-Aequatoreal, Christiania 1838.

Fig. 29



10^f-Heliometer, Oxford 1847,

nach Radcliffe Observations 11.



11²-Höhenkreis, 17¹ Oeffnung, 1851,
nach Sawitsch, Astronomie, 1879.

1841 das Heliometer für Oxford vorbereitet wurde; es konnte aber infolge vielfacher ernster Störungen erst nach 7 Jahren zur Vollendung gelangen.

Inzwischen wurden für Moskau und Kasan ähnliche, aber etwas kleinere Meridiankreise, als der in Pulkowa, ausgeführt. Neuerungen daran sind: die aus einem Stück gegossenen radförmigen und bequem vom einen zum anderen Pfeiler zu hängenden Mikroskop-Träger, an denen die Mikroskope beliebig zu versetzen sind, sowie Schnüre ohne Ende, die über zwei Scheiben an der Declinations-Stellschraube und zwei entsprechend an den Gegengewichtssäulen federnd gehaltenen Handrollen gehen, zur Nadir-Einstellung; auch Ocular-Mikrometer wurden angebracht.

Die Arbeiten für das Heliometer für Oxford [Fig. 29] konnten erst 1845 ernstlich begonnen werden. Adolf Repsold hatte sich schon bei Gelegenheit der Aufstellung des Meridiankreises in Königsberg vielfach mit Bessel darüber berathen; aber sehr allmählich erst und durch vielfache Störungen verzögert, gelangten die Pläne zur Reife. Besonders die Drehung des ganzen Rohres in Position, die Bewegung der Objectivhälften auf Cylinderflächen und auch die Ablesung der Theilungen der Objectivschieber vom Ocular her machten viel Bedenken. Das Objectiv (Merz) bekam 10^f Brennweite, 7^z Oeffnung und eine Verschiebung der beiden Hälften von je 2^{1/4} Grad. Jede der Schiebungen wird für sich durch eine tangentiale Schraube, deren Mutter und fester Widerhalt sich in Zapfenlagern gegen einander in Richtung halten, und durch lange Schlüssel im Innern des Rohres bewegt. Abgelesen werden die Verschiebungen an Theiltrommeln der Schrauben oder an Theilungen hinter den Schiebern durch lange Mikroskope im Fernrohr; für diesen Fall wurde die Beleuchtung, auf Steinheil's Vorschlag, durch electrisch glühende Platinfäden bewirkt. — Das Fernrohr ist von starkem Messingblech gelöthet, mit Lagerringen von Metallguß, die mit hartem Stahlblech überlegt und mit einem Diamanten abgedreht wurden. — Die Cylinderflächen für die Objectivschieber wurden bearbeitet, indem das Fernrohr am Orte des Brennpunktes senkrecht aufgehängt und pendelnd hin- und hergeführt wurde. — Die parallaktische Aufstellung ist in der Hauptsache der des Aequatoreals in Christiania ähnlich, doch verbessert und wesentlich stärker. Die seitlichen Gegen gewichts-Hebel der Declinationsachse sind nicht mehr in der Nähe der Lager, sondern an der Grundplatte des Lagerkastens befestigt, so daß der Kasten durch das Gewicht der Achse etc. so gut wie nicht beeinflußt wird. Die Declinationsklemme steht in der Mitte der Achse nach oben gekehrt; Schlüssel zur Klemmung und zur Einstellung hängen nach beiden Seiten herab. Der Stundenkreis dreht sich mit der Achse, und die Mikroskope sitzen in bequemer Lage am Lagerkasten. — Das Uhrwerk hat einen zweischenkeligen Centrifugal-Regulator, der bei zu starkem Ausschlag eine mit laufende Scheibe unter eine Bremsfeder zieht. — Erst im Herbst 1849 konnte das Heliometer in Oxford aufgestellt werden (Radcliffe Observations 11, XI).

Im Jahre 1851 entstand der erste der in Rußland viel benutzten tragbaren Höhen kreise [Fig. 30] mit Objectiv von 18^f Oeffnung, 18^z Brennweite und Kreis von 11^z Durchmesser, in ähnlicher Form wie die Universal-Instrumente, doch ohne Umlegung, und mit kleinem, nur durch zwei Verniers abzulesendem horizontalem Kreise, sowie um 1860 ein verändertes, auch für geodätische Zwecke bestimmtes Universal-Instrument

von 40^{mm} Oeffnung mit 10- und 12-zölligen Kreisen [Fig. 31], bei denen die unteren Mikroskope mit dem Lagerbock herumgehen; der Kreis ist mit Reibung auf dem Dreifuß drehbar. Die Umlegung geschieht mit Hilfe einer mehrgängigen Schraube. Eins der Mikroskope ist besonders wiedergegeben; es zeigt die damals und ähnlich schon seit 1830 übliche Construction der Ablese-Mikrometer. Der Fadenträger führt sich auf der einseitig im Kasten liegenden Schraube, die durch eine an der anderen Seite angebrachte, auf den Fadenträger wirkende Spiralfeder gegen ihr Endlager gehalten wird. — Allmählich wurden an diesen Instrumenten Verbesserungen eingeführt: Sie erhielten Ocular-Mikrometer mit Auszug durch eine auf der Achse laufende Mutter; von ca. 1862 ab wird das Prisma meist an der Grundplatte des Fernrohres gehalten, nicht an einer besonderen Platte, so daß es zum Zwecke der Reinigung mit diesem leicht aus dem Cubus zu nehmen ist; die Feldbeleuchtung wird, statt früher durch ein kleines einseitiges Prisma (vorn Fig. 30), durch einen mitten auf der Hypotenusenfläche matt angeschliffenen Fleck von wenigen Quadratmillimetern erzeugt, auf den das Licht der Lampe durch eine Linse concentrirt wird, deren Drehung zugleich eine gute Dämpfung giebt (A. N. 74, 303); noch zweckmäßiger erwies sich in der Folge die Beleuchtung durch eine kleine cylindrische, in Richtung der optischen Achse eingeschliffene Bohrung; seit 1865 wird die an einem Bogen schleifende Klemmbacke der Höhenstellung durch eine an die Stelle des zweiten Kreises tretende radiale Klemme ersetzt, wie sie für Azimuth schon bestanden hatte, und die Bezifferung der Kreise wird durch Einführung eines Schreib-Apparats (Instrk. 7, 397) wesentlich verbessert; die optische Kraft der Fernrohre wird gesteigert, der Bau der Instrumente aber so fest und niedrig wie möglich gehalten; die Dreifüße erhalten eine zweckmäßige und starrere Form, und der Träger des Setzniveaus wird als leichtes Rippen-Gußstück hergestellt; bei Instrumenten ohne Umlegung werden die Mikroskope des Höhenkreises am Lagerbock befestigt [Fig. 32]; die Gewichtsaufhebung der Fernrohr-Achse wird nicht mehr durch zwei getrennte Spiralfedern bewirkt, sondern durch eine nur in der Mitte mit einer Schneide aufliegende flache Feder, deren Enden unter freistehende Rollenträger drücken, so daß der Anhub beiderseitig gleich sein muß [Fig. 33]; oder auch (von 1870 ab) der cubische Mitteltheil der Achse wird durch einen cylindrischen mit vorspringender Platte ersetzt, gegen welche eine Rolle (oder zwei) mit Federdruck läuft [Fig. 34]. — Universal-Instrumente mit geradem Fernrohr wurden selten gebaut.

Jene Neuerungen kamen, soweit angebracht, auch bei einem 1864 bestellten tragbaren Durchgangs-Instrument mit gebrochenem Fernrohr zur Anwendung. Bei der Construction dieses Instrumentes wurden die Wünsche des späteren Leiters der Sternwarte in Lissabon, F. A. Oom¹), berücksichtigt; es erhielt danach: ein gebrochenes Fernrohr mit Ocular-Mikrometer, schnelle Umlegung der Achse (in weniger als einer Minute), dauernde Aufhängung des Niveaus an der Achse und Drehbarkeit und grobe Ablesung im Azimuth; das Objectiv bekam 31¹ Oeffnung, 29^z Brennweite. Der radförmige Untertheil mit drei Fußschrauben hat in der Mitte einen Zapfen, um

¹⁾ Federico Augusto Oom, Lissabon 1830—1890, Dir. Obs. Lissabon.

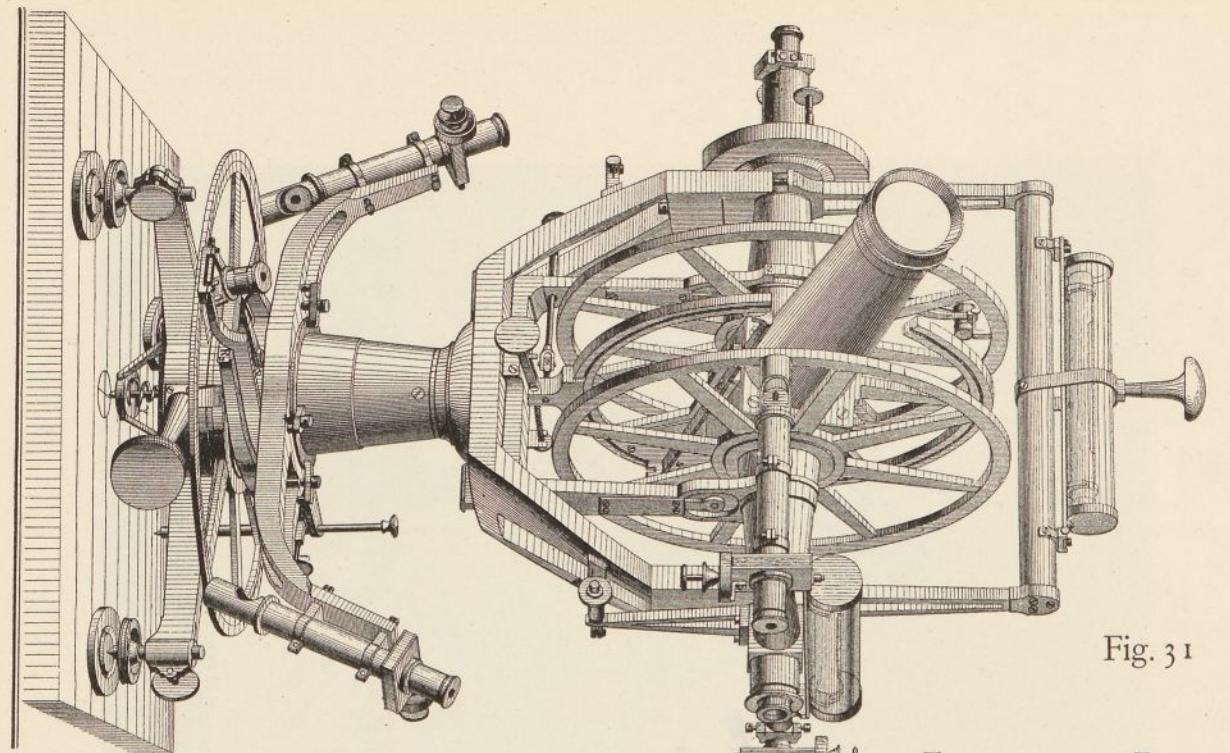
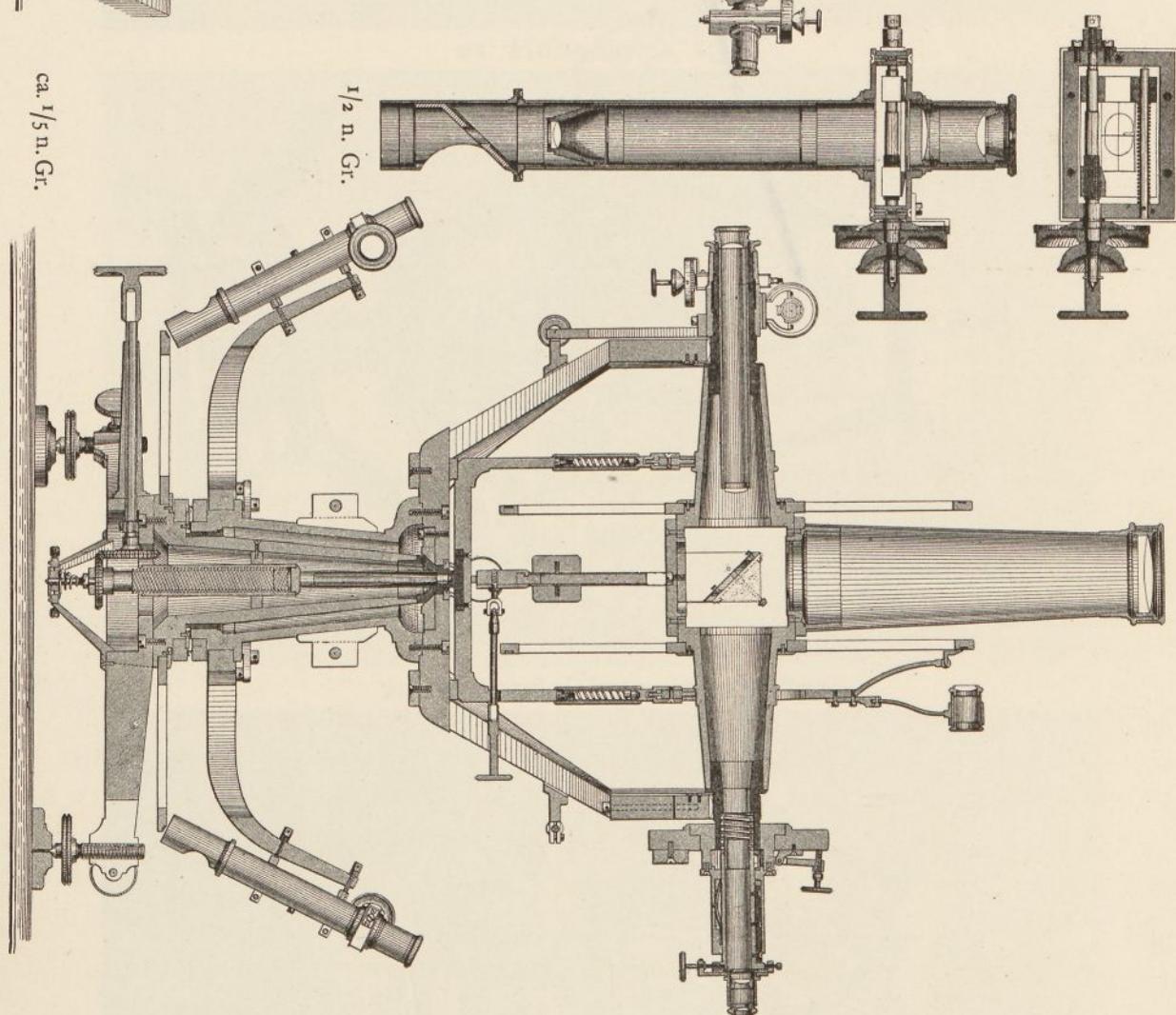


Fig. 31

ca. $\frac{1}{5}$ n. Gr.

1/2 n. Gr.

Universal-Instrument, 21¹ Oeffnung, 1861, nach Civil-Ingenieur 33, Hft. 8.

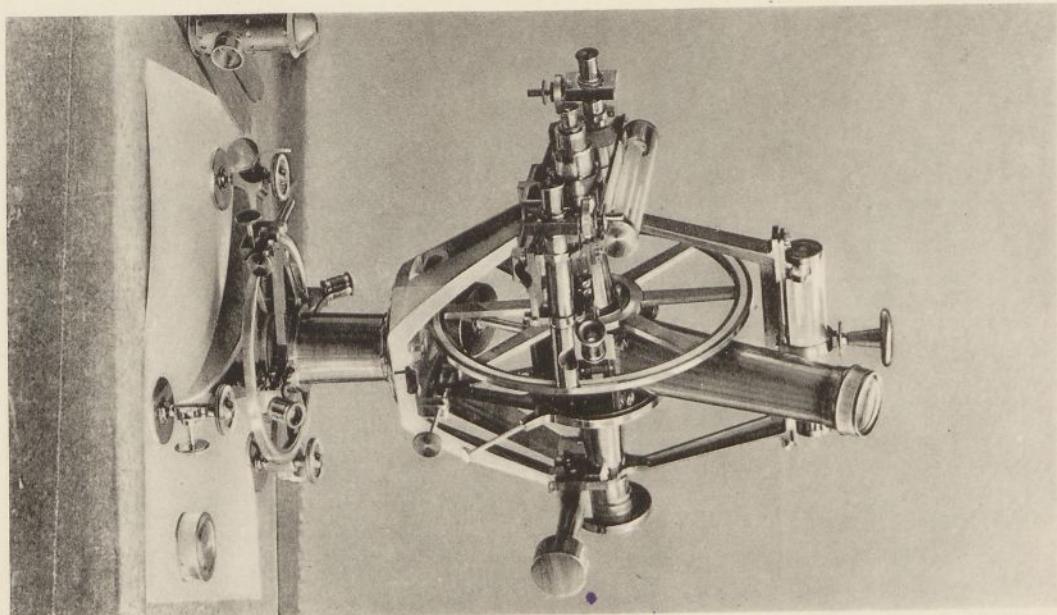


Fig. 32

21¹ Höhenkreis, 1865.

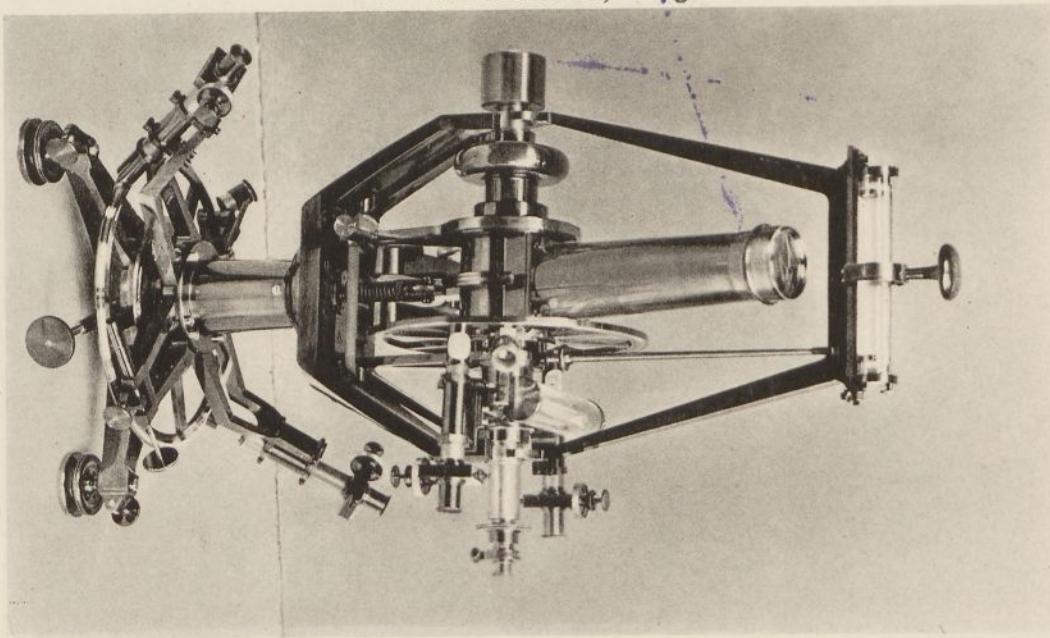


Fig. 34

21¹-Universal-Instrument, 1870.

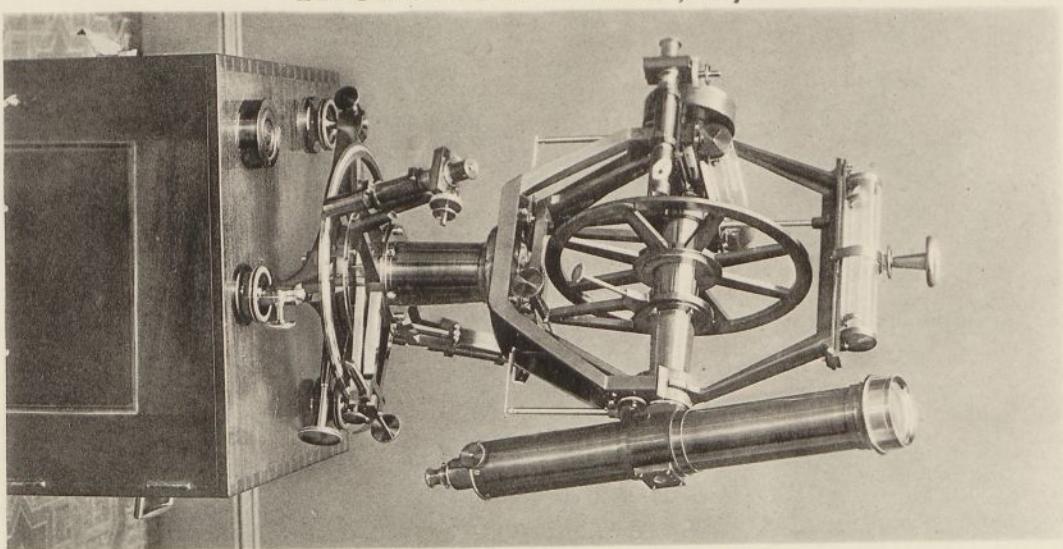
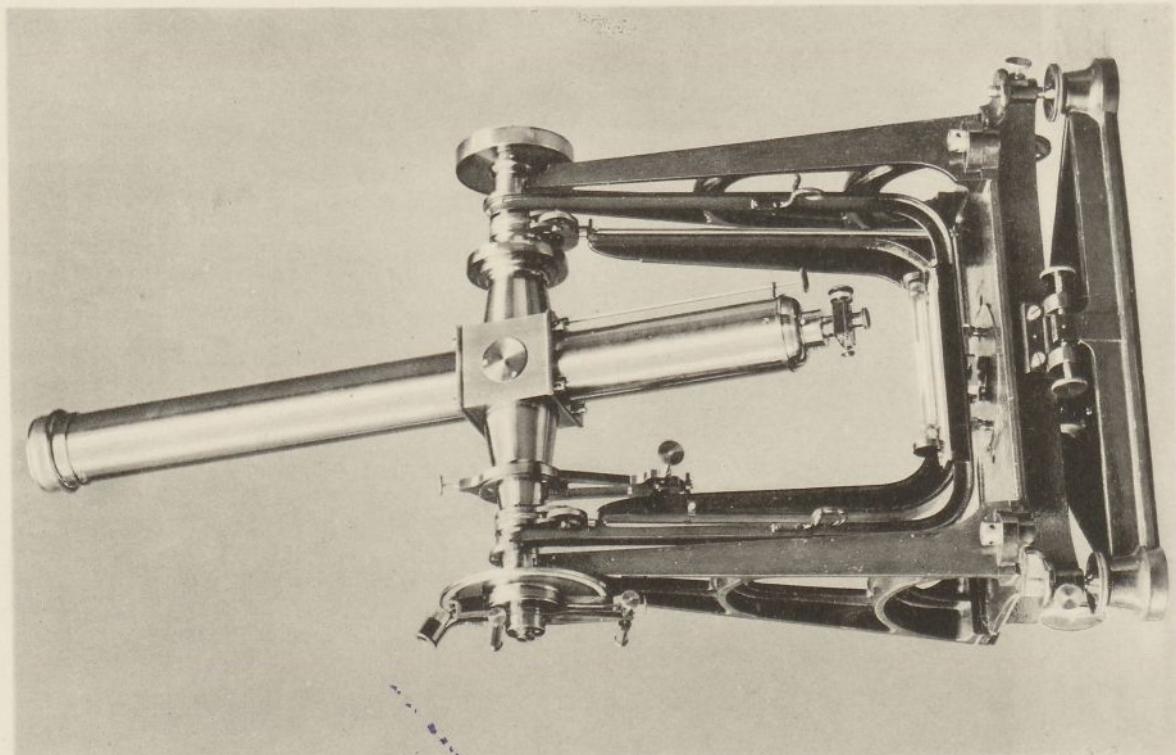


Fig. 33

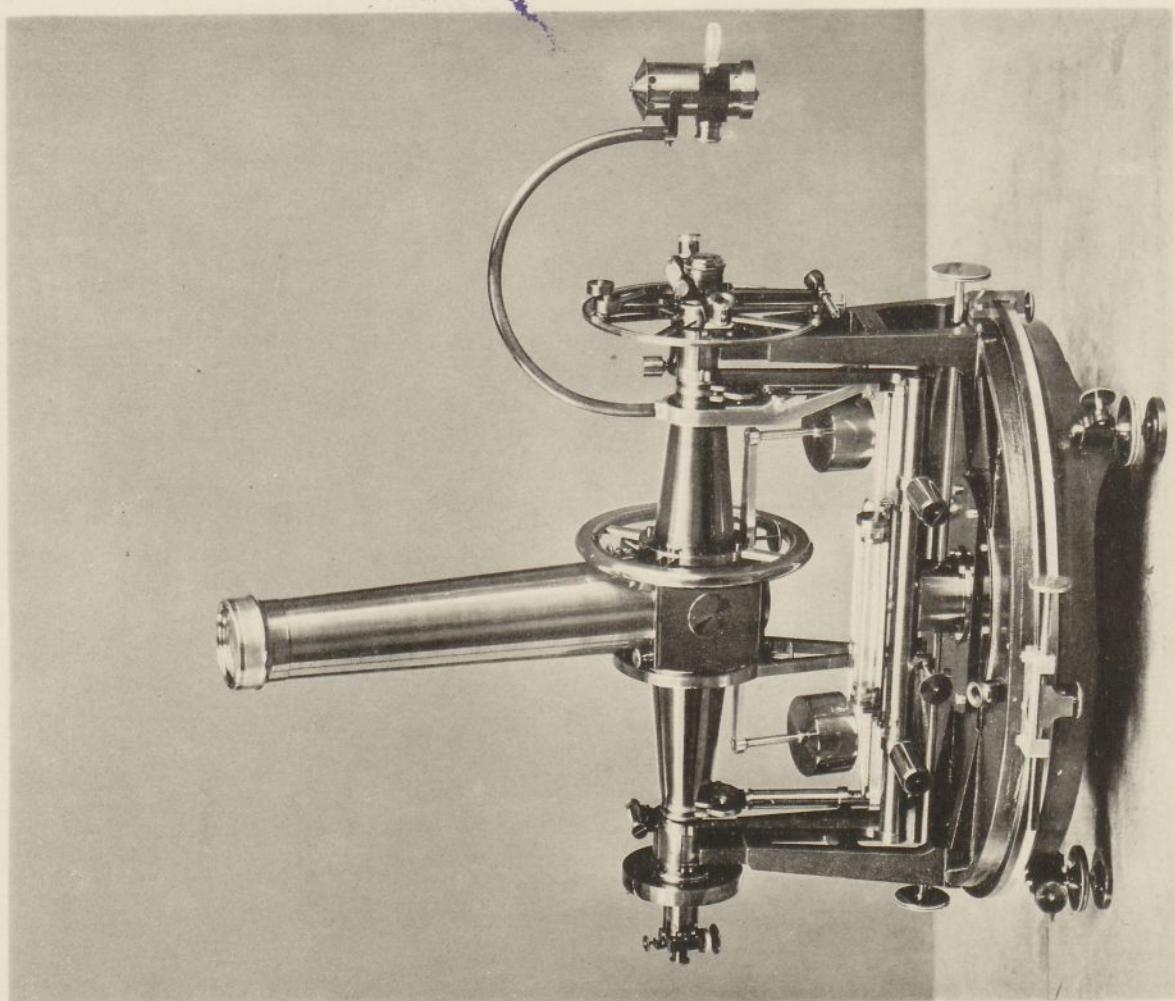
15¹-Universal-Instrument, 1866.

Fig. 36

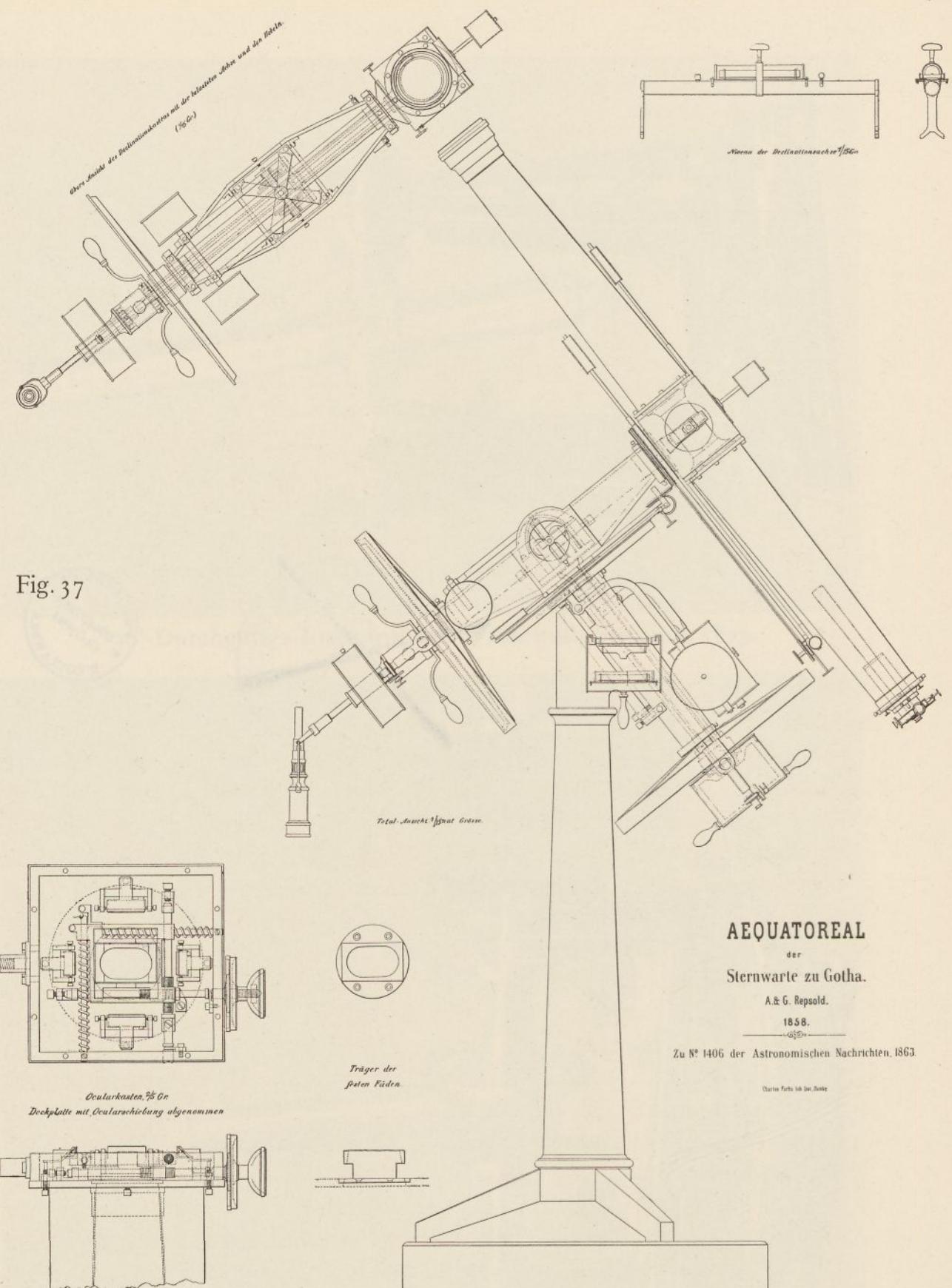


30°-Durchgangs-Instrument mit Azimuth-Stellung, 1873.

Fig. 35



30°-Durchgangs-Instrument mit voller Azimuth-Drehung, 1866.



welchen sich die tellerförmige, am Umfang auf dem Untertheil ruhende Deckplatte mit den Lagerböcken dreht; zwei Verniers geben Ablesung auf 1' [Fig. 35]. — Die vertiefte Mitte enthält die durch eine mehrgängige Schraube wirkende Umlegevorrichtung mit Querarm und langer, in der Mitte aufliegender Feder zur Gewichtsaufhebung der Achse durch zwei Rollenpaare. — Das Niveau stützt sich in der Mitte mit einer Rolle gegen die Brücke und kann umgelegt werden; es hat sich als zweckmäßig zur Vermeidung von Torsion erwiesen, die Reibung des Niveaus auf den Zapfen durch federnde Rollen an den Füßen zu verringern. — Die Einstellung in Declination geschieht durch einen Aufsuchkreis mit Niveau am Index; die Umlegung erfolgt daher, weil auch die Lampe mitgeführt wird, ohne alle Auslösung. Oom berichtet am 17/7 1868, daß »l'astronome . . . se trouve en face de l'oculaire, en état de continuer son observation, 30° après avoir observé le dernier passage dans la première position de l'instrument«, obgleich die Umlegung Vorsicht halber nicht mit Hilfe einer Kurbel, sondern eines Schraubenkopfes geschah, der ca. drei Umgänge machen mußte. — Eine bei den ersten Instrumenten ausgeführte automatische Führung des Querarmes bei der Drehung ist später als unnötig fortgeblieben. — Aehnliche Instrumente sind vielfach ausgeführt worden.

An einem Durchgangs-Instrument ähnlicher Größe, doch mit geradem Fernrohr (von 1872), ist die eine der drei Fußschrauben des Stativs im Meridian vorgezogen, während die andern beiden in symmetrischer Anordnung auf planen Flächen des Untersatzes gleiten und eine Verstellung im Azimuth gestatten. Die Aufstellung ist dadurch fester geworden und empfiehlt sich auch für niedrige Stative [Fig. 36].

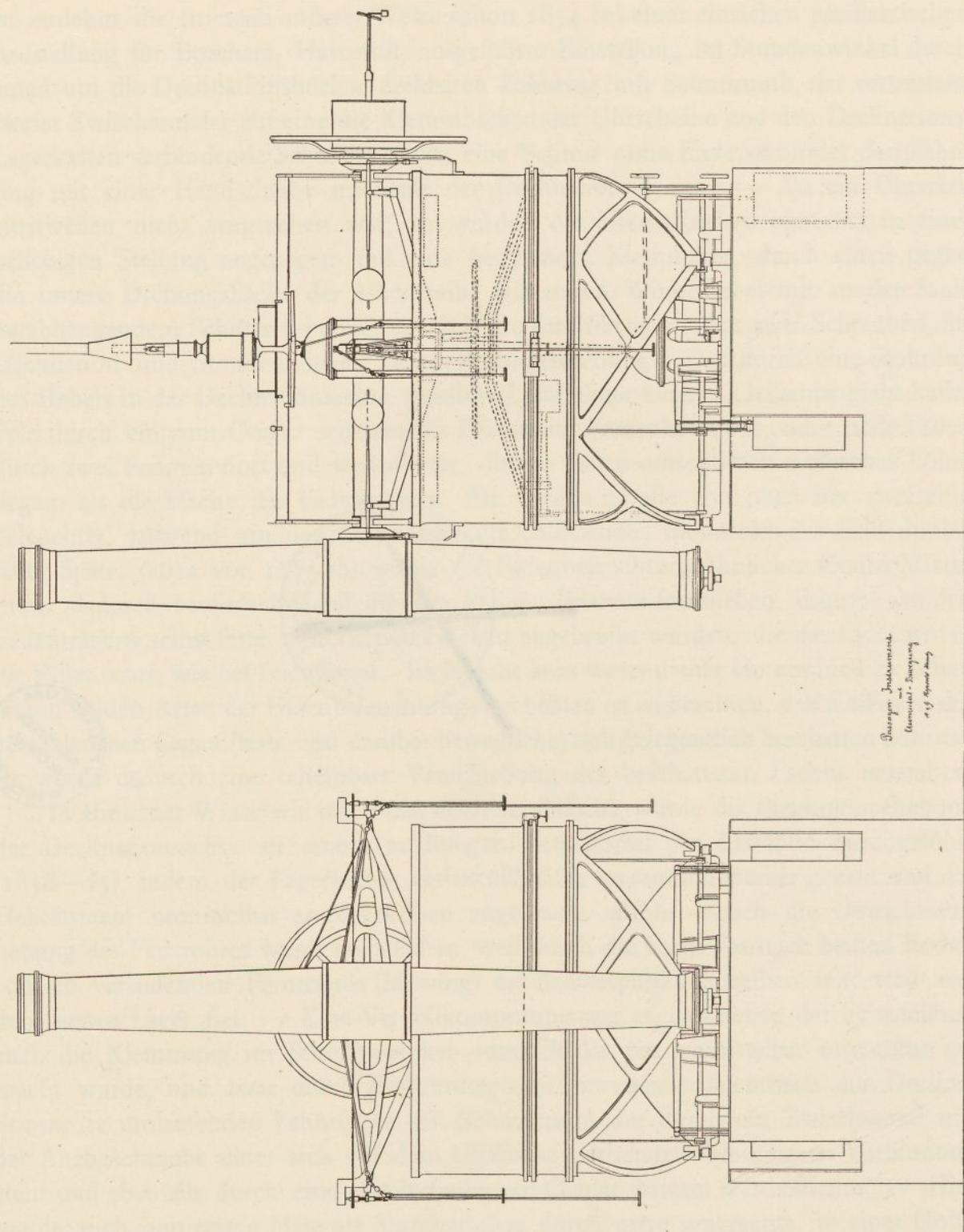
Einem möglichst einfachen, aber mit mikroskopischer Ablesung der Kreise versehenen Aequatoreal von 6' Brennweite (für Altona 1858, A. N. 58, 273 ff.) folgte nach zwei Jahren das gleich große Aequatoreal für Gotha (A. N. 59, 209 ff.) [Fig. 37], mit den von Hansen vorgeschlagenen Gewichtsaufhebungen, die noch weiter durchgeführt sind, als es bei dem Aequatoreal in Christiania und dem Heliometer in Oxford geschehen, indem der Declinationsachse das Gewicht des Kreises und des Fernrohres abgenommen wird. Ein in der durchbohrten Declinationsachse mit einem kugeligen Vorsprung aufruhender Hebel greift mit dem einen Ende das Fernrohr zwanglos im Schwerpunkt an und hebt es auf durch ein Gewicht, welches am anderen Ende mit einem Compaßgelenk noch vor seinem Schwerpunkt aufruht und so selbst einen zweiten Hebel, zur Entlastung des Declinationskreises und eines Theiles, etwa eines Viertels, der Declinationsachse bildet, während ein weiteres Viertel durch das Gegengewicht außen an dem Fernrohr aufgehoben wird. Der mit der Auflage des inneren Hebels in der Achse zusammenfallende Gesamtschwerpunkt der belasteten Achse liegt um einige Centimeter außerhalb des Schnittpunktes der beiden Hauptachsen und wird durch ein um diesen Punkt mit Compaßgelenk drehbares Hebelsystem mit Gegengewicht aufgehoben (A. N. 59, 212 ff.). Dieses Hebelsystem, und zugleich vier Rollen zur Aufnahme des Längenschubes der Achse, werden in dem korbförmigen Kopfe eines in der Stundenachse steckenden Hebels getragen, der mit einem kugeligen Vorsprung in der Bohrung aufruht, und zwar in der Ebene zweier rechtwinkelig gegen die Achse laufenden Gegengewichts-Rollen an der Lagerbüchse. Dieser innere Hebel ist am unteren Ende mit einem Gewicht versehen, durch das sein Schwerpunkt in den Drehungspunkt

gebracht wird. Der Längenschub der Achse wird durch einen Winkelhebel aufgenommen. Die Achse selbst sowohl als ihre Lager sind also völlig entlastet, mit Einschluß des Eigengewichtes der Declinationsachse. — Von dem Aequatoreal in Altona ist entlehnt die in etwas anderer Weise schon 1854 bei einer einfachen parallaktischen Aufstellung für Boreham, Havorhill, ausgeführte Einstellung im Stundenwinkel durch einen um die Declinationsbüchse drehbaren Zahnring mit Schnurnuth, der vermittelst zweier Zwischenräder auf eine die Klemmbacken der Uhrscheibe und den Declinations-Lagerkasten verbindende Schraube wirkt; eine Schnur ohne Ende verbindet den Zahnring mit einer Handscheibe am Ende der Declinationsklemme. — Da ein Uhrwerk einstweilen nicht vorgesehen war, so wurden die Klemmbacken zunächst in einer beliebigen Stellung angezogen und eine bequemere Klemmung, durch einen gegen die innere Drehungsfläche der Uhrscheibe wirkenden Winkelhebel mit an der Säule herabhängendem Schlüssel, benutzt. — Das Ocular-Mikrometer hat zwei Schrauben, für Declination und Stundenwinkel, keine Positionsrehung. Das durch eine Bohrung des Hebels in der Declinationsachse geleitete Licht einer kleinen Oellampe giebt helles Feld durch ein zum Ocular scheinendes Prisma im Fernrohr-Cubus, oder helle Fäden durch zwei Prismen dort und weitere vier, die die Fäden umschließen und etwas höher liegen, als die Fläche des Fadenträgers. Sie werden so alle von oben her zweiseitig beleuchtet, während ein den Strahlkegel umschließendes Blendrohr das Feld dunkel hält. Später (etwa von 1875 ab) wurde die Fadenbeleuchtung ähnlicher Ocular-Mikrometer dadurch vereinfacht, daß die vier kleinen Prismen fortblieben, dagegen an den Fadenträgern selbst feste reflectirende Flächen angebracht wurden, die das Licht unter die Fäden warf, wie bei Fraunhofer. Es besteht kein wesentlicher Unterschied zwischen diesen beiden Arten der Fadenbeleuchtung; bei beiden ist zu beachten, daß die Fäden der verschiedenen Lagen (feste und darüber bewegliche) sich gelegentlich beschatten können. Es würde dadurch eine scheinbare Verschiebung des beschatteten Fadens entstehen.

In ähnlicher Weise wie in Gotha, doch vereinfacht, wurde die Biegungsaufhebung der Declinationsachse an einem 21-füßigen Aequatoreal für Lissabon durchgeführt (1858—65), indem der Lagerkasten verhältnismäßig wesentlich stärker gebaut und das Hebelsystem unmittelbar an demselben angebracht wurde. Auch die Gewichtsaufhebung des Fernrohres wurde beibehalten, weil durch die Form des nach beiden Enden conisch verlaufenden Fernrohres (Messing) der Schwerpunkt desselben sehr weit von dem ersten Lager fiel. — Eine Vervollkommnung war es, daß neben der Feinstellung auch die Klemmung im Stundenwinkel vom Ocular aus unmittelbar erreichbar gemacht wurde, und zwar durch Einführung eines zweiten concentrisch zur Declinationsachse umlaufenden Zahringes mit Schnurnuth, der durch ein Zwischenrad mit der Anzugschraube einer sich auf dem Uhrkreise drehenden Klemme in Verbindung steht und ebenfalls durch eine Handscheibe am Ocular bewegt werden kann. — Hier wurde auch zum ersten Male die Stundenachse durch eine senkrechte, in einer Hohlkehlnuth der Achse laufende und von einem horizontalen Doppelhebel getragene Stahlrolle aufgehoben. — Das Uhrwerk steht im Kopfe der gußeisernen Säule und hat einen Centrifugal-Reibungsregulator, ähnlich dem des Heliometers in Oxford.

In den Gewichtsaufhebungen wieder ähnlich, doch stärker gebaut, als das Aequatoreal

Fig. 38



6°/7°-Durchgangs-Instrument für alle Verticale, Lissabon 1863.

in Gotha, wurde das 1867 vollendete Aequatoreal für Hamburg; es ist hier aber, um möglichst die Symmetrie zu wahren, der Schwerpunkt der belasteten Declinationsachse in den Schnittpunkt der beiden Achsen verlegt worden, so daß die Achse von zwei in gleichem Abstande vom Schnittpunkt angeordneten Doppelhebeln ausgehoben wird; auch können Objectiv- und Ocularkopf in den gleich langen Fernrohrhälften vertauscht werden. — Die Aushebung der Stundenachse geschieht auch hier durch eine zwangfrei auf den Hebeln stehende senkrechte Rolle, wie sie seitdem bei allen größeren parallaktischen Aufstellungen der Repsold'schen Werkstatt zur Anwendung gekommen ist. Es ist aber dabei nicht immer der Gesamtschwerpunkt der beweglichen Theile genau senkrecht über die Rolle gelegt worden, sondern oft ein Aufdruck im unteren Lager gelassen. Beide Lager werden dann in der Mitte unterteilt, das obere unten, das untere oben, so daß die Achse eine zweifellos sichere Lage hat. — Die Auszugsbüchse des Ocular-Mikrometers ist in Position an einem Handring drehbar und nach einem hinter der Endplatte des Fernrohrs verdeckt liegenden Kreise abzulesen; solange das Instrument als Aequatoreal benutzt wird, ist diese Drehung durch besondere Schrauben abzustellen. — Der Entwurf zu diesem Instrument hatte Hansen und C. A. F. Peters¹⁾ zur Begutachtung vorgelegen und war von beiden gutgeheißen worden. — Der beigegebene Fahrstuhl ist auf drei Rädern beweglich, einem größeren mit Seilnuth, nahe der Thurmwand, und zwei kleineren, die auf einer Eisenbahn von engerem Kreise Führung haben. Der Beobachter kann, von seinem an einer steilen Bahn tangential zur Bewegung des Oculars gleitenden Sitz aus, sowohl sich durch das Handrad einer Winde am Sitze heben oder senken, als auch, durch ein mit Gewichtspannung über das große Rad gelegtes und über Rollen an der Bahn hinauf- und hinabgeleitetes Handseil ohne Ende, dem ganzen Fahrstuhl eine azimuthale Bewegung geben. Ein besonderer Fahrbock, der nahe der Säule, innerhalb des Fahrstuhles, freie Bewegung hat, dient zur Ablesung der Declinations-Mikroskope.

Etwas früher (1863) war ein von W. Struve vorgeschlagenes Durchgangs-Instrument für alle Verticale für Lissabon vollendet worden: eine Wiederholung des Instruments im ersten Vertical in Pulkowa, doch mit Azimuthaldrehung, die durch Verlegung der Lager der Fernrohrachse auf einen mit seiner Unterfläche auf einem großen Dreifuß gleitenden Eisenring hergestellt wurde [Fig. 38]. Die Last des Ringes wird durch sechs auslösbare Rollenhebel aufgenommen. Die Biegung der Achse wird durch einen in der Mitte der Achse aufliegenden inneren Hebel aufgehoben, der mit dem einen Ende das Fernrohr angreift, am andern ein Gegengewicht trägt. Das Setzniveau ist durch Drehung eines Schlüssels leicht umzulegen. Ueber dem Niveau steht eine Lampe, die durch Spiegel für alle regelmäßigen Beleuchtungen dient.

Die Meridiankreise hatten inzwischen einige Veränderungen erfahren. Es wurden 1861 (für Lissabon und Tiflis) Ocular-Mikrometer mit Fadenbeleuchtung, ähnlich dem des Aequatoreals in Gotha, eingeführt, zugleich Dämpfung beider Beleuchtungen durch ein drehbares Drahtgitter in der Achse, und ein Handring zur Einstellung ohne Berührung des Fernrohres, der zugleich die Schlüssel für die Aenderung und Dämpfung

1) Christian August Friedrich Peters, Hamburg 1806 — Kiel 1880.

Repsold, Astronomische Meßwerkzeuge.

der Beleuchtung hält; die Nadir-Einstellung geschieht durch Schnurführung an der Klemme selbst; die Beleuchtung der Mikroskope wurde durch Linsen und Spiegel von der Feld- und Faden-Lampe besorgt und das horizontale Rohr des Hängeniveaus geschweift gestaltet, so daß man bei senkrechter Stellung des Fernrohres von beiden Seiten nivelliren kann. Auch wurden die beiden Wände des Cubus durchbrochen, damit zwei Collimatoren gegenseitig eingestellt werden können, ohne daß die Achse ausgehoben zu werden braucht.

Der von Gould¹⁾ viel benutzte Meridiankreis in Cordoba von $4\frac{1}{2}^f$ Brennweite (1866) wurde insofern neugestaltet, als die Lagerplatten nicht an die inneren Flächen der Pfeiler befestigt, sondern auf die Oberflächen gelegt wurden [Fig. 39]. Ein ähnliches Instrument von 6^f Brennweite (Chicago 1868) erhielt das erste Declinations-Mikrometer mit Druckregistrirung: die Mikrometerschraube führt durch einen Mitnehmer eine am Gehäuse drehbare Typenscheibe mit sich herum, und an dem Gehäuse gleitet eine Scala, welche, ebenfalls in vorliegenden Ziffern, die Umgänge angiebt; zwischen beiden, in gleicher Höhe, liegt ein fester Index, und alle drei können durch einen mit dünnem Gummi belegten Hebel auf einen Papierstreifen abgedruckt werden, der in einer Kapsel in Vorrath ist und nach jedem Druck des Hebels automatisch um ein Stückchen vorrückt. Man bekommt so eine Reihe von Abdrücken, zwischen denen man, wenn nöthig, durch eine verkürzte Bewegung des Hebels als Signale dienende Lücken entstehen läßt. Um den Druck des Hebels nicht auf das Fernrohr zu übertragen, hat er die Form einer Scheere, weil sich daran unwillkürlich Druck und Gegendruck aufheben [Fig. 40]. — Die Abbildung giebt den Apparat in etwas späterer Ausführung, von 1880, wieder, mit Druckproben; die Umgänge werden hier nicht an einer geraden Scala, sondern an einer Zählscheibe angezeigt.

Von 1860 bis 1870 kamen auch mehrere neue geodätische Apparate zur Ausführung, besonders Reversions-Pendel und Basis-Apparate. — Früher (1863) hergestellte $\frac{3}{4}^s$ -Pendel [Fig. 41] bestanden aus einem cylindrischen Messingstab mit anschließenden Gußbügeln, gegen welche die Schneidenkörper (von gehärtetem Stahl) mit den glatten Rückseiten durch je zwei Anzugschrauben gehalten werden; sie können vertauscht werden. Die Bügel sind weit genug, um das vom Kopfe eines Rohr-Dreifußes vorspringende Lager frei hindurchtreten zu lassen, und eine kleine Hebe-Vorrichtung mit einer auf der Mitte kippenden Feder giebt die Möglichkeit, das Pendel ohne Gefahr auf die Lagerplatte (ebenfalls von hartem Stahl) hinabzulassen. — Die Lagerfläche ist in der Mitte ihrer Länge durch eine Querrinne unterbrochen, um die darauf ruhende Schneide in dem Mikroskop des Comparators auf hellem Grunde sichtbar zu machen; man kann aber auch durch einen kleinen Reflector die Schneide hell auf dunklem Grunde erscheinen lassen, wie es schon Kater angeordnet hatte. — Der Körper des Comparators besteht aus einem cylindrischen Rohr, das sich in zwei Lagern am Dreifuß um seine Achse drehen läßt und zwei Mikroskope, parallel und nach Niveau horizontal, enthält. Die Drehung giebt die Möglichkeit, kurz nach einander die beiden Schneiden und zwei Striche eines ebenfalls am Dreifuß senkrecht gehaltenen cylindri-

¹⁾ Benjamin Apthorp Gould, Boston 1824 — Cambridge, Mass. 1896. Dir. Obs. Albany und Cordoba.

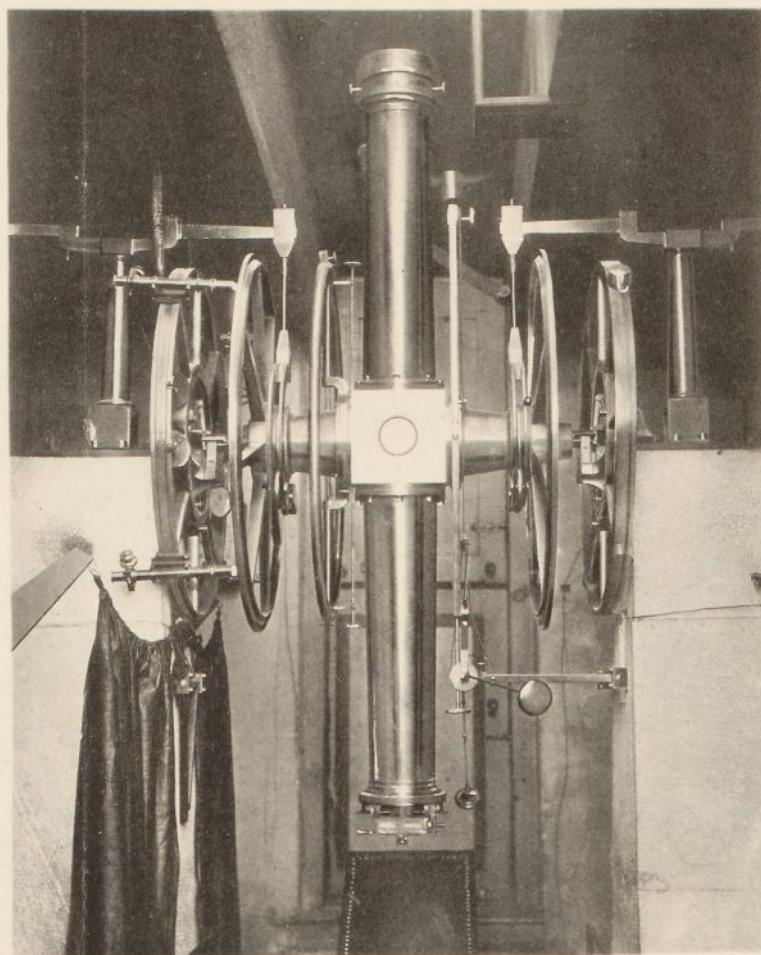
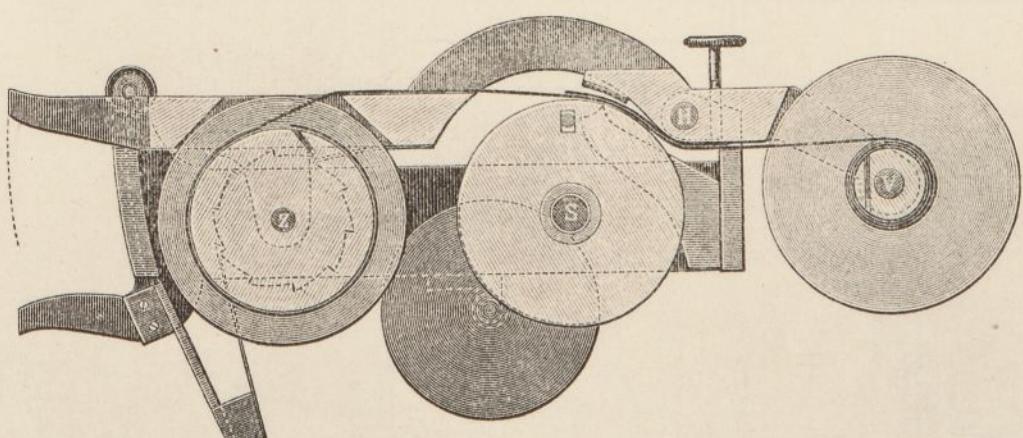


Fig. 39

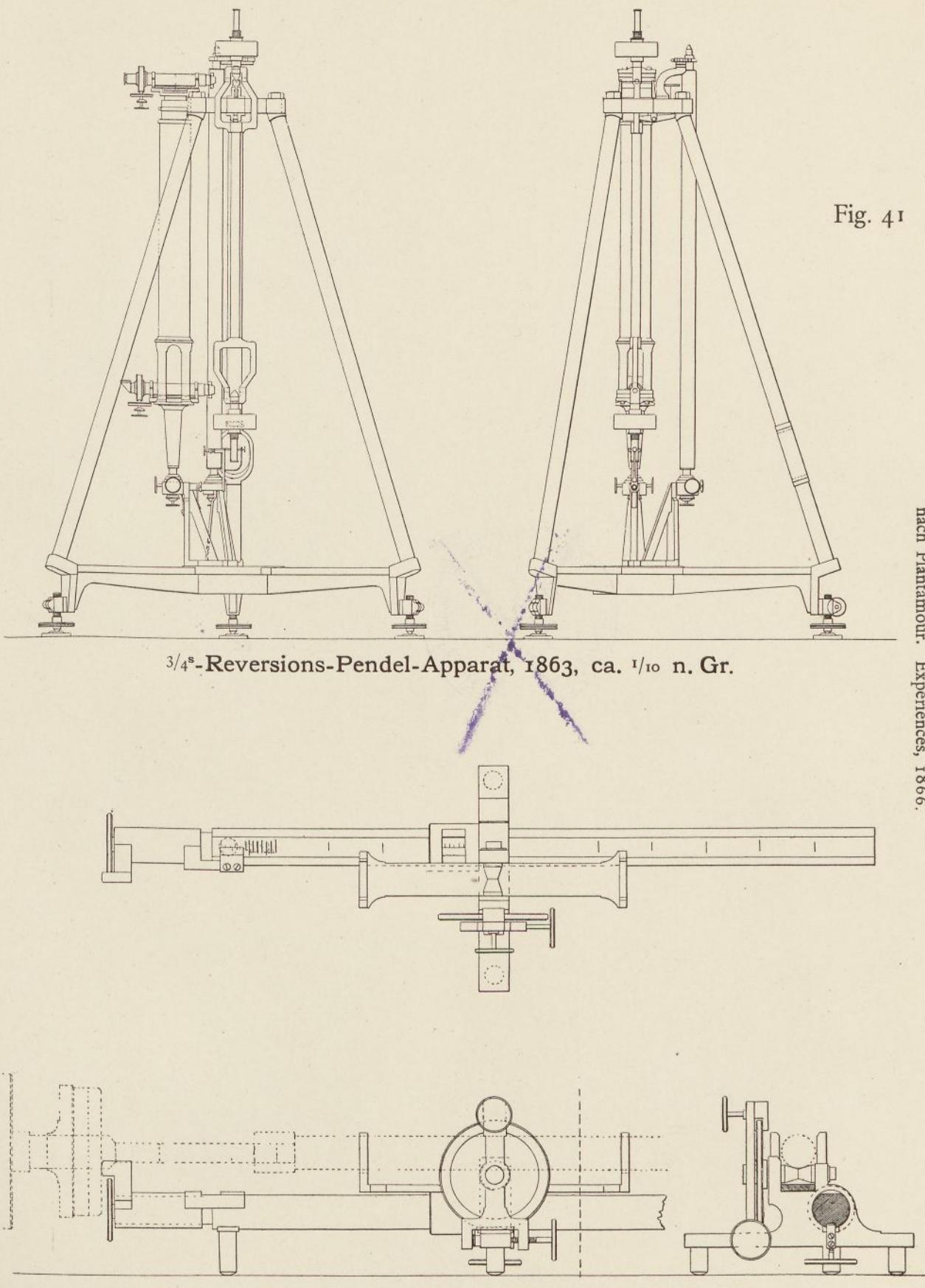
Meridiankreis, $4\frac{1}{2}$ Brennweite, Cordoba 1867.



24	24	25	25	26	26	27	27	28	28
62	32	34	32	33	34	32	33	30	31
41	41	41	41	41	41	41	41	40	40

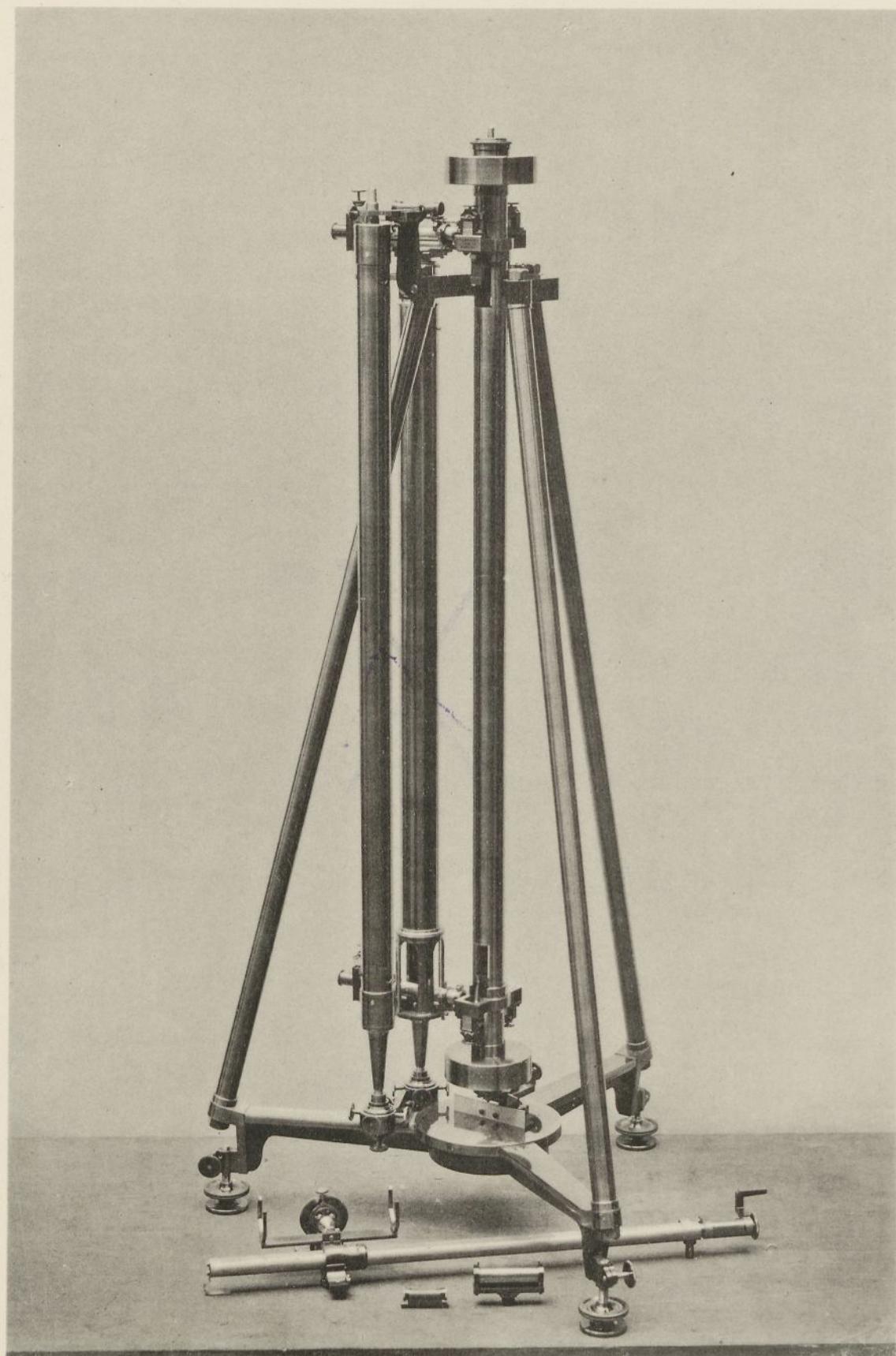
Fig. 40

Druck-Apparat für Mikrometer, 1880.

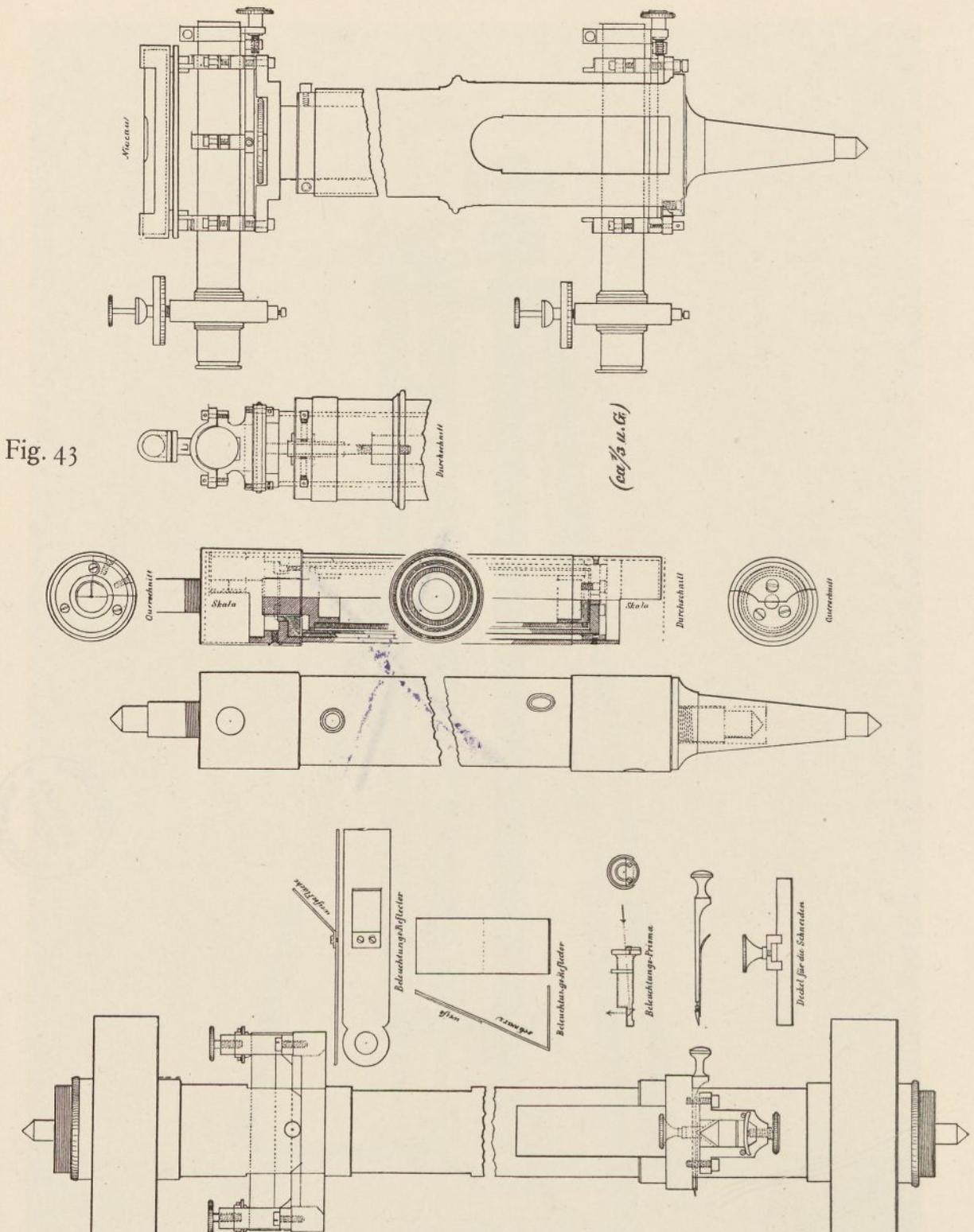
3/4^s-Reversions-Pendel-Apparat, 1863, ca. 1/10 n. Gr.

Schwerpunkts-Apparat, ca. 1/3 n. Gr.

Fig. 42

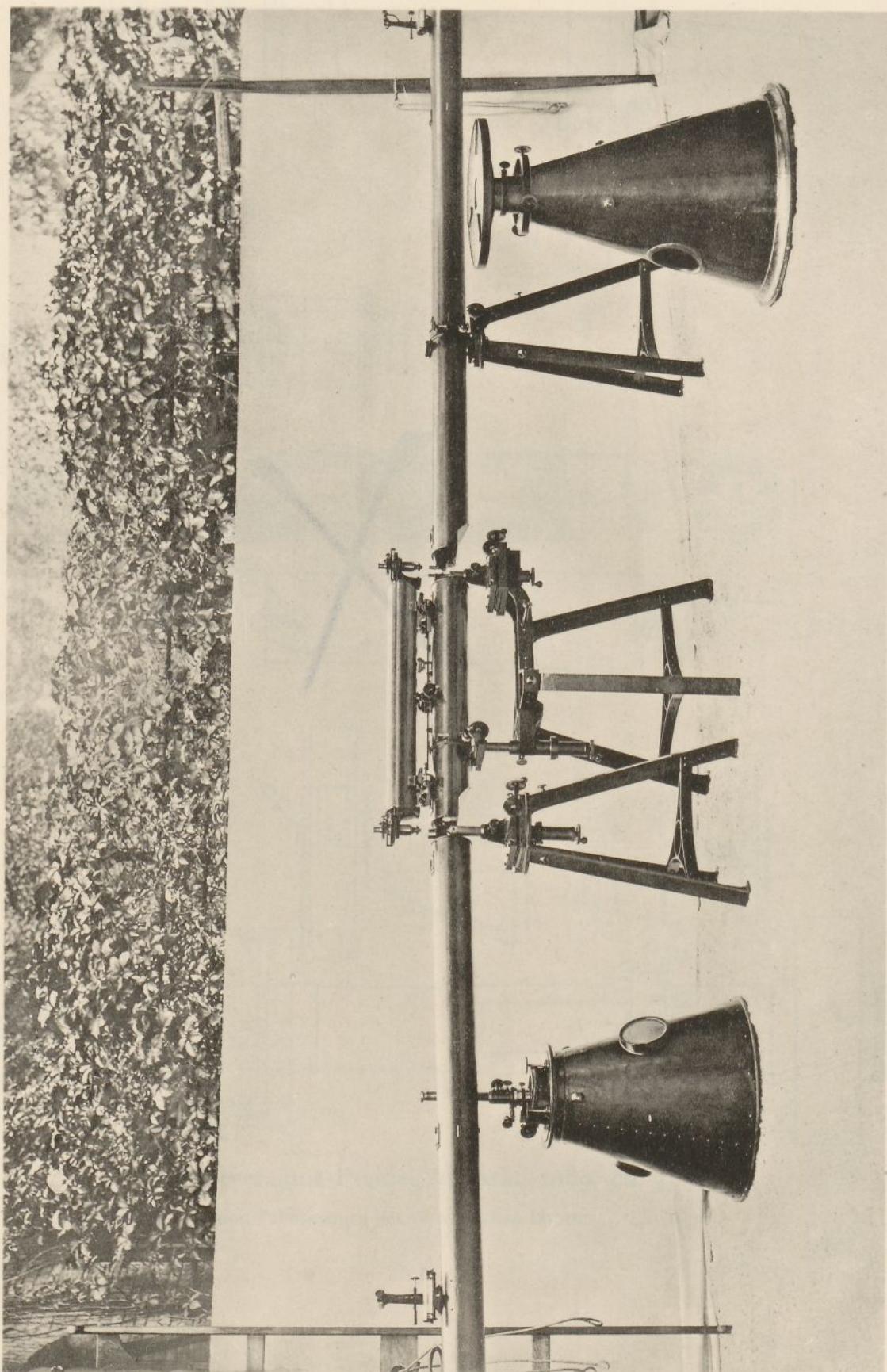


1^s-Reversionpendel-Apparat, 1869.

1^s-Reversions-Pendel-Apparat, 1869, ca. 1/3 n. Gr.,

nach Publicationen des Geodätischen Instituts, Berlin 1870.

Fig. 44



Basis-Apparat, Java 1867.

schen Maßstabes einzustellen. — Zur Ermittlung des Ortes des Schwerpunktes ist ein kleiner Apparat beigegeben: eine eingekerbt Walze, durch deren Drehung das in der Kerbe liegende Pendel in die Gleichgewichtslage gerollt werden kann. Das Lager der Walze ist auf einem getheilten Stabe in annähernd ermittelter Lage festzustellen und nach einem Vernier abzulesen. Am Ende des Stabes bewegt eine Stellschraube den Träger eines zweiten Verniers mit einem Contactarm, der beim Schwingen des Pendels mit der (senkrecht stehenden) Schneide in sehr leichte Berührung zu bringen ist. Der Unterschied der beiden Ablesungen giebt den Abstand des Schwerpunktes von der Schneide. In gleicher Weise findet man den Abstand der anderen Schneide, und der Unterschied der Abstände giebt die Entfernung des Schwerpunktes von der Mitte des Pendels (Plantamour, *Expériences faites à Genève avec le pendule à réversion. Genève et Bale, 1866*).

Im Jahre 1868 wurde für das Geodätische Institut in Potsdam ein ähnlicher Apparat (1^o Schwingungszeit) gebaut, aber auf Baeyer's Wunsch möglichst mit Verwendung gleicher Metalle für Pendel und Maßstab und mit Metall-Thermometer am Maßstab (Publ. des Geodät. Instituts, 1871). Für Pendel und Maßstab wurden deshalb aus dem selben Messingblech in gleicher Weise und von gleichen Querschnitts-Maßen hergestellte Rohre verwandt; für die Haltungen der Schneiden wurden Gußkörper an das durchgehende Rohr geschraubt und verlöthet, und in ähnlicher Weise wurden die Träger der Theilungen in dem als Maßstab dienenden Rohr befestigt [Fig. 42]. Die Form der Schneidenkörper wurde so gewählt, daß die Schneide selbst und die Anliegeflächen (gegen das Pendel) sehr nahe in derselben Ebene liegen, so daß ihre Temperatur ohne Einfluß auf die Pendellänge ist; auch wurden sie nicht mit durchgehenden Schrauben am Pendel befestigt, sondern in übergreifenden Bügeln durch kleine Druckschrauben Fläche gegen Fläche gehalten [Fig. 43.] Bei späteren Apparaten wurde nicht gehärteter Stahl, sondern Agat für die Schneidenkörper und Lager verwandt, nachdem sich an einer nach Jahren zur Nachbesserung eingesandten Schneide zweifellos erwiesen hatte, daß der Stahlkörper sich nicht unbeträchtlich verzogen hatte: er zeigte eine seitliche Verkrümmung, wie sie durch Schleifen mit großen Schwierigkeiten kaum herzustellen gewesen wäre. — Das Metall-Thermometer wurde dadurch hergestellt, daß ein Zinkrohr in das Messingrohr eingepaßt und an dem einen Ende damit fest verbunden wurde und in dieses wieder ein Stahlrohr, welches am anderen Ende mit dem Zinkrohr verschraubt ist. Die Theilflächen liegen in der Achse der drei Rohre und zeigen an dem einen Ende zwei getrennte Theilungen neben einander, von denen die eine zum Zinkrohr gehört, die andere aber von einem Endzapfen des Stahlrohres getragen wird; an dem anderen Ende befindet sich der gemeinsame Nullpunkt.

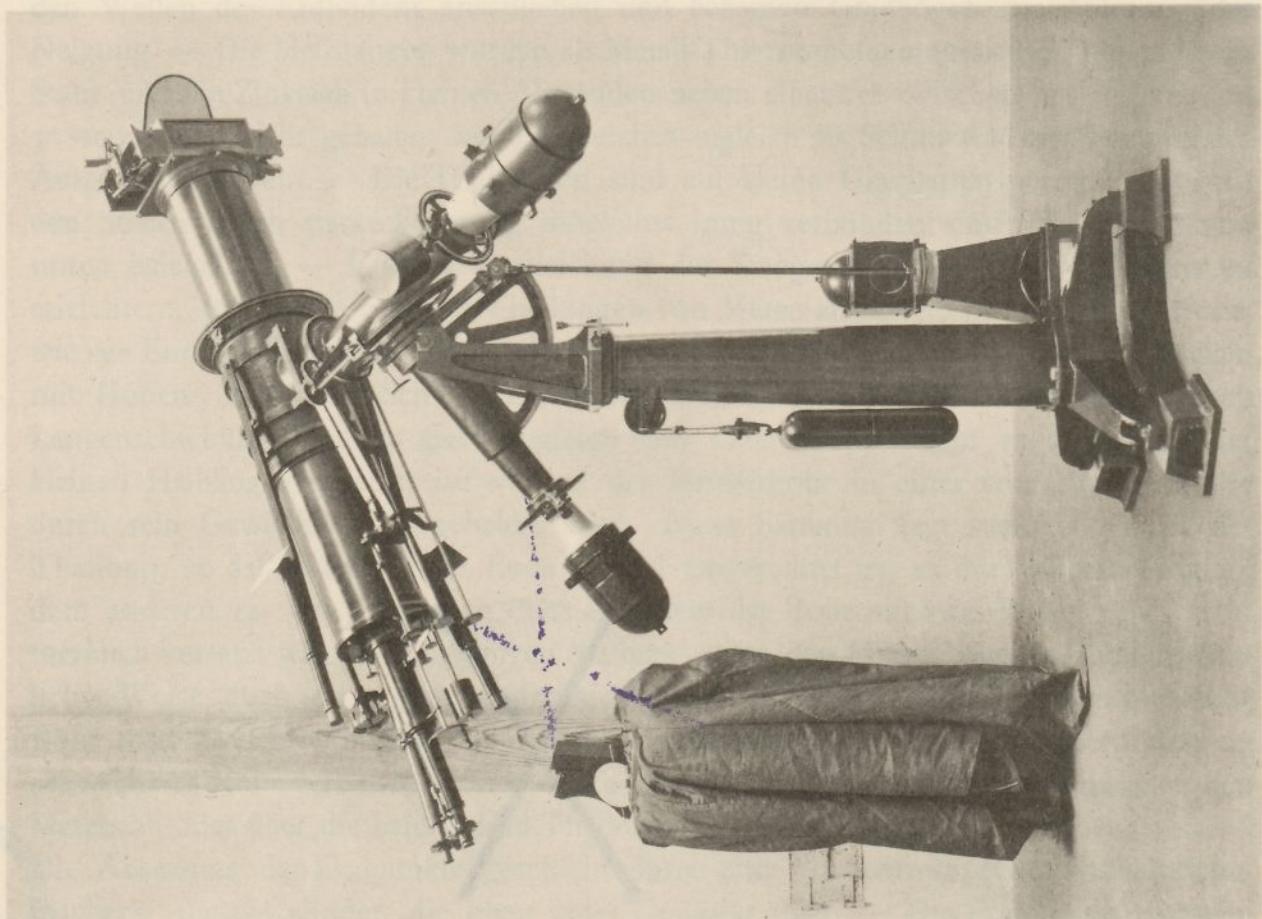
Bei der Berathung eines 1865—67 ausgeführten Basis-Apparats [Fig. 44] war mit Oudemans¹⁾ Einverständniß angenommen worden, daß man sich nicht auf die unverrückte Lage einer einzelnen Meßstange oder eines Mikroskopbockes genügend verlassen dürfe, daß vielmehr mindestens zwei der maßgebenden Theile immer zur gegenseitigen Controle unberührt stehen sollten (Triangulation von Java, Haag 1875—1900, 1, 5,

¹⁾ Johann Abraham Christian Oudemans, Amsterdam 1827 — Utrecht 1906, Dir. Obs. Utrecht.

und A. N. 70, 65 ff.). Es wurden deßhalb zwei Meßstangen von je 4^m Länge angenommen und zwei von je 1^m mit Mikroskopen, welche seitlich zu bewegen sind, um die kurze Stange zwischen die langen einzuschalten. — Da die Mikroskope senkrecht stehen mußten, war diese Stange horizontal einzurichten, die langen Stangen aber durften sich den Wellen des Erdbodens anschließen und bekamen Gradbögen zur Ablesung der Neigung. — Die Meßstangen wurden als Metall-Thermometer eingerichtet, indem je ein Stahl- und ein Zinkstab in kleinen Abständen neben einander zwischen Rollen in einem 5^z weiten Eisenrohr gehalten werden, welches zugleich als Schutz und zur Temperatur-Ausgleichung dient. — Die Theilungen sind auf kleine Glasplatten gezogen, die mit den Stäben durch starke Federung möglichst innig verbunden sind; sie werden von unten beleuchtet. — Um die Vergleichung der Stangen gegen ein Normal-Meter zu erleichtern, tragen die Stangen Theilungen von Meter zu Meter, in Mitte ihrer Höhe, wie die End-Theilungen. — Jede der langen Stangen liegt auf zwei eisernen Böcken mit Höhen- und Seiten-Schiebungen durch Schrauben; nur der eine Bock hat auch Längenschiebung, und er giebt zugleich den Längenhalt, indem er oben zu einer kleinen Halbkugel ausläuft, auf welcher das Stangenrohr in einer conischen Senkung durch sein Gewicht sicher gehalten wird. Diese Senkung liegt senkrecht unter der Theilung, so daß, wenn dieses Ende einmal eingerichtet ist, es durch Verstellung auf dem anderen ca. 3 m entfernten Bock, auf dem das Rohr mit zwei Rollen ruht, nicht merklich versetzt wird. — Die kurzen Stangen unter den Mikroskopen werden in ähnlicher Weise, doch je nur auf einem Bock gehalten. Das diese Stangen umschließende Rohr trägt zwei Querbahnen, auf welchen die Mikroskope, die mit einander durch ein schwächeres Rohr verbunden sind, durch eine grobe Schraube abwechselnd über den Meterstab oder über die beiden End-Theilungen der 4^m-Stangen zu schieben sind. — Die Absetzung der Endpunkte geschieht durch eine Vorrichtung, etwas ähnlich Schumacher's Absetz-Cylinder, die oben eine Theilung trägt. — Die Endpunkte bestehen aus Bergcrystall-Halbkugeln, auf denen der Absetz-Cylinder unmittelbar mit einer Einsenkung ruht. — Es ist auch ein auf die Endpunkte zu stellender einfüßiger Tisch beigegeben, auf dem die Triangulations-Instrumente unmittelbar über den Endpunkten selbst drehbar aufgestellt werden können. — Ein besonderer Comparator zur Vergleichung der Stangen unter sich und gegen ein Normalmaß gehört zu dem Apparat; er ist im Allgemeinen dem in Fig. 65 wiedergegebenen ähnlich.

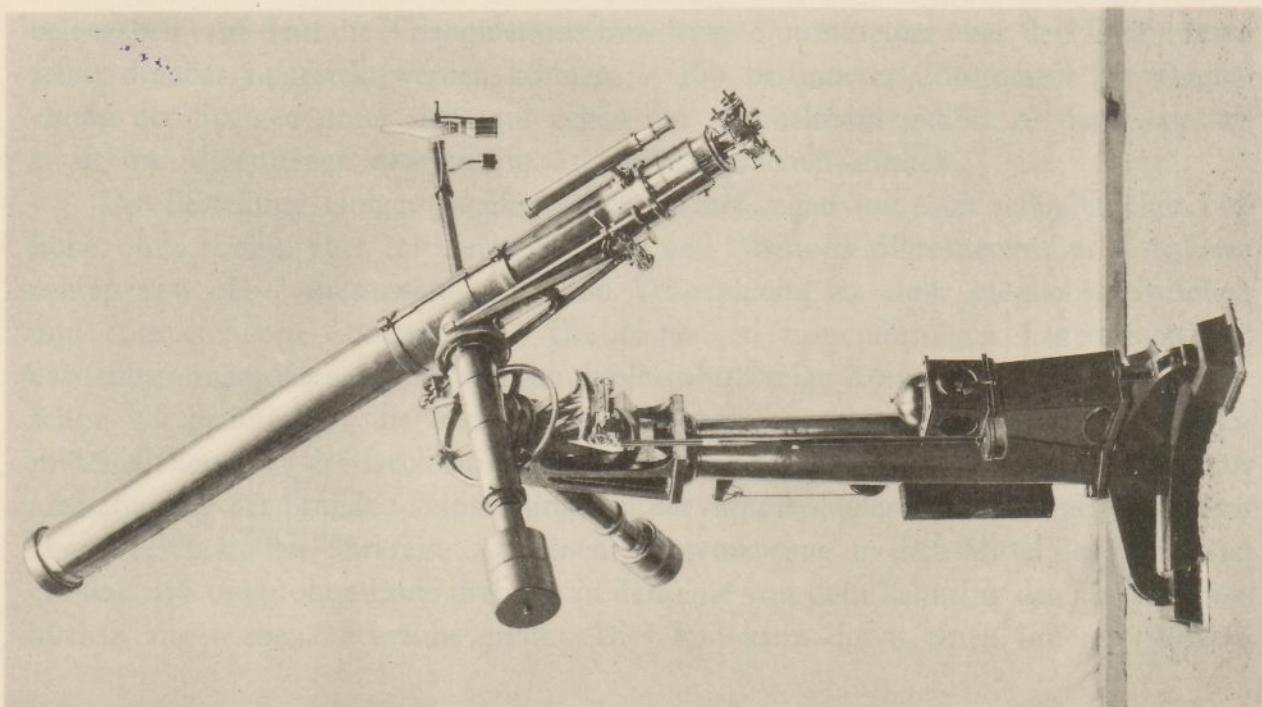
Die Bestellung einiger parallaktischen Aufstellungen mit stark veränderlicher Polhöhe ohne Kreise, aber mit Feinstellungen und Positions-Mikrometern, zu Holz-Fernrohren von ca. 6^f Brennweite gab 1869 Veranlassung zu einer möglichst einfachen und compendiösen Construction. Die bisherigen rinnenförmigen Lagerkästen mit verstellbar eingepaßten Lagern wurden durch rohrförmige Körper ersetzt (wie theilweise schon bei Fraunhofer), die unmittelbar als Lagerbüchsen und zugleich als Drehungsmittel dienen: bei der Declinationsbüchse für die Klemme und für den Zahnring zur Uebertragung der Stunden-Feinstellung, bei der Stundenbüchse für den hier auf einen Sector beschränkten Uhrkreis. Auf einem Ringvorsprung an dem Mittel des Sectors ist ein Rad mit Gang ohne Ende drehbar, in den eine von dem Zahnring der Declinationsbüchse angetriebene Schraube greift. Dies Rad kann durch einen inneren Winkel-

Fig. 46



Heliometer, 4^z Oeffnung, 5^f Brennweite, 1873.

Fig. 45



6^f-Fernrohr-Aufstellung mit veränderlicher Polhöhe, 1869.

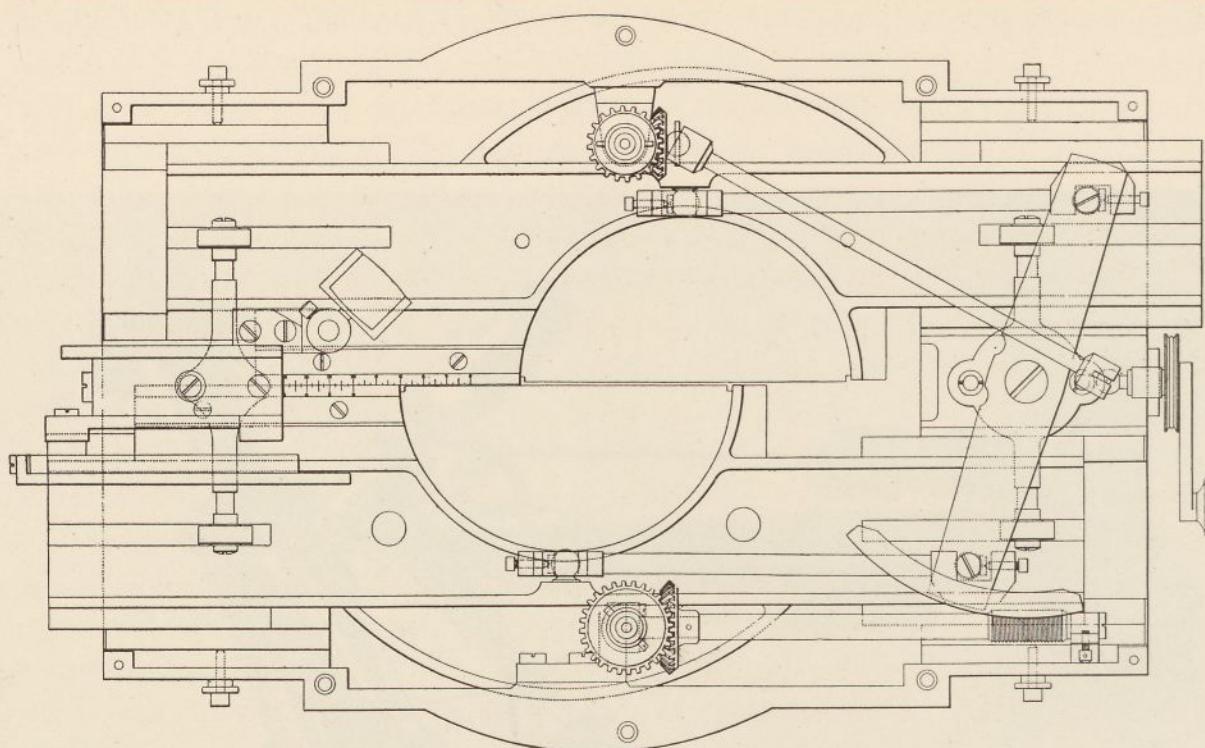
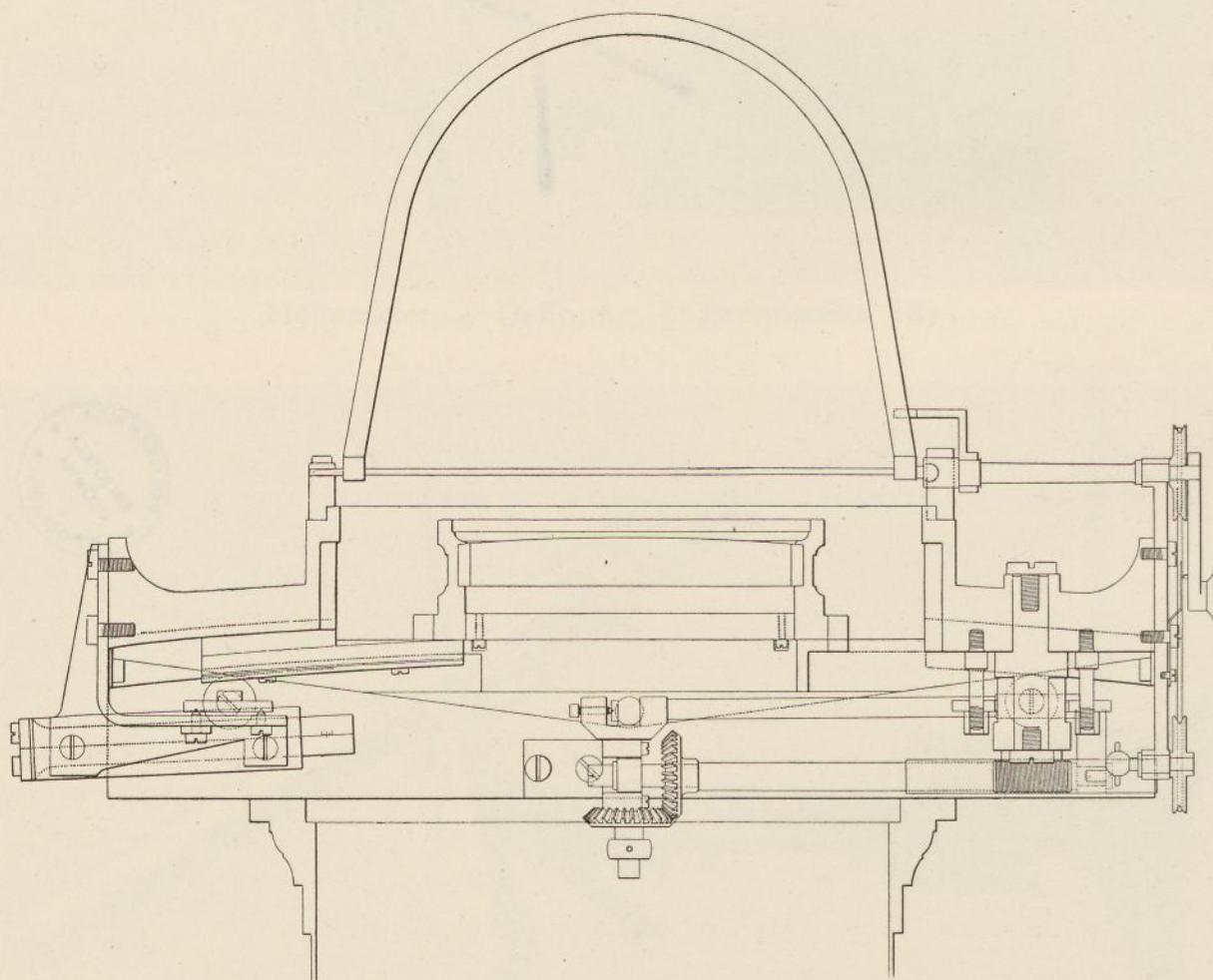


Fig. 47



Heliometer von 5^f Brennweite, 1873, nach Dunecht Publ. 2, ca. 2/5 n. Gr.

hebel auf dem Sector geklemmt werden. — Gleich unterhalb des Uhrbogens sind der Stundenbüchse zwei Zapfen angegossen und, concentrisch dazu, ein Bogen, vermittelst derer sie in dem gabelförmigen Kopf der Säule in Polhöhe leicht drehbar und sicher klemmbar ist. Ein Gegengewicht am Ende der Achse aequilibriert das Ganze. — Der Dreifuß der Säule steht auf einer hohlen gußeisernen Grundplatte mit drei in große quadratische Flächen auslaufenden Armen, die ein besonderes Fundament unnöthig machen; er ruht auf einer in die Grundplatte eingesetzten Halbkugel und zwei flach aufstehenden Stellschrauben, die zur letzten Polhöhen-Correction dienen. Die Azimuth-Correction geschieht durch zwei Tangentschrauben. — Auf dem Dreifuß sitzt auch ein Uhrwerk, das durch ein auf der anderen Seite hängendes Gewicht getrieben und durch einen Centrifugal-Reibungsregulator controllirt wird. Vom Uhrwerk führt eine leichte Transmission mit Auszug zu der am Polhöhen-Bogen der Stundenbüchse gelagerten Uhrschraube [Fig. 45]. — Das Positions-Mikrometer (im Allgemeinen ähnlich dem in Fig. 50 wiedergegebenen) ist mit dem Fernrohr durch eine in das Auszugrohr geschraubte Büchse verbunden, in welcher ein hohler Zapfen mit der Grundplatte des Mikrometer-Gehäuses und daran zwei Mikroskopen mit Glas-Verniers, zur Ablesung des an der Büchse befestigten Kreises, drehbar sind. Die Klemmung in Position geschieht durch einen auf der Büchse gleitenden und durch eine Tangentschraube klemmbaren Ring mit eingeschnittenem Gewinde für die am Gehäuse gehaltene Stellschraube. Die Mikrometerschraube hat, wie damals üblich (vgl. Fig. 31), ihre Lager in den Wänden des Gehäuses, der bewegliche Fadenträger führt sich an dem Gewinde und einem cylindrischen Theil der Schraube und wird mit dieser durch eine lange Spiralfeder zurückgehalten, so daß die Endspitze der Schraube ihr Widerlager stets mit genügendem Druck berührt. Statt eines zweiten beweglichen Fadens (wie bei Fraunhofer) wurde, im Vertrauen auf die vervollkommenen Feinstellungen vom Ocular aus, eine Reihe fester Fäden eingeführt, deren Beziehung zum Mittelpunkt für einige Zeit als unverändert angenommen werden durfte, und von denen der geeignetste auf den einen der Sterne eingestellt werden sollte. Es zeigte sich aber bald, daß das nicht ausreichend war, und es wurde später eine zweite Bewegung in der Weise eingerichtet, daß das ganze Gehäuse durch eine Schraube, gleicher Steigung wie die Mikrometerschraube, auf einem Cylinder beweglich gemacht wurde. — Jedes dieser Instrumente war mit Einschluß der Säule in drei Kisten von ca. 110, 120 und 160 Kilo verpackt.

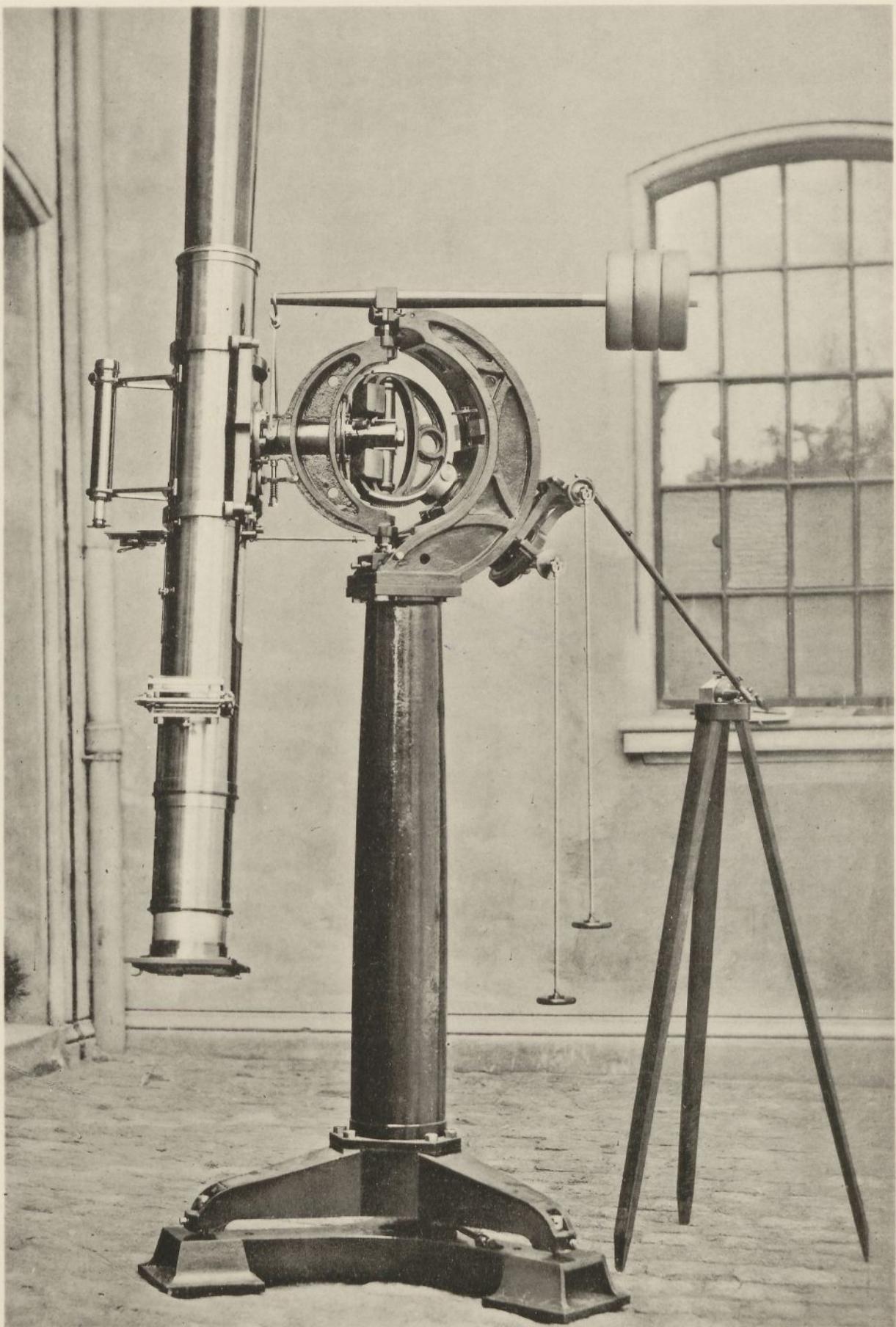
Dieselben Aufstellungen, doch mit kleinen Kreisen und Verniers, wurden zu Heliometern von 4^z Öffnung, 5^f Brennweite (für die russischen Venus-Expeditionen von 1874) verwandt [Fig. 46]. Die Entwürfe zu den Fernrohren waren mit Winnecke¹⁾ berathen worden. — Die Drehung des ganzen Rohres und die Schiebung der Objectivhälften auf Cylinderflächen wurde natürlich beibehalten; im Uebrigen wurden gegen das Instrument in Oxford manche Aenderungen eingeführt. Die Bewegung der Objectivhälften geschieht gleichzeitig entgegengesetzt durch einen zweiarmigen Hebel, der durch Gelenkstangen mit den Schiebern verbunden ist und an einem Bogen mit eingeschnittenem Gewinde bewegt wird [Fig. 47]. Die eingreifende Schraube wird

¹⁾ Friedrich August Winnecke, Groß-Heere 1835 — Bonn 1897, 1872 Dir. Obs. Straßburg.

durch Winkelräder und einen langen, im Rohre liegenden Schlüssel vom Ocular aus angetrieben. Ein anderer Schlüssel im Rohr vermittelt die Bewegung eines mit Drahtgitter bespannten Bügels, der zur Ausgleichung der Sternhelligkeiten mehr oder weniger geneigt vor die eine oder andere Objektivhälfte gestellt werden kann; noch liegt im Rohr das lange Mikroskop zur Ablesung der dicht nebeneinander auf Cylinderflächen liegenden Theilungen der Schieber und eines Metallthermometers. Um die Drehung des Rohres möglichst leicht zu machen, ist das Rohr so eng gehalten, wie es die Oeffnung des Objectivs und jene drei Theile im Rohre nur gestatten, ohne Rücksicht auf eine centrale Lage der optischen Achse. — Das Rohr ist ein gezogenes Messingrohr mit Drehungsringen von Stahl, denen im Innern des Rohres starke, fest eingetriebene Ringe von Gußeisen gegenüber liegen; das Rohr wird so gezwungen, im mittleren Theile der Ausdehnung des Stahles und Gußeisens zu folgen, und durfte daher unmittelbar in einer gegen die Declinationsachse befestigten gußeisernen Büchse drehbar gemacht werden. — Die Positionsrehnung geschieht an einem Zahnring, zwischen den beiden Drehungsringen, durch ein vom Ocular her zu bewegendes Trieb; zur feineren Einstellung kann das Trieb durch eine auf seinem Schafte klemmbare Scheibe mit Gang ohne Ende und einliegender Schraube bewegt werden; eine Zwischenstufe erwies sich später als erwünscht. — Der sich mit dem Fernrohr drehende Positions- kreis liegt gleich oberhalb der Fernrohrbüchse und wird durch zwei lange an der Büchse befestigte Mikroskope nach Verniers abgelesen. — Besondere Sorgfalt wurde auf einen unveränderlichen gegenseitigen Abstand der Objektivhälften verwandt. Die Gläser liegen in halbrunden, rinnenförmig ausgedrehten Fassungen und werden an den Enden durch plane Anschlagsplatten gehalten, für die durch entsprechende plane, parallel zur Schnittfläche liegende Anschleifungen an den Gläsern Raum gewonnen worden ist. Eine geringe Schlotterung wird in jeder der Fassungen aufgehoben durch eine gegen die cylindrischen Flächen der Gläser wirkende Feder, und zwar ist diese um ca. 30° aus der Mitte verschoben, so daß die Gläser nicht nur gegen die Planflächen, sondern zugleich gegen das eine Ende der cylindrischen Höhlung gehalten werden, also bei genügendem Federdruck zweifellos sicher in seitlicher Richtung, und um diese Wirkung nicht zu stören, werden die Gläser in der Richtung der Absehlinie mit möglichst kleinem Spielraum, doch ohne Spannung oder Gegenfeder gehalten. Die Fassungen aber sind mit den Schiebern fest verschraubt, Planfläche gegen Planfläche; doch gestattet die eine derselben eine geringe Correction des Abstandes durch zwei Stellschrauben. — Die Schieber führen sich bei ihrer Bewegung auf den Cylinderflächen an den inneren Seiten gegen plane, einander parallele Flächen des Gußkopfes selbst und werden an den äußeren Seiten von planen Leisten berührt, die durch Stellschrauben bis auf ein erlaubtes Maß der Reibung angezogen werden. (Seeliger, Theorie des Heliometers, 1877; Dunecht Observatory, Publications 2, 1877.) — Ein, gleichzeitig mit den beiden russischen Instrumenten für Lord Lindsay ausgeführtes, ganz ähnliches Heliometerrohr erhielt wegen Mangels an Zeit eine Aufstellung von Cooke.

Ein eigenartiges Instrument entstand 1872—74 für die deutschen Venus-Expeditionen in der nach Hansen's Vorschlägen (Ber. d. sächs. Gesellschaft d. W., math.-physik. Klasse, 1/7, 1869) ausgeführten Aufstellung für ein photographisches Rohr, bei welcher

Fig. 48



Altazimuthale Fernrohr-Aufstellung mit parallaktischer Bewegung,
nach Hansen, 1874.

8-füßiger Bahnsucher, 1874,

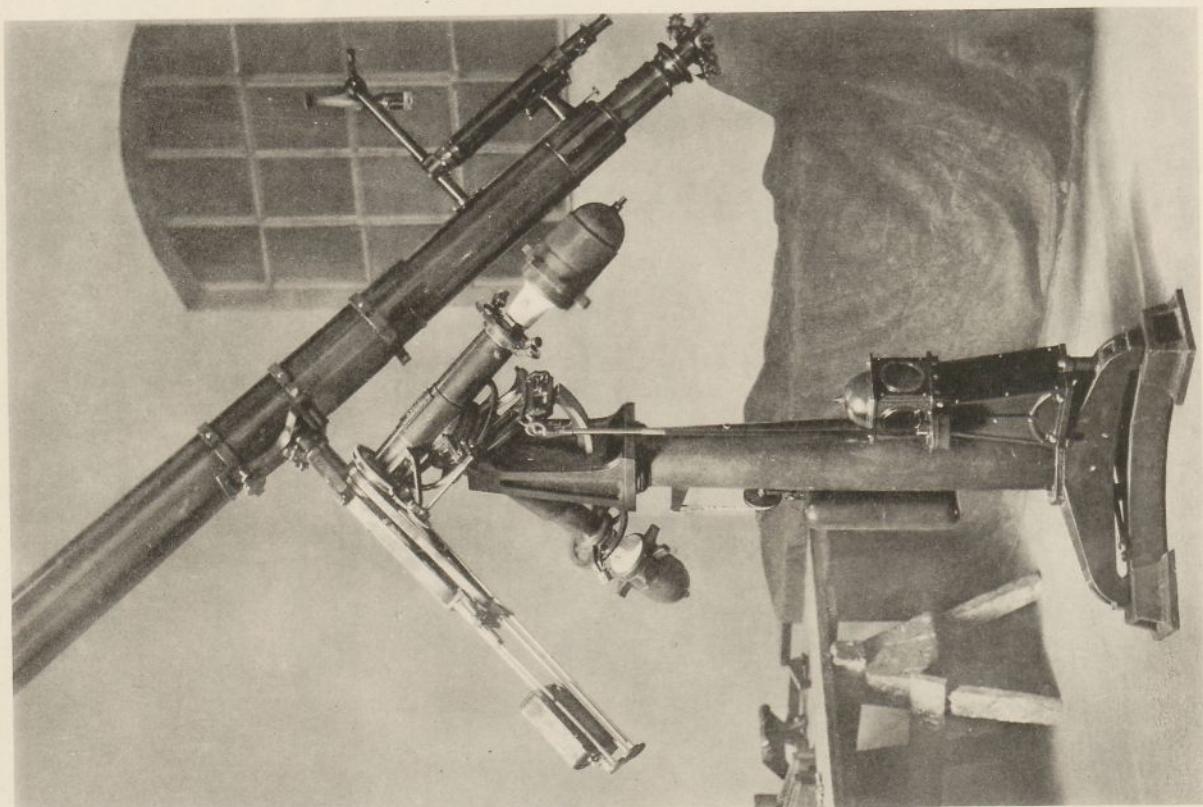
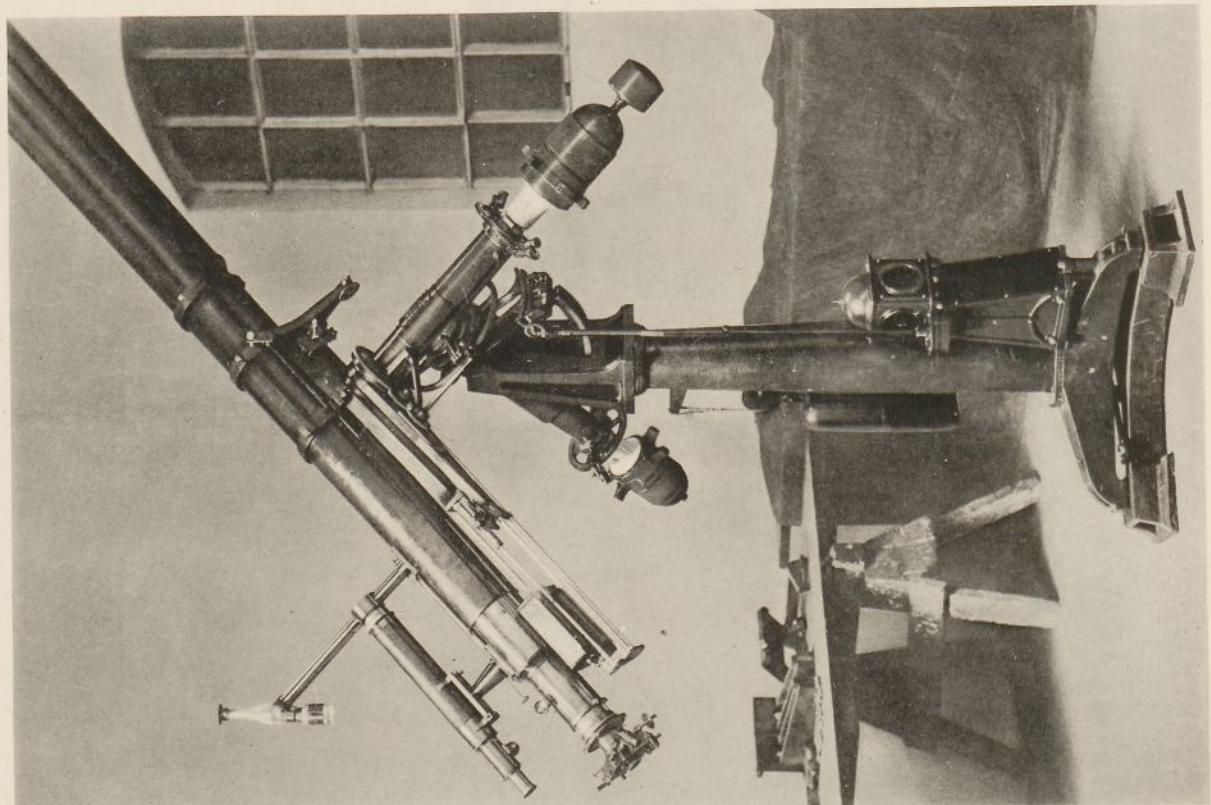


Fig. 49

a) in einfach parallaktischer Anordnung,



b) mit Bewegung um die dritte Achse.

die Lage der empfindlichen Platte während der Aufnahme durch ein am Fernrohr angebrachtes Niveau zu controlliren ist. Das Rohr mußte dazu um eine altazimuthale Aufstellung parallaktisch bewegt werden. Außerdem war eine veränderliche Polhöhe vorgeschrieben. — Es erwies sich als zweckmäßig, allen drei Bewegungssystemen einen gemeinsamen Mittelpunkt zu geben [Fig. 48]. Der starke, innen halbkreisförmige Kopf der Säule enthält oben und unten die Lager einer durch jenen Mittelpunkt gehenden senkrechten Achse und zugleich eine zu dem selben Punkt centrische Hohlzylinder-Bahn für die in Polhöhe verstellbare Stundenbüchse. Die senkrechte Achse hat die Form eines starken Bügels mit einer durch den allgemeinen Mittelpunkt gehenden horizontalen Büchse, deren Achse nach außen hin das Fernrohr, innen aber einen zu diesem parallelen Querarm trägt, der ebenfalls durch den allgemeinen Mittelpunkt geht und einem concentrischen Halbkreis als diametrale Achse dient. Dieser Halbkreis bildet einen Declinationsbogen des parallaktischen Systems; er gleitet in dem geschlitzten Kopfe der Stundenachse und kann darin durch ein Trieb in Declination bewegt oder durch eine Schraube geklemmt werden. Ein kleiner, an der Fernrohrachse befestigter Kreis kann zur Einstellung in Declination nach zwei an dem großen Bügel angebrachten Indices dienen, wenn er dem Halbkreise parallel steht. Ist der Halbkreis dann im Kopfe der Stundenachse geklemmt, so zwingt das parallaktische System das sich altazimuthal drehende Fernrohr, ihm zu folgen. — Ein Uhrwerk ist nicht vorhanden; es wurde angenommen, daß es keine Schwierigkeit haben werde, die Uhrschraube durch eine Handkurbel im Takte einer Secundenuhr genügend gleichmäßig fortzuführen. — Das cylindrische Messing-Fernrohr hat einen weiten, durch eine Schraube beweglichen Auszug für die Cassette und trägt, außer dem auf einem zur horizontalen Achse parallel gerichteten Cylinder hängenden Niveau, einen Sucher und einen Moment-Verschluß.

Eine andere ungewöhnliche, aber schon 1861 von Airy (M. N. 21, 158) angedeutete Aufstellung wurde 1873/4 für Winnecke ausgeführt; Airy nannte sie »Orbitsweeper«, im Deutschen ist der Ausdruck »Bahnsucher« üblich geworden, weil es sich darum handelt, Himmelskörper von starker eigener Bewegung in ihrer Bahn aufzusuchen [Fig. 49]. Die Aufstellung ist bis zum Kopfe der Declinationsachse die selbe, wie bei den 6-füßigen Reise-Aufstellungen; die Declinationsbüchse trägt aber nicht unmittelbar das Fernrohr, sondern zunächst ein der Declinationsklemme etwas ähnliches, aber viel stärkeres Zwischenstück als Büchse einer dritten, dem Declinationskreise parallelen Achse, die in einem gabelförmigen Kopf die Mulde des Holz-Fernrohres (8^f Brennweite) um zwei Zapfen in der Ebene dieser Achse drehbar hält. Solange die dritte Achse nicht benutzt werden soll, wird das Fernrohr durch zwei Schrauben gegen das untere Ende des Zwischenstückes gehalten und ist dann einfach parallaktisch beweglich. Nimmt man aber diese beiden Schrauben heraus, so läßt sich das Fernrohr um die beiden Zapfen um ca. 90° drehen, bis gegen den seitlich vorspringenden Kopf der dritten Achse, wo es durch einen Bügel festgehalten und nach einem Gradbogen innerhalb $\pm 2^\circ$ verstellt werden kann. Die dritte Achse ist nun um sich beweglich; sie trägt einen kleinen Einstellkreis und kann geklemmt werden. — Das Positions-Mikrometer zeigt schon die S. 29 erwähnte Gehäuseschiebung [Fig. 50]. An diesem Mikrometer benutzte Winnecke das nach seiner

Angabe auf dem Augendeckel des Oculars angebrachte doppeltbrechende Prisma zur Untersuchung der periodischen Fehler der Schraube in der Weise, daß er die Doppelbilder des festen und des in geeigneten Abstand gebrachten beweglichen Fadens neben einander in solche Stellung brachte, daß drei gleiche Zwischenräume entstanden, und nach Ablesung der Schraube diese Einstellung und Messung nach der anderen Seite des festen Fadens wiederholte. Die Differenz der beiden Ablesungen muß, solange das Prisma unberührt bleibt, für verschiedene Ausgangspunkte an der Trommel dieselbe bleiben, wenn die Schraube fehlerfrei ist (A. N. 91, 297). — [Fig. 51] zeigt den Reibungs-Regulator eines Uhrwerks, wie er ähnlich bei all diesen kleinen Aufstellungen angewandt worden ist. Es wird bei diesem nicht mehr, wie es früher geschah (S. 21), die aufsteigende Scheibe des ausschwingenden Pendels unter eine Bremsfeder gezogen, sondern unter den Kopf einer mehrgängigen horizontalen Schraube, deren leicht spielende Mutter eine Bremsfeder gegen die Hochkante einer festen Scheibe der Pendelachse zieht. Der Ausschlag des Pendels ist so, innerhalb einer Correctionsstellung für den Gang, fest begrenzt. Die Wirkung der Bremse ist so groß, daß das Pendel nach Berührungen der Scheibe durch die Bremse sogleich zurückgeht und ein fortgesetztes Spiel um die normale Höhe stattfindet.

An einem 1873—75 ausgeführten Refractor von 9^z Oeffnung, 13^f Brennweite (für Nicolajew) kam die wohl zuerst von Cooke angewandte Ablesung der Declination vom Ocular her, durch Verlegung des Kreises an die Büchse zwischen die Klemme und das Fernrohr und durch lange Mikroskope mit Prismen am Fernrohr, zur Ausführung. Da der Kreis am anderen Ende der Achse fortfiel, konnte zugleich das Gegen gewicht von der Achse auf eine Verlängerung der Büchse übertragen und dadurch die Biegung sowohl, als die Reibung der Achse verringert werden. Die Beleuchtung des Declinationskreises geschieht durch die selbe Lampe am Fernrohr, die auch Feld und Fäden beleuchtet; sonst in ähnlicher Weise wie am Aequatoreal in Gotha. — Das Positions-Mikrometer dieses Instruments unterscheidet sich von früheren dadurch, daß der bewegliche Fadenträger seine geradlinige Führung nicht mehr auf der Mikrometer schraube hat, sondern an einem besonderen Cylinder, welcher möglichst nahe der Schraube in dem Gehäuse fest gelagert ist und zugleich die Spiralfeder führt; die Schraube wirkt auf den Fadenträger nur noch in der Längenrichtung. Diese Einrichtung ist bei späteren Repsold'schen Mikrometern aller Art die übliche geworden. — Die Declinationsbüchse erhielt, soweit thunlich, eine zur Stundenachse symmetrische Rotationsform, damit, schon bei der Bearbeitung, der Winkel zwischen den beiden Hauptachsen so genau = 90° hergestellt werden konnte, daß eine Berichtigung an den Lagern nicht nöthig war; und die cylindrische Erweiterung der Büchse in der Mitte giebt die bei der Aufstellung sehr bequeme Möglichkeit, die Büchse mit der schon fertig eingesetzten Achse auf den Kopf der Stundenachse zu bringen. — Auch die Stundenbüchse hat, bis auf die an den Pfeilerkopf anschließenden Fußplatten, Rotationsform. An beiden Büchsen wurden die Achsenlager besser zugängig gemacht, so daß man sich jederzeit von ihrem Zustand überzeugen kann, und die sonstigen beweglichen Theile, besonders die Klemmen und die Zahnringe der Declinationsbüchse, wurden so eingerichtet, daß man sie abnehmen kann, ohne das Instrument zu zerlegen. — Die Feinstellungen sind ähnlich wie bei den 6-füßigen Reise-Instrumenten (Fig. 45).

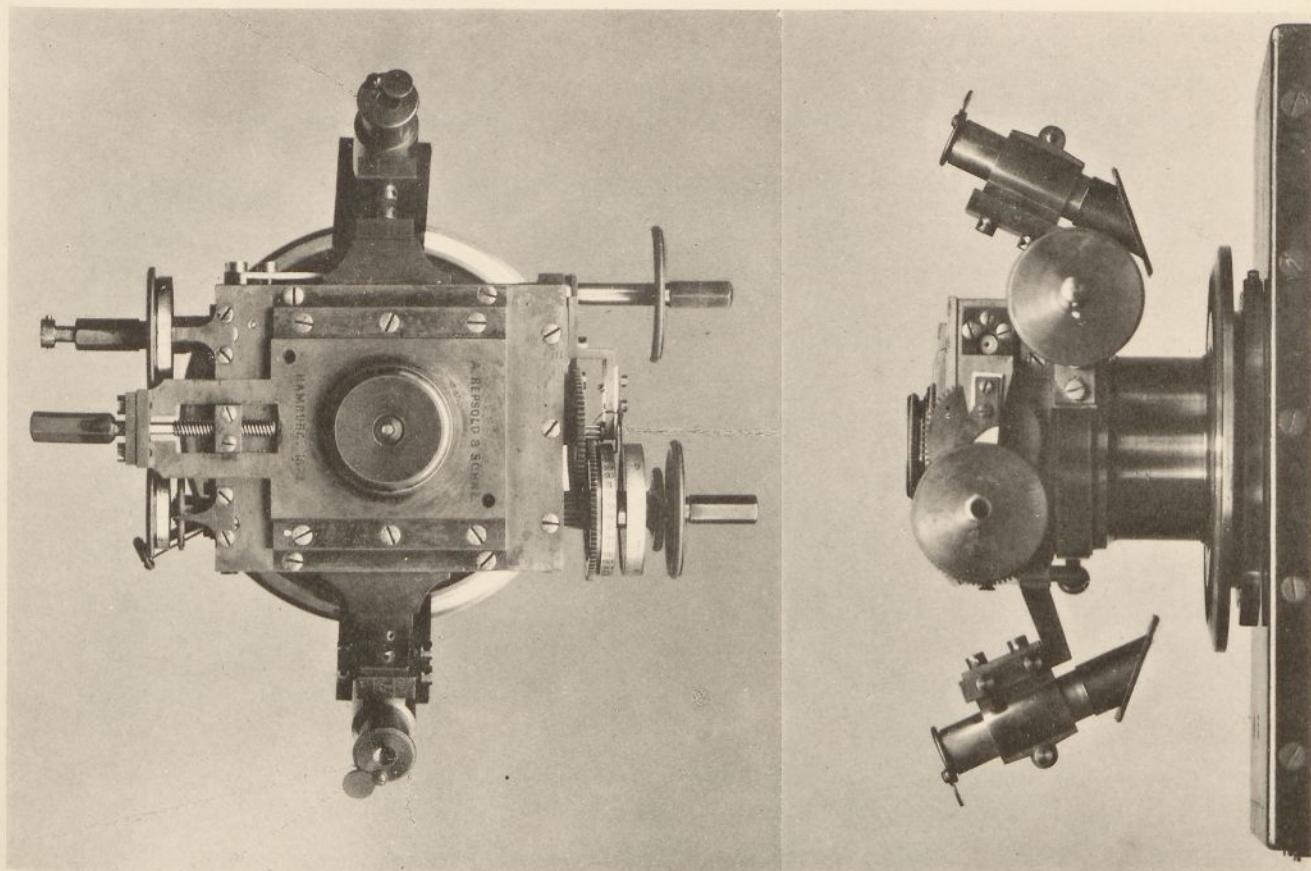


Fig. 50

Positions-Mikrometer, 1873, ca. $\frac{1}{2}$ n. Gr.

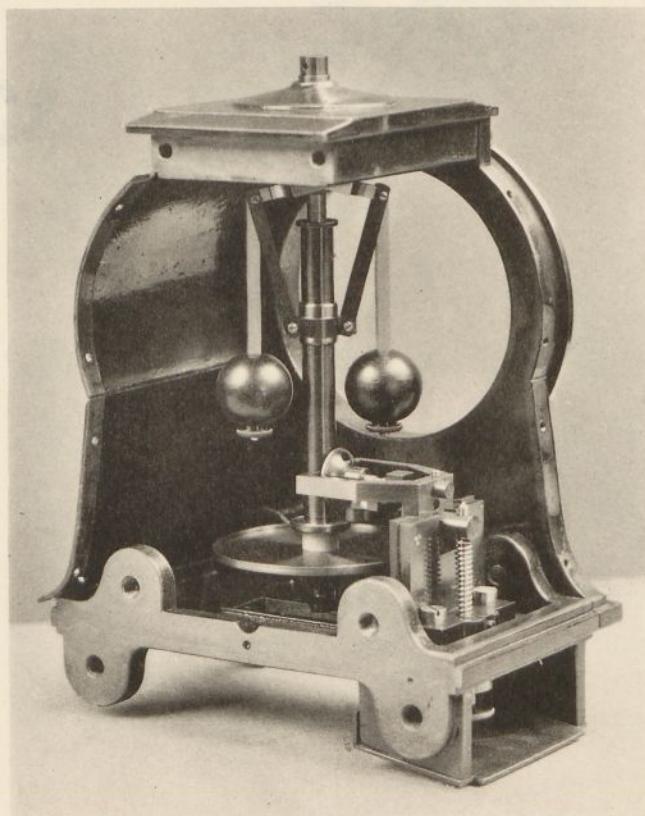
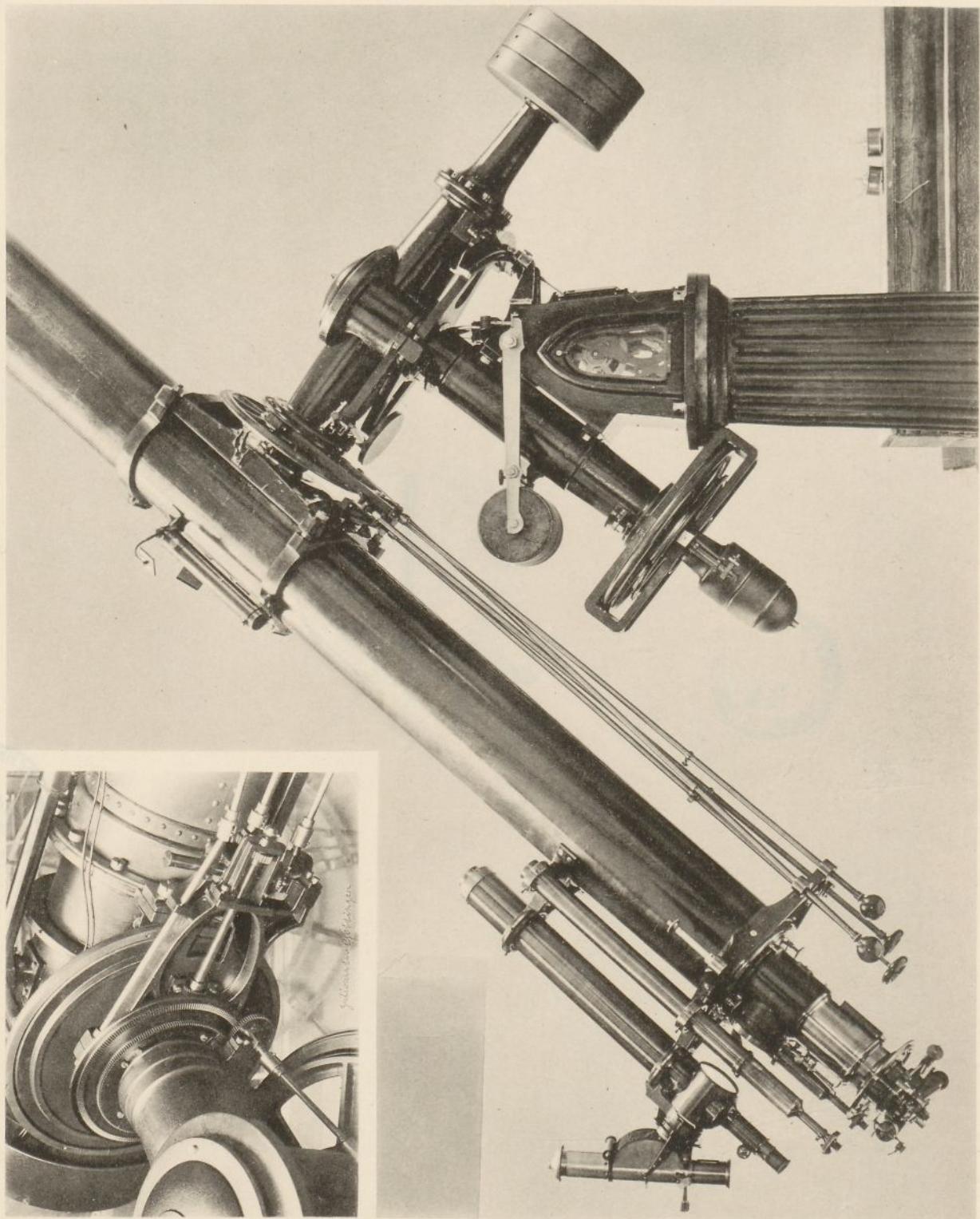


Fig. 51

Uhrwerks-Regulator mit fester Bremsscheibe, um 1870, ca. $\frac{1}{3}$ n. Gr.

Fig. 52



16^f-Refractor, Potsdam 1878.

An den 1875 bestellten parallaktischen Instrumenten für Stockholm ($7\frac{1}{2}/8^f$ mit Messing-Fernrohr) und Potsdam ($11\frac{1}{2}/16^f$ mit Holzrohr) wurde zuerst auch die Stundenklemmung vom Ocular her ausschließlich durch Zahnrad-Uebertragungen durchgeführt (wie es das einem ähnlichen späteren Instrument entnommene Eckbild zu Fig. 52 darstellt); Schnurführungen wurden, als minderwerthig, ganz aufgegeben. Seitdem sind die vier Schlüssel neben dem Ocularkopf, für Klemmung und Feinstellung in beiden Richtungen, üblich geworden. — Gewichtsaufhebungen an der Declinationsachse blieben fort, aber es wurde der Schwerpunkt des Fernrohrs dem großen Lager der Achse möglichst genähert, damit die Achsenbiegung in geringen Grenzen blieb. Weitere Vorkehrungen gegen Biegungen, soweit sie nicht durch die Construction selbst gegeben werden konnten, wurden bei diesen und späteren parallaktischen Instrumenten unterlassen, weil ihre Anwendung als Aequatoreal, d. h. zur unmittelbaren Ortsbestimmung durch Ablesungen der Kreise, sich im Allgemeinen als zu weitläufig erwiesen hatte.

Der 16-füßige Refractor für Potsdam [Fig. 52] erhielt auch eine verbesserte Beleuchtung. Die bisherige Fadenbeleuchtung der Positions-Mikrometer war dadurch beeinträchtigt gewesen, daß die Lichtstrahlen zweier festen Prismen, welche excentrisch in halber Länge des Fernrohres stehen, vier mit dem Mikrometer sich drehende Spiegelflächen unter veränderlichen Winkeln trafen und daß dadurch die Beleuchtung ungleichmäßig wurde. Das war nur zu vermeiden, wenn die vier Spiegelflächen von einem vollen, den Strahlenkegel des Fernrohrs concentrisch umgebenden Lichtkegel beleuchtet wurden. Zu dem Ende wurde das quer durch den Sucher geleitete Licht der Lampe durch eine große Sammellinse auf den linsenförmig angeschliffenen Rand einer Glasscheibe geworfen und durch diesen zu einem convergirenden hohlen Lichtkegel umgestaltet, der, nach Brechung an einem für den Strahlenkegel des Fernrohres durchbrochenen Planspiegel in 45° , ein diesem Strahlenkegel angepaßtes Blendrohr mit einem gleichmäßigen Lichtmantel umgibt und die vier Spiegelflächen für Fadenbeleuchtung, sowie andere für Beleuchtung der Mikrometertrommel und des Positionsreiches überdeckt. Die mittleren Lichtstrahlen der Sammellinse werden theils durch ein Prisma im Fernrohr auf einen Feldbeleuchtungs-Spiegel neben dem Objectiv, theils durch einen in 45° stehenden Spiegel auf zwei andere, außen am Fernrohr, reflectirt, welche den Declinationskreis beleuchten; alles das ähnlich wie, etwas einfacher, in der Zeichnung Fig. 56 dargestellt. Die Dämpfung der Faden- und der Feldbeleuchtung wird durch eine Scheere und eine Irisblende bewirkt. — Die Abblendung des durch den Strahlenkegel gehenden Lichtes erfordert große Vorsicht, um ein ganz dunkles Feld zu erzielen.

Besondere Sorgfalt wurde dem Reibungs-Regulator des Refractors für Potsdam zugewendet. Es war unter günstigen, stetigen Umständen nicht schwierig, die Reibung und die überschüssige Kraft für längere Zeit ins Gleichgewicht zu bringen (V. J. S. 80, 300); aber jede Aenderung des Zustandes der reibenden Flächen, durch Feuchtigkeit oder andere Zufälligkeiten, brachte Störungen. Diese Erfahrungen ließen keinen Zweifel, daß mit einem Reibungs-Regulator eine zuverlässige Genauigkeit nicht zu erreichen ist, und führten 1879 zu Versuchen mit einem Biegungs-Regulator, dem rundlaufenden Federpendel, die bald gute Erfolge gaben. Ein solcher wurde dem Instrument in Potsdam erst nachträglich beigegeben; zum ersten Male kam er zur An-

wendung bei dem 1879 vollendeten 21-füßigen Refractor in Straßburg. Er besteht aus einer in der Form gleichen Widerstandes verjüngt zulaufenden Stahlstange runden Querschnitts, die mit ihrem oberen, dicken Ende in senkrechter Lage an der Thurmwand starr befestigt ist und durch ein am unteren Ende aufgeschraubtes Gewicht eine Umlaufszeit von $\frac{1}{2}$ s erhielt. [Fig. 53]. Das untere Ende der Pendelstange ist cylindrisch und geht in einem geschlitzten Mitnehmer der letzten, senkrecht unter dem Pendel stehenden Uhrwerkswelle. Da das Pendel im Ruhestande etwas aus der senkrechten Stellung gehalten wird, so muß es, sobald die Welle in der Schwingungszeit umläuft, mitgehen und ausschwingen, bis der Ueberschuß an Treibkraft in dem Biegungswiderstande sein Gleichgewicht findet, und es wird dann darin erhalten, weil beide Kräfte in gleichem Verhältnisse wachsen (A. N. 151, 293 ff; Instrk. 1899 October). — Ueber die Wirksamkeit eines solchen Regulators hat Hermann Struve¹⁾ eingehende Mittheilungen gemacht (Festschrift zum 50-jährigen Bestehen der Sternwarte Pulkowa, 1889). — Das Pendel muß getrennt vom Instrument aufgestellt werden, weil seine Schwingungen sich auf das Fernrohr übertragen würden; es ist selbst aber gegen Erschütterungen wenig empfindlich, so daß es ohne Bedenken auf dem Fußboden des Beobachtungsraumes aufgestellt werden darf. Es sind Versuche gemacht worden, die Uebertragung der Schwingungen dadurch aufzuheben, daß zwei gleiche Pendel nebeneinander, aber in um 180° verschiedener Schwingungsrichtung von demselben Uhrwerk angetrieben wurden. Es erwies sich aber, selbst bei sorgfältiger Ausgleichung der Umlaufszeiten, als unmöglich, beide Pendel regelmäßig in ruhigen Gang zu bringen. Durch Zufälligkeiten im Antrieb fliegt entweder das eine oder das andere vorzeitig aus und läßt dann das zweite nicht mehr zum Ausschlag kommen. Es würde zum Ausfliegen eines kleinen Impulses durch Beschleunigung bedürfen, die aber das zuerst ausgeflogene Pendel nicht mehr zuläßt, während es selbst davon Vortheil gezogen hat. Es läßt sich übrigens durch zweckmäßige bauliche Anordnung des Beobachtungsraumes immer leicht für eine einwurfsfreie Aufstellung des Uhrwerkes, oder des Regulators allein, sorgen. — Das Federpendel kann hängend oder stehend verwandt werden.

Der Refractor in Straßburg und die im Wesentlichen gleichen Instrumente in Mailand [Fig. 54] und Pulkowa (Ersatz für die Aufstellung von Merz & Mahler) enthalten noch einige Neuerungen. Zunächst die Ablesung eines oberen Stundenkreises vom Ocular her; sie geht durch eine Bohrung der Declinationsachse, mit drei Brechungen in Prismen, und erhält Beleuchtung auf dem selben Wege von der Lampe beim Ocular. — Weiter wurden die Gegenfedern bei den Stellschrauben beseitigt; sie hatten sich bei größeren Kräften als unzweckmäßig erwiesen, weil sie sehr lang und stark sein mußten, um zu genügen, und dann der große Widerstand in der einen Richtung (gegen die Feder) unbequem war. Die Schrauben wurden statt dessen am Gewindeende durch ihre in einem starken Doppelgelenk bewegliche, mit Klemmschrauben gegen todtten Gang versehene Mutter mit dem Klemmarm verbunden, am anderen Ende aber kugelförmig gestaltet und in einem Klauenlager gegen den zu verstellenden

¹⁾ Hermann Struve, geb. Pulkowa 1854, Dir. Obs. Königsberg, später Berlin.

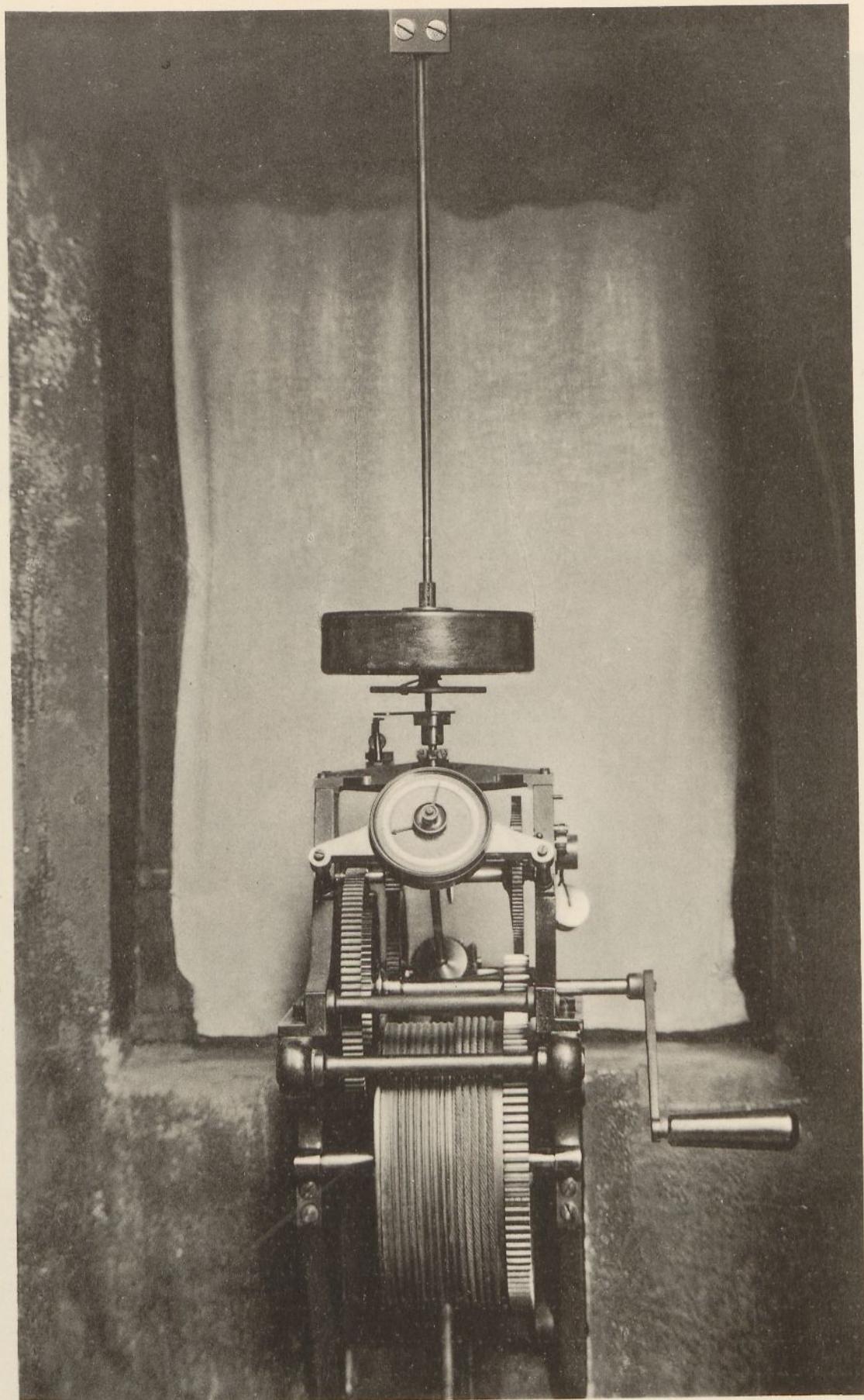


Fig. 53

Rundlaufender Federpendel-Regulator, Straßburg 1879, ca. $1/6$ n. Gr.

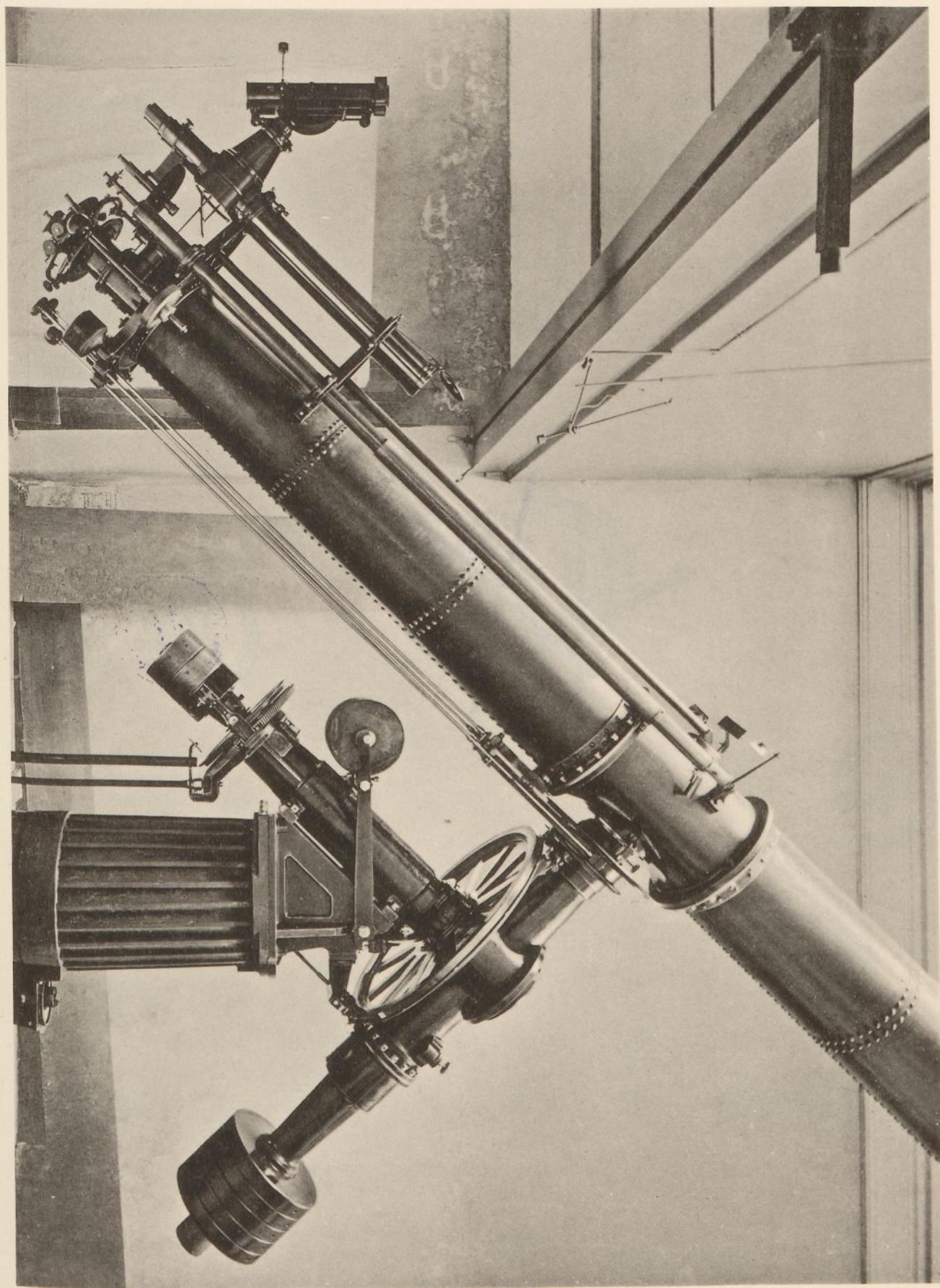
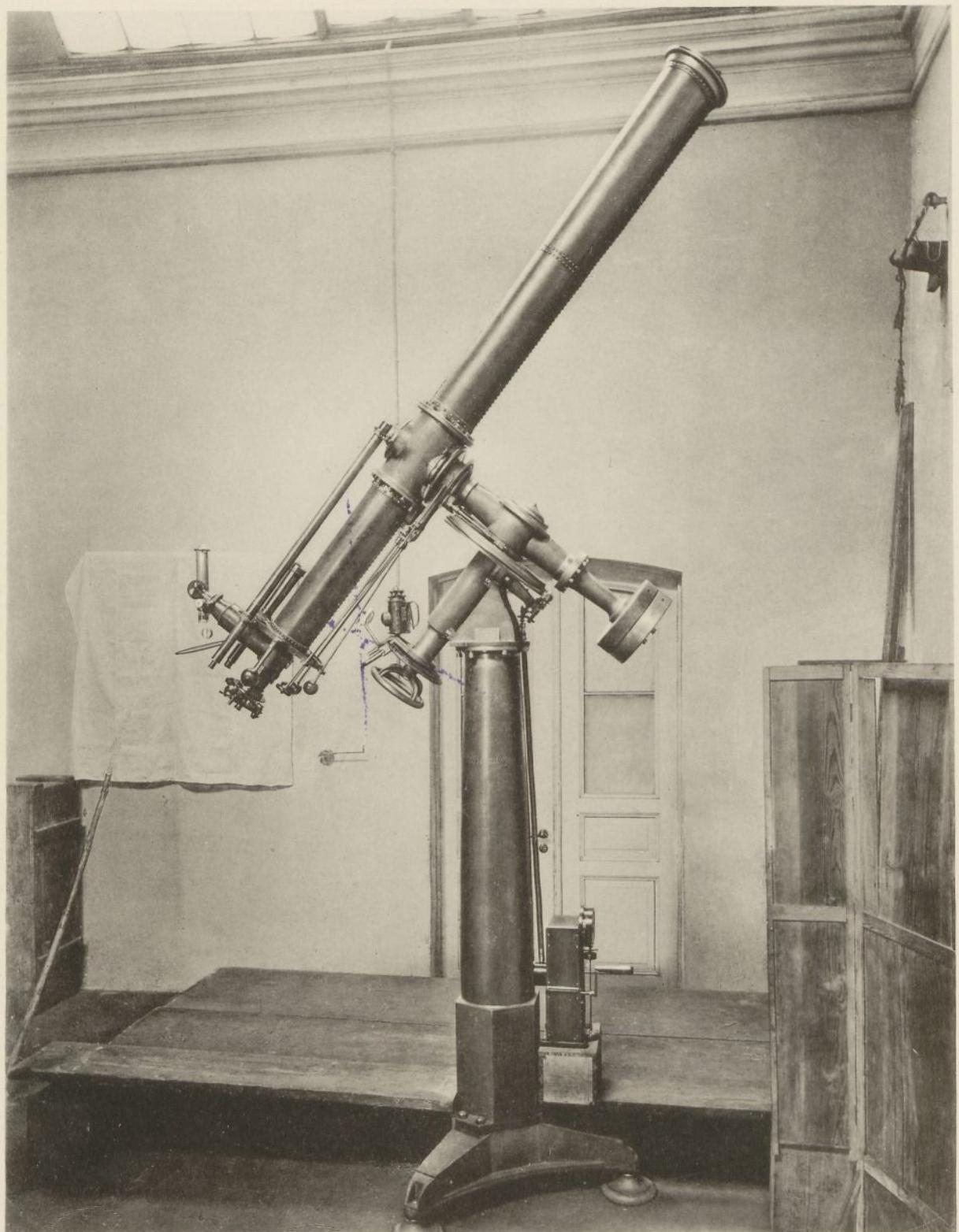


Fig. 54

21^f-Refractor, Mailand 1881.

Fig. 55



9^f-Refractor, W. Engelmann 1891.

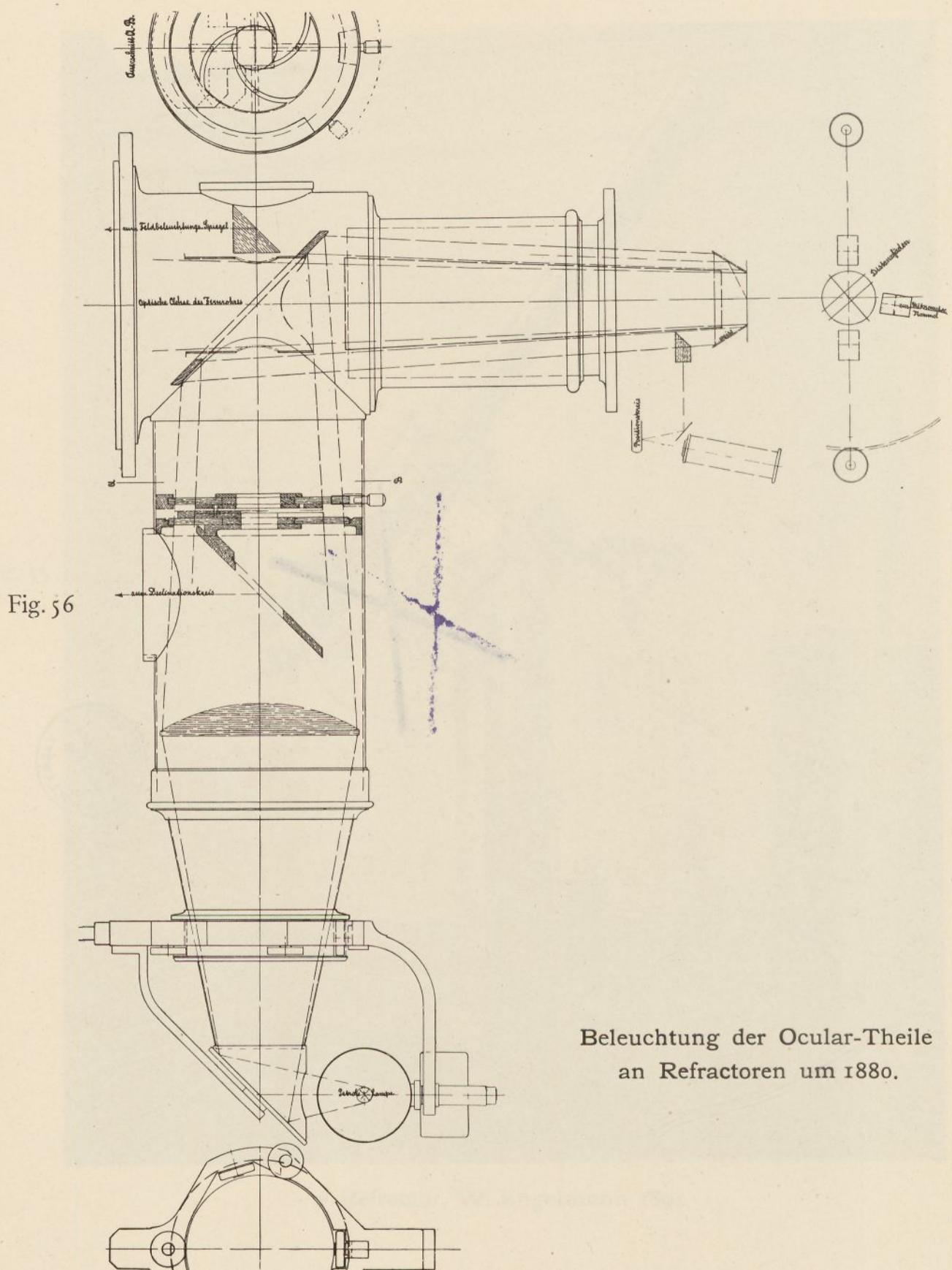
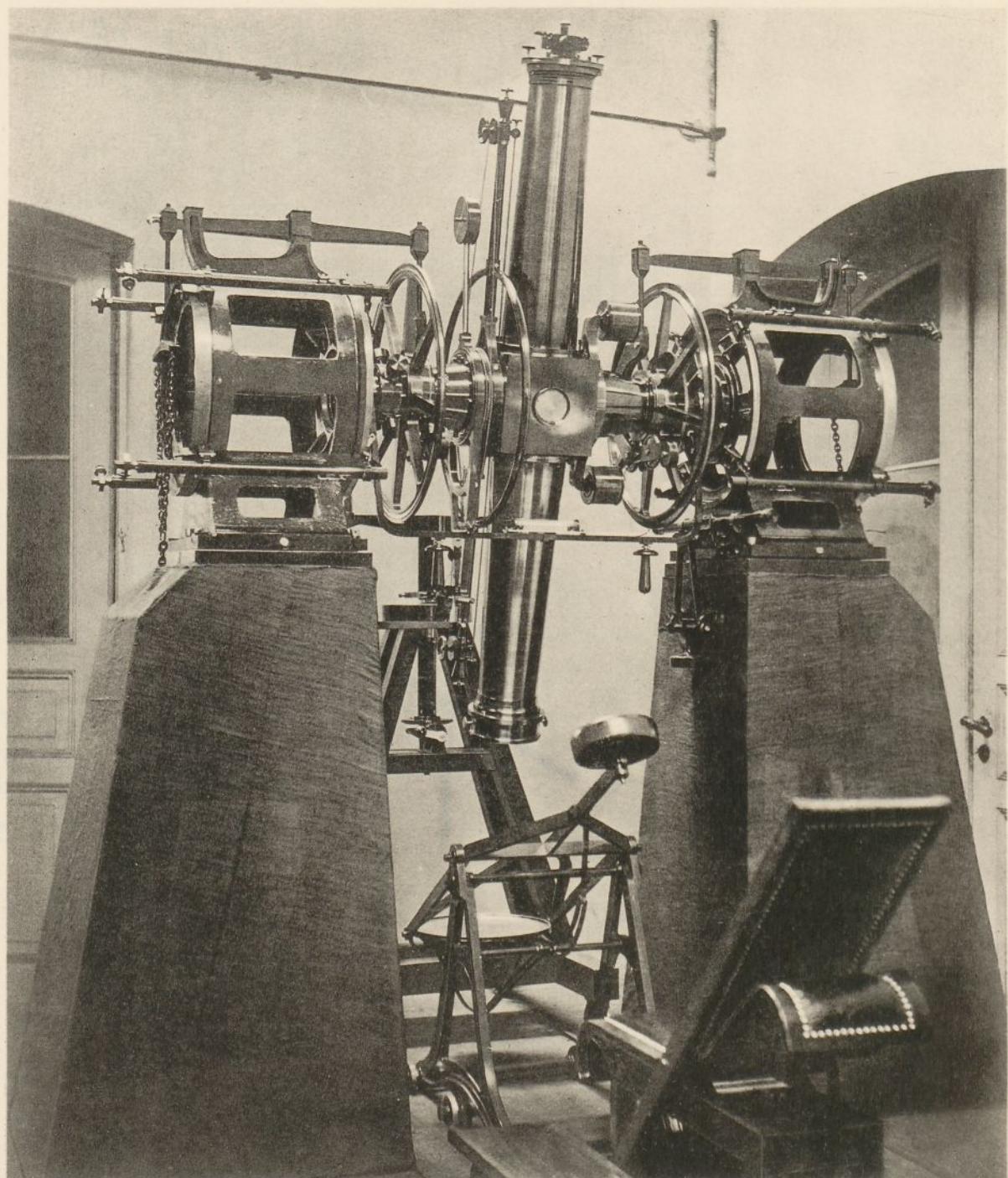
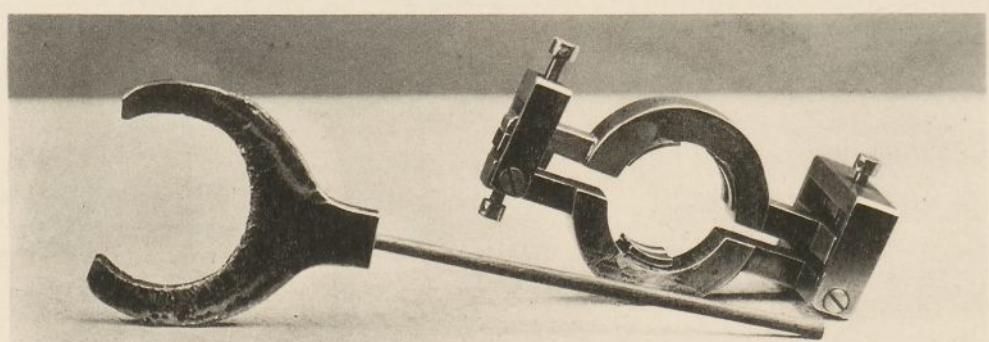


Fig. 57



Meridiankreis, 6^f Brennweite, Straßburg 1877.

Fig. 58



Fester Taster und Schleifkluppe.

Instrumenttheil (Fernrohr oder Declinationsbüchse) gehalten. Man kann so, da alle Lagerungen der Schraube und auch der Mutter mit Spannschrauben versehen sind, alle wesentlichen Theile so einstellen, daß die Schlotterung aufgehoben wird, die Reibung aber thunlichst gering bleibt. — Entsprechend dem vollkommener regulirten Uhrwerk wurde, statt eines Sectors, der volle Uhrkreis wieder eingeführt, weil dieser für die Herstellung und Erhaltung eines gleichmäßigen Gewindeganges große Vortheile bietet. — Ein Fernrohr von Stahlblech, statt des bisher verwandten Messingblechs, empfahl sich im Anschluß an die übrigen Stahl- und Eisenkörper der Aufstellung. Um seinen Schwerpunkt dem ersten Lager der Declinationsachse möglichst nahe zu bringen, erhielt es die Form eines durchgehenden Kegels, natürlich mit zunehmenden Blechstärken gegen das gußeiserne Mittelstück hin; auch ein Anschnitt dieses trommelförmigen Gußstückes wirkte in dieser Richtung und gab zugleich einen guten Anschluß an die Declinationsachse. — Einstellung und Ablesung im Stundenwinkel vom Fußboden aus waren durch die Größe des Instruments bedingt. — Die Positions-Mikrometer für Straßburg und Pulkowa bekamen Druck-Apparate zum Registrieren der Schraubentrommeln, ähnlich dem in Fig. 40 wiedergegebenen.

[Fig. 55] zeigt einen 9-füßigen Refractor von 1881, der bei sonst sehr einfacher Bauart und ohne Gewichts-Aufhebung die in den letzten Jahren an größeren Instrumenten eingeführten Verbesserungen enthält: die vier Schlüssel am Fernrohr, das auf dem Fußboden aufgestellte, durch eine sehr leichte Rohrwelle mit der Uhrschraube verbundene Federpendel-Uhrwerk und die Beleuchtung der Ocular-Theile durch eine Lampe; die Vertheilung des Lichtes läßt die Zeichnung [Fig. 56] erkennen.

Die parallaktischen Aufstellungen waren um 1880 in ihrer Construction einstweilen zu einem gewissen Abschluß gelangt. Die Meridiankreise aber hatten 1874 einige Umgestaltungen erfahren, die theilweise auf Winnecke's Anregung eingeführt wurden. Winnecke hielt zur besseren Temperatur-Ausgleichung für wünschenswerth, den Theilkreisen massive Metallkörper ähnlicher Form gegenüberzustellen, und es wurden deshalb große eiserne Pfeilerköpfe verabredet, welche die Mikroskope und auch die Lager der Achse tragen sollten [Fig. 57]¹⁾). Der Durchmesser der Theilkreise wurde etwas kleiner angenommen, als bisher üblich, 0^m,65 in der Theilung bei einem Fernrohr von 6^z Oeffnung, 6^f Brennweite. Der eine Kreis wurde von 2' zu 2' getheilt, der andere in volle Grade und nur vier dieser Grad-Intervalle, in Abständen von 90°, von 2' zu 2'. Dieser zweite Kreis ist durch Zahnrad und Trieb auf der Achse drehbar, zur Anwendung der von Martins vorgeschlagenen (A. N. 69, 123) Vereinfachung der Hansen'schen Ablesung (A. N. 17, 49 ff). — Die Mikroskope mußten, der Form der Pfeilerköpfe wegen, lang werden und bekamen an beiden Enden sicheren Halt an den Pfeilerköpfen. Zur Erleichterung der Bestimmung der Theilungsfehler kann

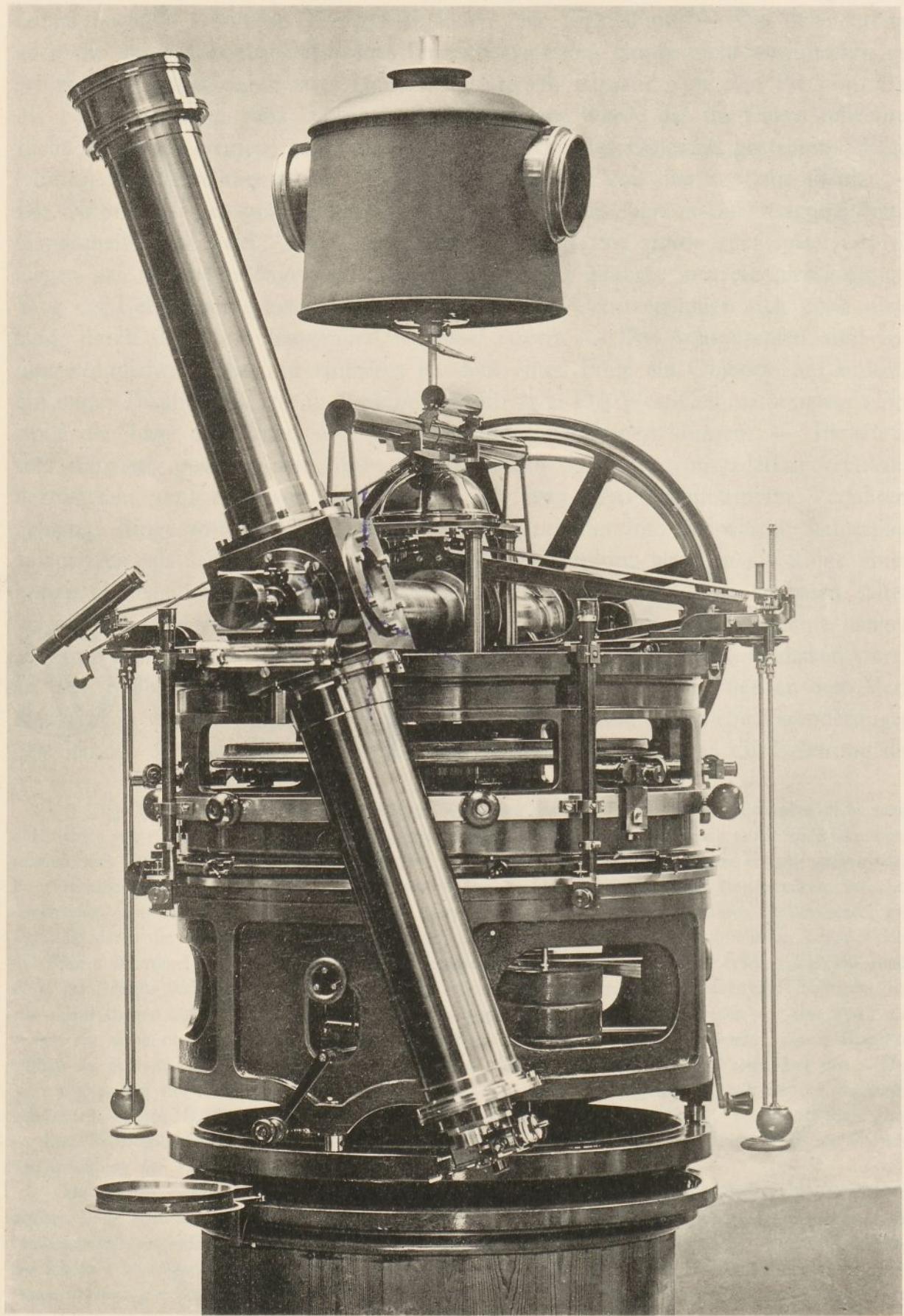
¹⁾ Winnecke bemerkt dazu (V. J. S. 10, 298): »Nachdem die Pläne für den Meridiankreis längst feststanden, erhielt ich nähtere Nachricht über den neuen Meridiankreis der Sternwarte des Harvard College. Der selbe zeigt manche Aehnlichkeit mit dem Straßburger Instrument.« Der Meridiankreis in Cambridge wurde im Sommer 1870 aufgestellt, Winnecke's Vorschläge sind von 1873; es ist aber nach den vorstehenden Worten anzunehmen, daß die in den beiden Instrumenten vorkommenden Aehnlichkeiten unabhängig von einander entstanden sind. Das trifft auch für die Ausführung zu.

das eine der Mikroskop-Objective durch ein nach Art der Heliometer durchschnittenes ersetzt werden. Zwei gebrochene, vor der inneren Fläche der Pfeilerköpfe horizontal liegende schwache Mikroskope dienen zur Einstellung. — Die Beleuchtung, auch die des Feldes des Fernrohres (Fadenbeleuchtung wurde nicht gewünscht), geschieht wie bisher durch zwei Lampen in großem Abstand von den Pfeilern. Um die Feldbeleuchtung ganz centrisch zu bekommen, wurde das im Cubus reflectirte Licht auf einen kleinen, gegen die hinterste Fläche des Objectivs geklebten Spiegel (von ca. 10^{mm} Durchmesser) geworfen und gelangt erst von hier aus zum Ocular. — Die Declinations-Feinstellung geschah Anfangs vermittelst Schnur-Uebertragung durch Handscheiben an zwei Armen neben dem Fernrohr; sie wurde aber später, da sie wegen des federnden Zuges der Schnüre nicht ganz genügte und ein zweckmäßiger Weg der Uebertragung ausschließlich durch Zahnrad-Uebersetzungen sich noch nicht fand, durch die alten, hängenden Schlüssel ersetzt. — Die Achsenzapfen sind von ungewöhnlicher Dicke und enthalten an dem einen Ende ein Objectiv, am anderen ein enges Diaphragma, die in Verbindung mit zwei Ost-West-Collimatoren zur Controlle der Lage der Achse, auch zur Zapfenprüfung dienen können. — Es würde sehr schwierig gewesen sein, diese großen Zapfen durchweg von tadelloser Härtung herzustellen, und es erwies sich hier das seit etwa 1870 angenommene Verfahren, gehärtete Ringe von wenigen Millimetern Dicke mit Zinnloch auf weiche Stahlzapfen aufzusetzen, als sehr nützlich. Bei vorsichtiger Behandlung behalten die Ringe einen hohen Härtegrad von großer Gleichmäßigkeit; tiefgehende Sprünge kommen selten vor¹⁾. — Die Gegengewichtshebel ruhen auf den Pfeilerköpfen, die Gewichte hängen aber im Keller. Während des Umlegens der Achse werden die Rollenhaken durch an dem Fußboden befestigte Ketten heruntergehalten (wie es um 1860 an dem Meridiankreis in Altona eingeführt worden war, nachdem sich merkliche Veränderungen des Standes der Lager nach dem Umlegen gezeigt hatten), so daß die Belastung der

¹⁾ Ungefähr von derselben Zeit an wurde die vorläufige Bearbeitung der harten Stahlzapfen nicht mehr durch einen wie ein Drehstahl verwandten Diamanten bewirkt, sondern durch eine rasch umlaufende Schmiergelscheibe, die, im Support der Drehbank befestigt, an dem langsamer umlaufenden Zapfen entlang geführt wird. Zur Vollendung der Cylinderflächen dienten, nach wie vor, Schleifkluppen mit drei Kupferbacken, zwischen denen jede Abweichung des Zapfens von streng cylindrischer Form sich beim Umlaufen fühlbar macht und allmählig durch die Wirkung des Schmiergels verschwindet, und einfache gerade Kupferfeilen, durch welche mit feinem Schmiergel eine gleichmäßige Politur hergestellt wird. Zur schließlichen Prüfung auf kreisrunde Form und gleiche Dicke dient der alte, aber wie es scheint, wenig bekannte feste Taster ohne Schraube, nur aus einem starken Stahlbügel bestehend, von dessen gegen einander gekehrten Enden das eine zwei, das andere nur einen rundlich polirten Vorsprung zeigt [Fig. 58]. Diese Vorsprünge werden durch Hammerschläge an dem mittleren Theil des Bügels auf solchen Abstand gebracht, daß der Taster, mit den beiden Vorsprüngen des einen Endes auf dem Zapfen ruhend, mit einem sehr geringen Druck an der wagerecht gehaltenen leichten Handhabe rechtwinklig zur Achse hinübergeführt werden kann. Bei großer Einfachheit ist dieses Prüfungsmitel von fast unbegrenzter Empfindlichkeit, wenn es von feinfühliger Hand mit Vorsicht und Beachtung der Temperatur-Ausgleichung benutzt wird.

Ein ähnlich einfaches und nützliches Hülfsmittel zur Prüfung einer Schraube in Bezug auf einen periodischen Gang stammt aus diesen Jahren. Es besteht aus einem einfachen langen Holzstab, in welchem das Muttergewinde eingeschnitten ist und der durch Fadenauflängung am Ende verhindert wird, der Rundbewegung der Schraube zu folgen. Er wird also bei ruhigem Drehen der fehlerfreien, gleichmäßig steigenden Schraube langsam, aber gleichmäßig vorrücken, während ein periodischer Fehler, d. i. eine Ungleichmäßigkeit der

Fig. 59



Altazimuth, 5^f Brennweite, Straßburg 1879.

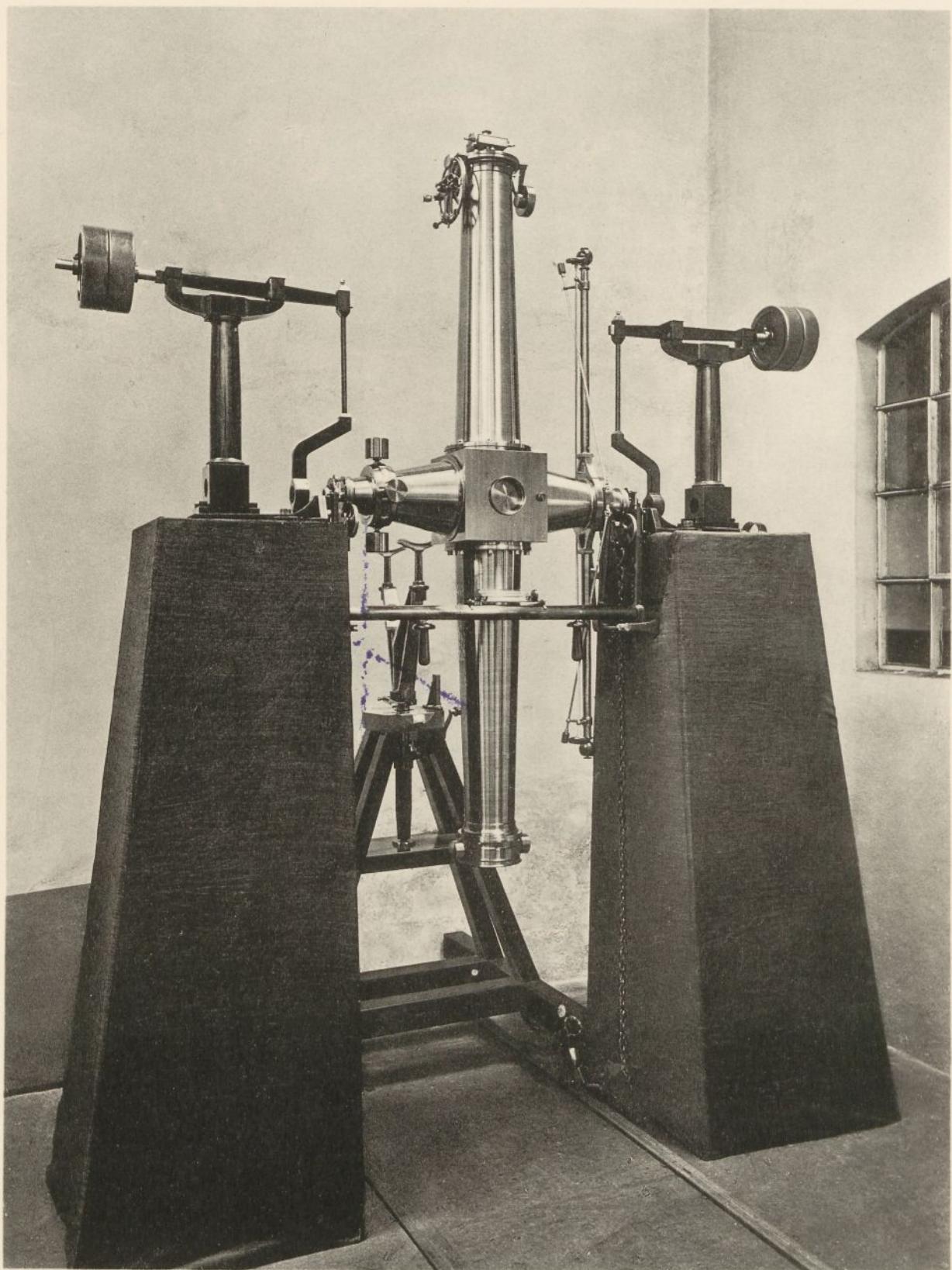
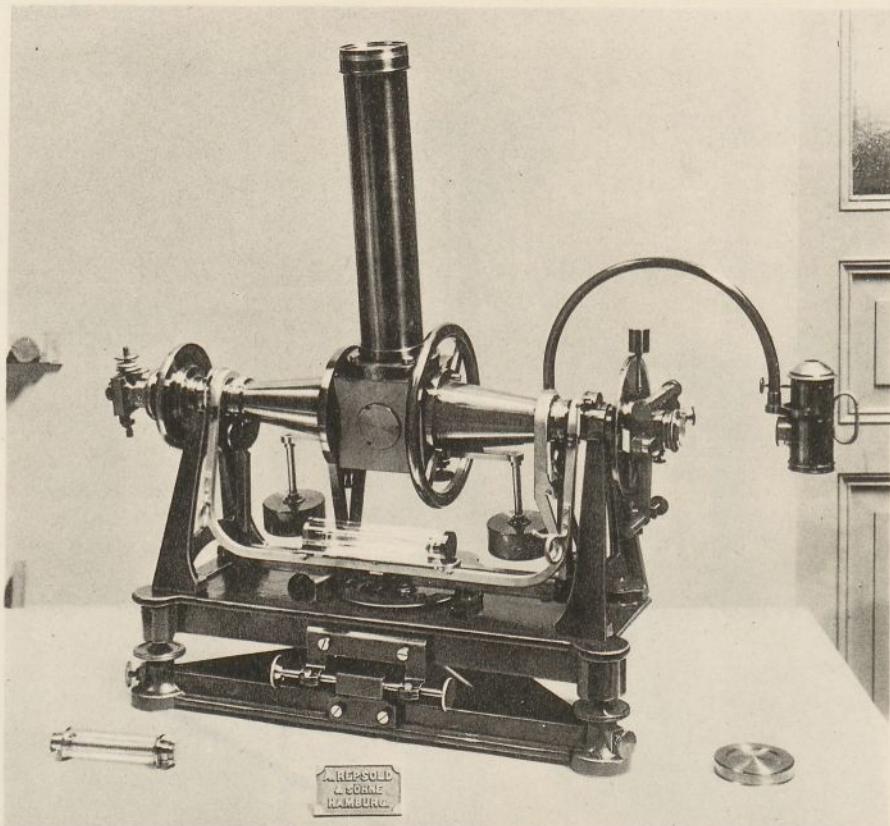


Fig. 60

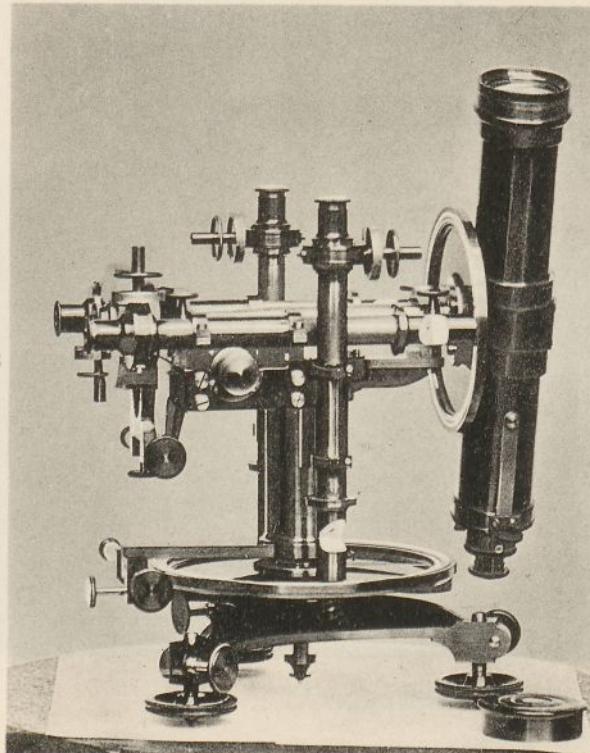
6^{1/2}f-Durchgangs-Instrument, Japan 1881.

Fig. 61



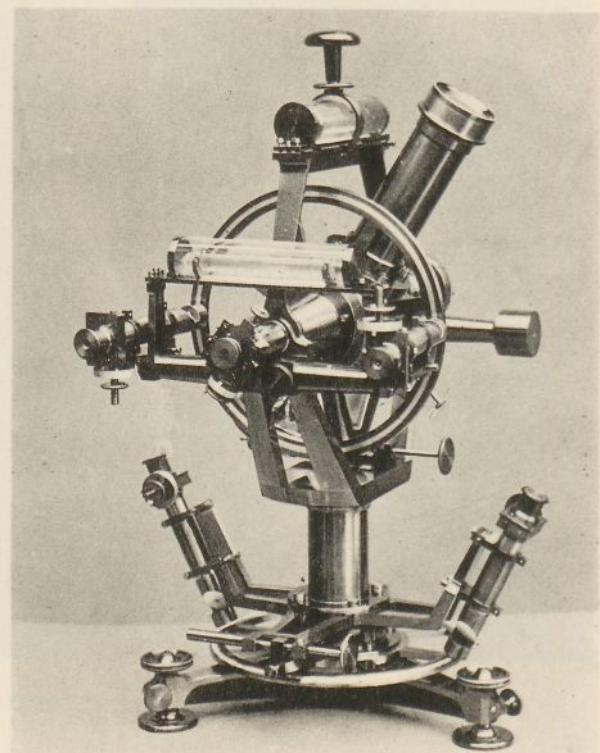
30°-Durchgangs-Instrument mit Horrebow-Einrichtung, 1874.

Fig. 62



15°-Universal-Instrument, 1876.

Fig. 63



18°-Universal-Instrument, 1880.

Pfeiler unverändert bleibt. — Der Träger des Achsen-Niveaus wurde, um möglichste Leichtigkeit zu erzielen, als ein Stahlbügel einfachster Form, ohne Schweifung in der Mitte und ohne Gegengewichte, ausgeführt und stützte sich gegen zwei Anschläge an den Pfeilerköpfen mittelst eines nur in der Mitte des Bügels drehbar gehaltenen Doppelarmes; die Reibung auf den Zapfen wurde überdies durch federnde Rollen wesentlich vermindert. Der Bügel war aber doch zu empfindlich und wurde später durch eine frei hängende Rohr-Construction ersetzt. — Zur Beobachtung reflectirter Sternbilder ist ein eiserner, auf isolirten Schienen laufender Bock mit einem großen, in Höhe verstellbaren Quecksilber-Horizont vorhanden. — Die Meridian-Miren wurden, nach Kaiser's Vorgang, vom Beobachtungsraume aus beleuchtet, doch konnte eine wesentliche Vereinfachung dadurch erreicht werden, daß ein Spiegel nahe hinter der durchbohrten Mirenplatte parallel zu dieser angebracht wurde und so die zweite Reflexion fortfiel. — Um die Miren im Mikrometer deutlich erscheinen zu lassen, wurden nicht Linsen auf den Collimator-Pfeilern verwandt, sondern eine kleine Linse hinter dem Mikrometer, die mit sicherer Führung leicht in den Strahlenkegel geführt werden kann.

Bei späteren Wiederholungen dieses Meridiankreises wurde auf die Ablesung nach Hansen und, mit einer Ausnahme (Brüssel 1878), auch auf den Achsen-Collimator verzichtet; so auch bei einer ähnlichen kleineren Größe, von $4\frac{1}{2}^{\text{z}}$ Oeffnung, $4\frac{1}{2}^{\text{f}}$ Brennweite (für Wilhelmshaven u. a. O.), bei welcher die Gegengewichte über den Pfeilern angebracht wurden.

Das 1879 für Straßburg vollendete Altazimuth von 5^{z} Oeffnung, 5^{f} Brennweite war eine Vervollständigung des Durchgangs-Instruments für alle Verticale von 1863, Fig. 38, besonders durch größere Kreise und schärfere Ablesung. — Die großen Ringflächen der Azimuth-Drehung erfordern aufmerksame Oelung und gelegentliches Abheben durch die Gegengewichts-Hebel, um nicht durch Ansaugen zu schwer beweglich zu werden [Fig. 59].

Ein einfaches Durchgangs-Instrument (Japan 1881) von $6\frac{1}{2}^{\text{f}}$ Brennweite wurde in den Lagern entlastet durch nahe den Enden der Achse angreifende Rollenhaken, die in der Richtung Ost-West gekröpft sind und es dadurch möglich machen, die Achse umzulegen, ohne mit dem Bock zwischen den Pfeilern herauszufahren. Klemme und grobe Feinstellung sind mit einem Handarm verbunden und können jederzeit leicht erreicht werden [Fig. 60].

Die tragbaren Durchgangs-Instrumente wurden meist von 30^{l} Oeffnung und ohne Azimuthalkreis gebaut, nur mit großer Azimuth-Stellung auf dem Untersatz [Fig. 61]; aber es wurde für die Anwendung der von Horrebow für Römer's Perpendiculum

Steigung innerhalb eines Umganges, ein Schwanken der Mutter und damit eine ruckweise Bewegung des Stabendes verursacht, die bei genügender Länge sehr auffällig ist. — Ein in dieser Weise angegebener Fehler, der meistens auf Verbiegung zurückzuführen ist, muß im Wesentlichen durch Nachrichten der Schraube gehoben werden; ein letzter kleiner Fehler wird am besten durch Schleifen des Gewindes in einer klemmbaren Metallmutter beseitigt, die durch eine nicht zu kurze Verlängerung Führung an einem cylindrischen Theil des Schraubenschaftes hat. Es empfiehlt sich, die Schraube von vorn herein danach einzurichten. — Ein fortschreitender Fehler wird am besten auf der Längen-Theilmaschine ermittelt.

correspondentium eingeführten Methode »reciproker« Höhenmessungen (Horrebow, *Opera mathem.-physica*, Havniae 1741, 3, 352 ff.) Sorge getragen. Zu dem Zwecke kann das Alidaden-Niveau des Aufsuchkreises gegen ein feines Niveau vertauscht und die Alidade auf der Achse unmittelbar festgeklemmt werden; das Mikrometer wurde um 90° drehbar gemacht. — Der Träger des hängenden Niveaus besteht jetzt aus einem gebogenen Stahlbügel, der sich bewährt hat.

An kleineren Instrumenten waren inzwischen neu entstanden: ein compendiöses Universal-Instrument für die preußische Landesaufnahme unter Schreiber¹), 1875 [Fig. 62], von 15¹ Oeffnung, und eine im Wesentlichen dem größeren Universal-Instrument Fig. 34 nachgebildete Verkleinerung, doch ohne Umlegung und von 18¹ Oeffnung, 1880 [Fig. 63].

Reversions-Pendel wurden jetzt meist von $\frac{3}{4}$ Schwingungszeit hergestellt, mit sehr wesentlich verstärkter Aufstellung des Lagers, die aber später dennoch störendes Mitschwingen zeigte und besondere Sicherungen nöthig machte [Fig. 64].

Bei einem 1876 vollendeten Basis-Apparat für die U. S. Lake Survey [Fig. 65] wurde, zum großen Theil in Folge der guten Resultate, welche bei den spanischen Vermessungen mit dem Brunner'schen Apparat erzielt worden waren, der frühere Grundsatz, stets mindestens zwei der messenden Theile unberührt stehen zu lassen, aufgegeben, um eine größere Einfachheit des Apparates zu erreichen. Es durfte das um so eher geschehen, als man nur in seltenen Fällen mit Sicherheit würde sagen können, ob der eine oder der andere der ruhenden Theile Anlaß zu einer nachträglich beobachteten Verstellung gegeben hat²). Es wurde deshalb nur eine Meßstange unter einzelnen Mikroskopen fortgelegt, die natürlich auf besonderen Böcken senkrecht aufgestellt und mit horizontalen Schiebungen in zwei Richtungen versehen sein mußten, während die Stange sich in der Neigung dem Erdreich anschließen durfte. Die Stange wurde so eingerichtet, daß sie an beiden Enden unter den Theilungen aufliegt (wie schon bei Porro), an dem einen in einer Senkung für eine Halbkugel am tragenden Bock, am anderen mit zwei Rollen, von denen die eine eingekerbt ist und seitliche Führung giebt. Die Böcke sind dementsprechend alle mit einer Halbkugel und einer Doppelbahn für die Rollen versehen, so daß sie für beide Fälle dienen können und für jede Lage der Stange nur ein Bock vorgerückt zu werden braucht. — Die Meßstange hat im Uebrigen die selbe Einrichtung, wie die des Apparats für Java (vorn S. 28), doch sind die Theilungen auf Glas durch solche auf Platin ersetzt worden. Da die Theilflächen zum Zwecke der Beleuchtung nicht seitlich geneigt sein

¹⁾ Oscar Schreiber, Hannover 1829—1905, General.

²⁾ Es ist hier nachzutragen, daß das Verfahren, eine einzelne Meßstange unter getrennt aufgestellten Mikroskopen fortzulegen, schon 1797 von Tralles (Joh. Georg, Hamburg 1763 — London 1822) und Haßler (Ferdinand Rudolf, Aarau 1770 — Boston 1843) in der Schweiz zur Anwendung gekommen ist (Wolf § 327; Jordan, *Handbuch der Vermessungskunde*, Stuttgart 1877, 2, 104). Die einfache Meßstange von 8^m Länge war hier an den flachen Enden durchbohrt und mit Spinnfäden versehen. Die ebenfalls mit Spinnfäden versehenen Mikroskope hatten je zwei halbe, concentrisch neben einander angebrachte Objective verschiedener Brennweite, von denen das eine den Faden der Stange, das andere eine tiefer am Stativ des Mikroskopbocks befestigte Elfenbein-Platte mit Strichkreuz sichtbar macht. Der Apparat soll eingehender beschrieben sein in »F. R. Haßler, *Papers on various subjects connected with the Survey of the Coast of the United States*«, Philadelphia 1824.

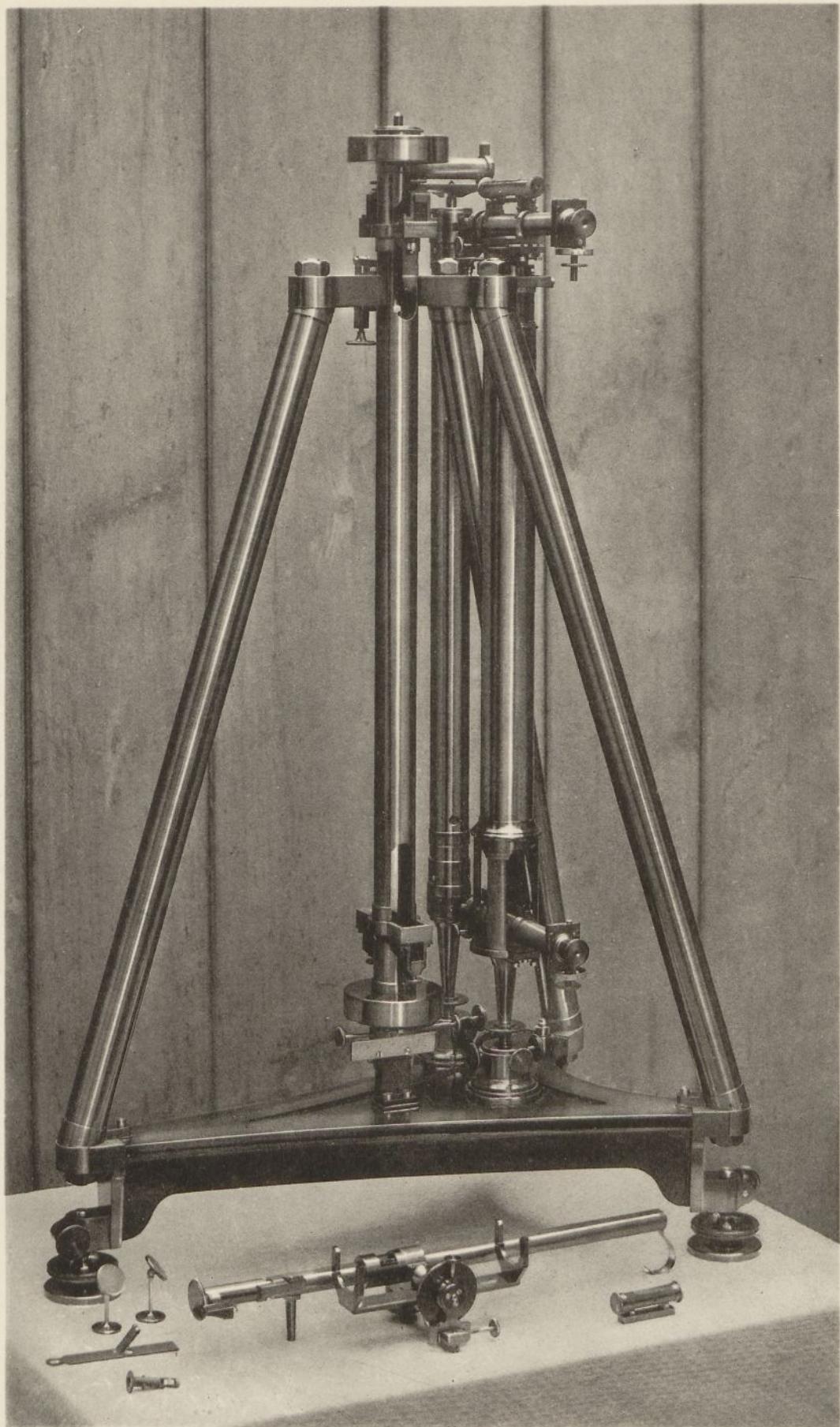
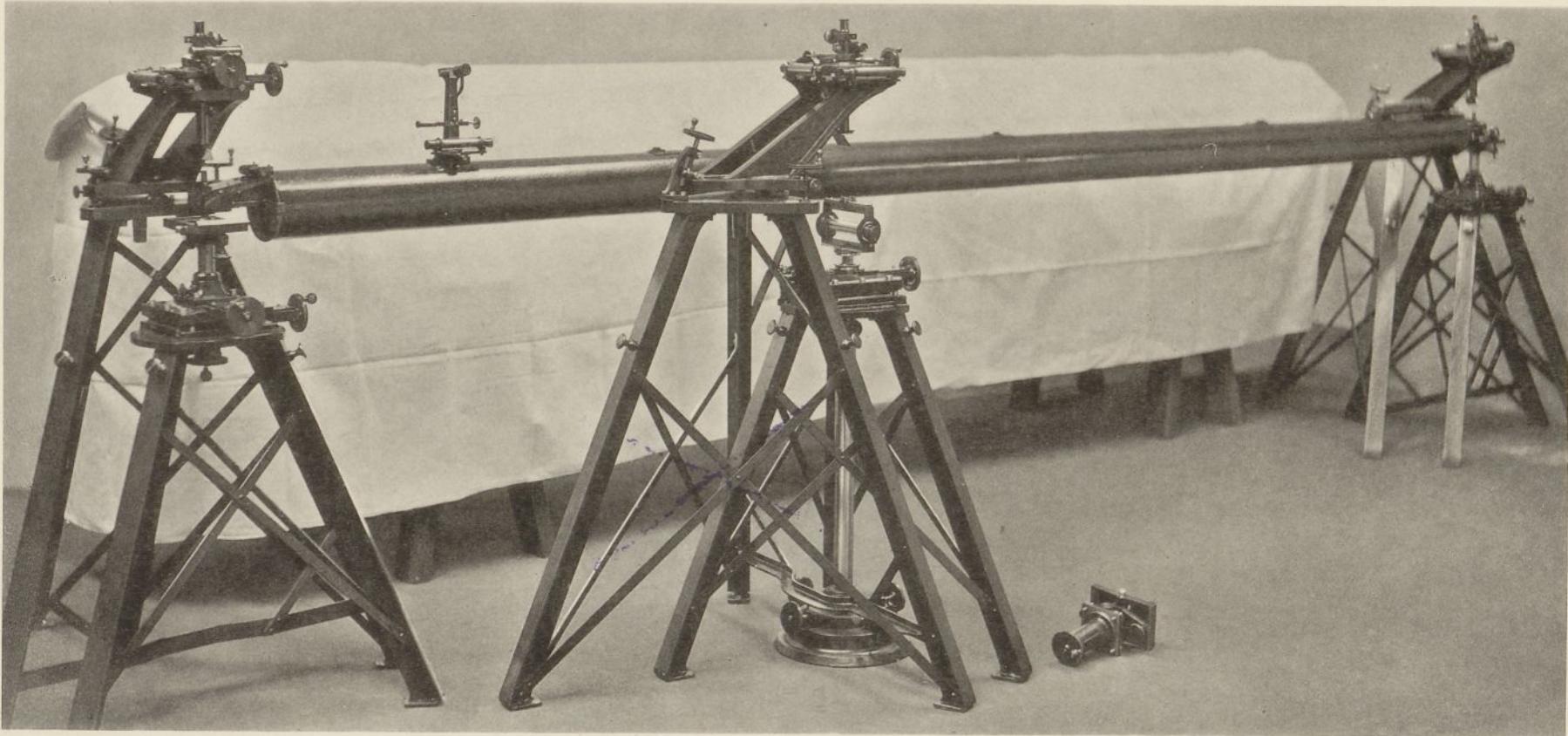


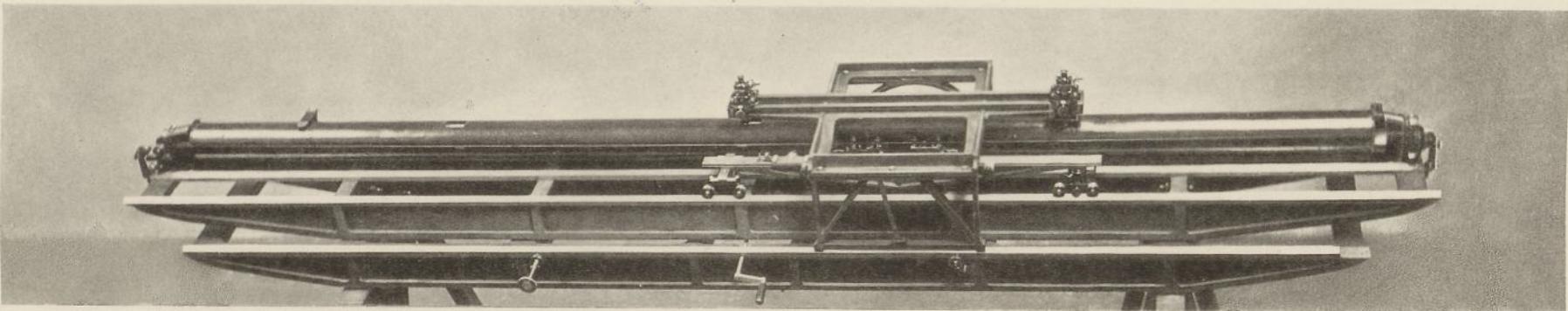
Fig. 64

$\frac{3}{4}$ s.-Reversionpendel-Apparat, 1878.

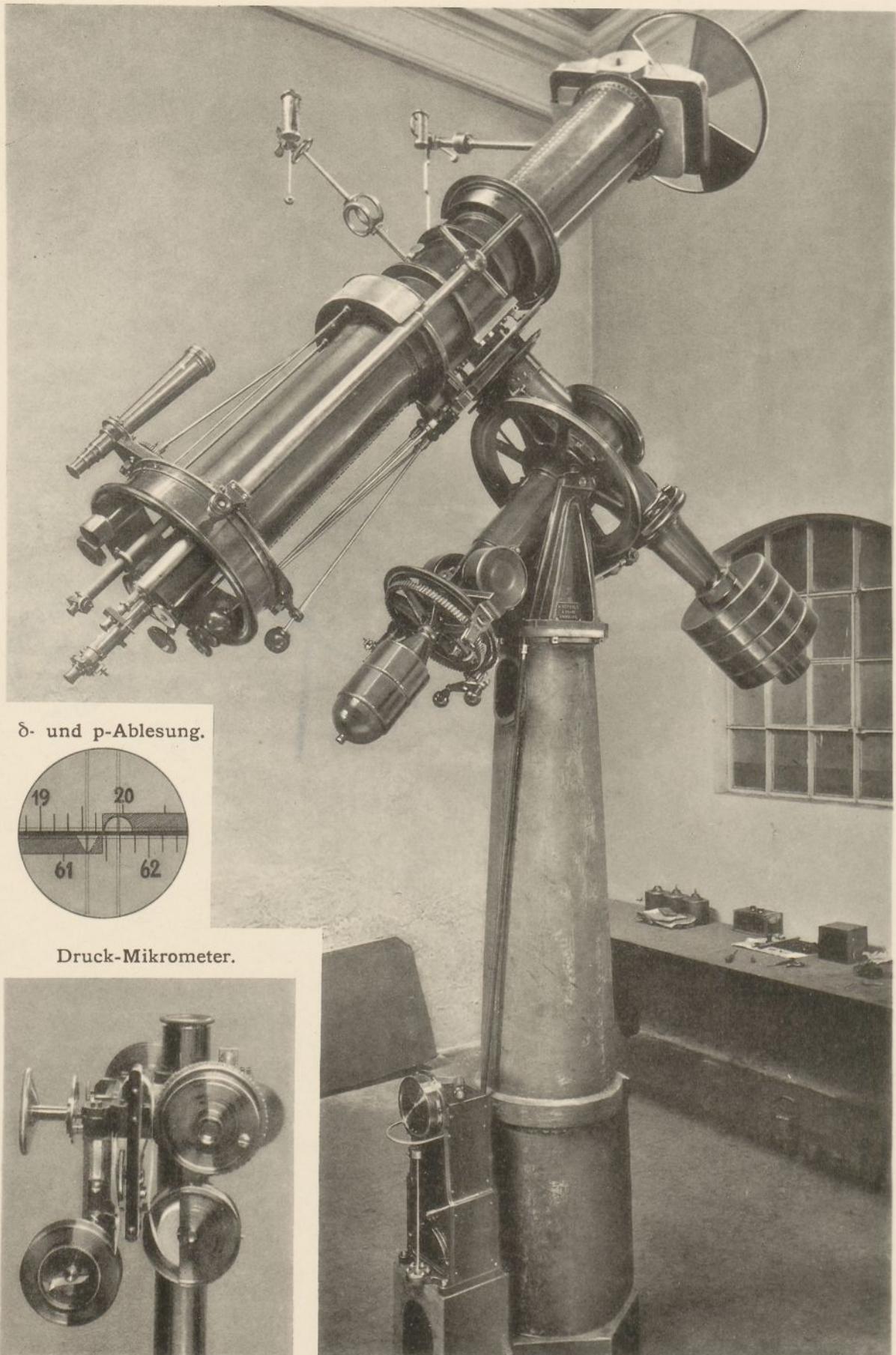
Fig. 65



Meßstange, Böcke und Absetz-Cylinder,



Comparator.



8^f-Heliometer, New-Haven 1882.

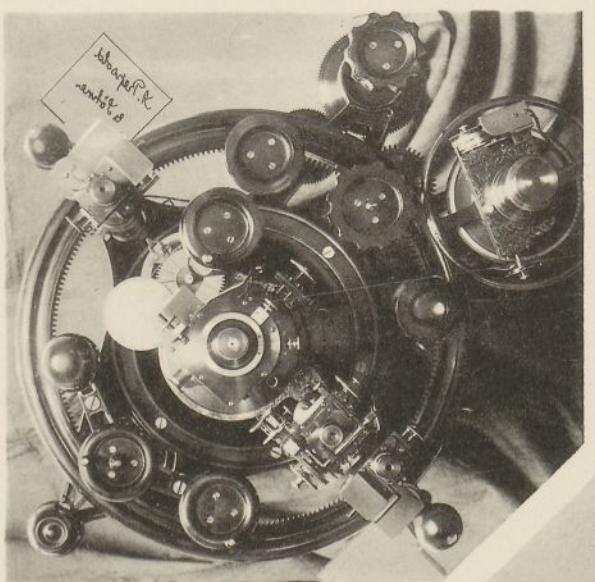
durften, wurden gute Deckgläser in 45° vor den Objektiven angebracht, die das von einem Spiegel am Mikroskopbock wagerecht einfallende Himmelslicht senkrecht auf die Theilflächen werfen und gute Beleuchtung ohne Beeinträchtigung der Bilder geben. — Dem Apparat wurde ein Comparator beigegeben zur Vergleichung der Meßstange, sowohl mit einem Normalmaß gleicher Länge, als auch mit einem Meterstab. Das auf zwei Pfeilern aufzustellende Eisen-Rahmwerk hat auf der Oberfläche zwei Querbahnen, auf welchen ein oberer schmälerer, aber annähernd gleich langer Rahmen mit vier Rollen (der Wagen) durch Schraube und Kurbel zwischen Anschlägen hin und her gefahren werden kann. Der Wagen bietet Raum für zwei Maßstäbe von den Abmessungen der Meßstange neben einander. Die Meßstange ruht nur an den Enden auf, wie beim Gebrauch im Felde; für den Meterstab ist daneben eine Bahn hergerichtet, auf welcher er beliebig zu verstellen ist. — Die zur Vergleichung dienenden beiden Mikroskope können entweder im Abstande von einem Meter an einem hohen Träger befestigt werden, der sich auf den bearbeiteten Langflächen des unteren Rahmens verstehen lässt, oder sind auch in 4^{m} Abstand anzuordnen, indem eins an dem Träger über dem einen Endpunkt aufgestellt bleibt, das andere aber an einem besonderen starken Bügel über dem anderen Endpunkt hergerichtet wird. — Um die Mikroskope in allen Lagen so einrichten zu können, daß ihre Objectpunkte in der selben geraden Linie stehen, sind an beiden Enden des Wagens Haltungen für einen durch Gewicht straff zu spannenden Seidenfaden hergerichtet worden. Man hat damit zugleich ein Mittel der Prüfung, ob auch die einzelnen Meterpunkte der Meßstange genügend in einer Linie liegen. — Der ganze Apparat wird von einem Holzgehäuse umschlossen, das während der Messungen an Ort und Stelle bleibt (Professional Papers, Corps of Engineers U. S. A., 1882).

Mit dem Jahre 1880 beginnt die Periode der neueren Heliometer, meist von 6^{z} Oeffnung, 8^{f} Brennweite, von denen das erste für das Yale-College, New-Haven, bestimmt war und 1882 fertig wurde [Fig. 66]. — Es wäre bei diesen größeren Maßen nicht mehr zweckmäßig gewesen, das Fernrohr aus einem cylindrischen Messingrohr herzustellen, wie bei den kleineren Instrumenten; es besteht aus Stahl und Eisen und zwar in drei Theilen: 1. einem in dem hohlen cylindrischen Kopf der Declinationsachse, als seiner Büchse, drehbaren gußeisernen Mittelstück von möglichst engem Durchmesser, 2. dem nach dem Objectiv zu conisch weiter auslaufenden Objectivrohr, darin das Scalen-Mikroskop und der Schlüssel der Objectivschiebung, welche beide auch innerhalb des Mittelstückes bleiben, aber an dessen Ende heraustreten, und 3. dem erheblich engeren cylindrischen Ocularrohr, welches dem Mikroskop und dem Schlüssel den zweiten Halt giebt und mit ihnen innerhalb eines weiten, an dem Kopf der Declinations-Achse befestigten Rohres drehbar ist. Dieses äußere Rohr trägt alle festen Theile nahe dem Ocular, besonders einen Sucher, die Rohre zur Positions-Ablesung und die vier Schlüssel der parallaktischen Bewegung; es trägt außerdem, zwischen vier Rollenlagern laufend, einen großen Handring mit innerer Verzahnung, durch den man vermittelst zweier Uebersetzungen dem Rohr eine bequeme Positions-Bewegung geben kann. Für langsamere Drehung ist gesorgt durch einen vom Ocular her anzuziehenden Klemmring nahe der Drehungsbüchse mit einer ebenfalls vom

Ocular her zu bewegenden Stellschraube. — Die Ablesung des am oberen Ende des Fernrohr-Mitteltheils angebrachten Positions Kreises ist mit der Declinations-Ablesung in der Weise zusammengelegt worden, daß in jedem der beiden auf den Positions-Kreis gerichteten langen Mikroskope vor einem ersten Objectiv die parallel austretenden Strahlen durch ein rechtwinkeliges Prisma zur Hälften auf den Declinationskreis abgeleitet und die beiden halben Büschel durch zwei weitere Objective auf die Theilungen der beiden Kreise zusammengezogen werden. Man sieht diese also, je mit einem Index und durch geeignete Blendschirme begrenzt, neben einander im Gesichtsfelde des Mikroskops, in welchem durch die selbe Schraube zwei Doppelfäden bewegt werden (siehe seitwärts im Bilde). Beim Messen hat man sich auf die Indices zu beziehen, um den Einfluß von Biegungen in den langen Mikroskopen unschädlich zu machen. — Der Objectivkopf ist im Allgemeinen den früheren ähnlich, obgleich in der Form abweichend; die Objectiv-Schieber gehen jetzt auf der äußeren Fläche des Rohrkopfes. — Die Ausgleichung der Helligkeiten geschieht durch ein leichtes Rad mit sechs Speichen in Siebentheilung; ein Fach von zwei Siebenteln genügt, um beide Objectivhälften bei größter gegenseitiger Verschiebung frei zu lassen; die kleineren Fächer, von je einem Siebentel, sind abwechselnd mit Drahtgitter, in drei verschiedenen Abstufungen, überzogen. Durch einen zum Ocular führenden Schlüssel kann man die eine oder die andere Hälfte abblenden; das Rad fängt sich durch federnde Anschläge in den geeigneten Stellungen, die beim Ocular durch einen Indicator angegeben werden. — Die Beleuchtung der Theilungen geschieht durch zwei kleine, in Compagnielenken hängende Oellampen, die durch vorgesetzte Prismen in allen Lagen brauchbar sind. — Die parallaktische Aufstellung ist für veränderliche Polhöhe eingerichtet und konnte daher nicht die senkrechte Entlastungs-Rolle bekommen; es ist statt ihrer eine rechtwinkelig unter die Achse wirkende Rolle auf einem unter der Büchse hängenden Hebel angebracht; der Längenschub wird durch eine feste Rolle über dem unteren Lager aufgenommen.

Nachdem Elkin¹⁾ einige Zeit an dem Heliometer beobachtet hatte, äußerte er den Wunsch, die Ablesung des Scalen-Mikroskops durch eine Registrirvorrichtung ersetzt zu sehen. Auf Grund der früheren ähnlichen Apparate gelang es, einen wesentlich kleineren herzustellen (s. unten im Bilde), bei welchem statt der langen Scheerenhebel eine mehrgängige Schraube den Druck gab. Obgleich die Benutzung dieser Schraube nur wenig Kraft erfordert, müßte man befürchten, daß ein Abdruck, wenn er zwischen den Ablesungen der einen und der anderen Scala erfolgte, die Messung fälschen könnte. Dies Bedenken konnte durch einen Umweg gehoben werden, der zugleich eine Vereinfachung mit sich brachte: Das Mikrometergehäuse wurde auf einer Grundplatte durch eine besondere Schraube, gleicher Steigung wie die Mikrometerschraube, im Sinne der Messung beweglich gemacht und mit einem festen Faden (oder Fadenpaar) neben dem beweglichen versehen. Wenn man dann zunächst durch die Gehäuse-Schraube den festen Faden auf die eine Schiebertheilung einstellt, darauf den Mikrometerfaden auf die andere, so giebt ein Abdruck die gesuchte Beziehung zwischen den beiden Theilungen unter der Voraussetzung, daß sich der Nullpunkt des Mikrometers für einige

¹⁾ William L. Elkin, ?, Dir. Obs. New-Haven.



Ocular-Kopf.

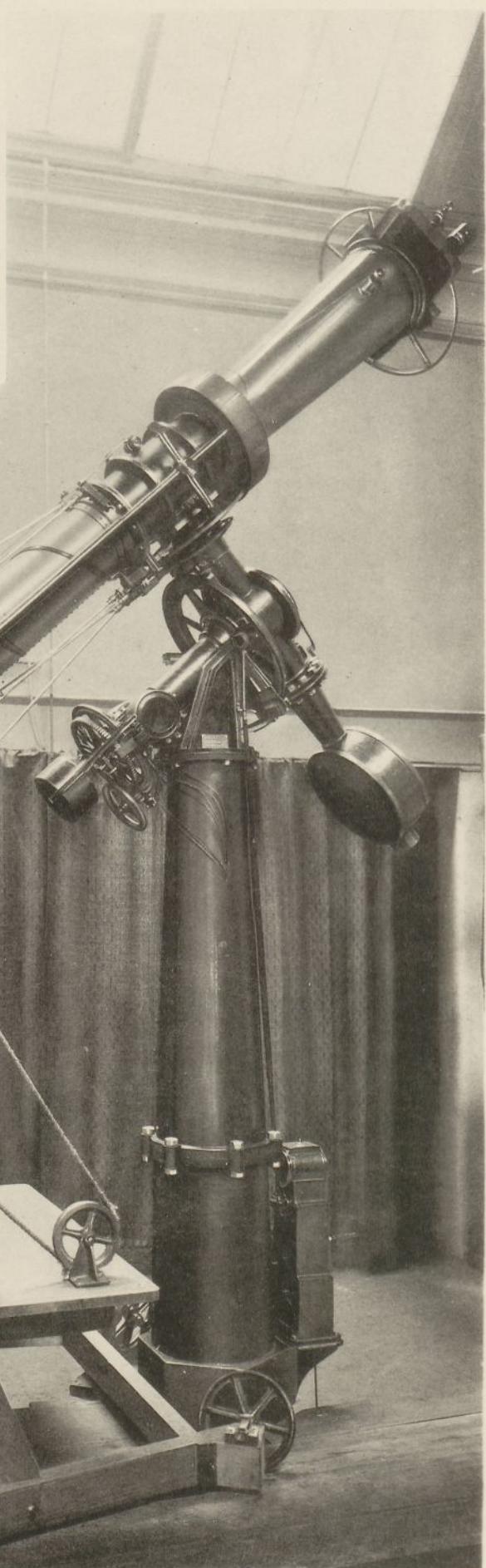
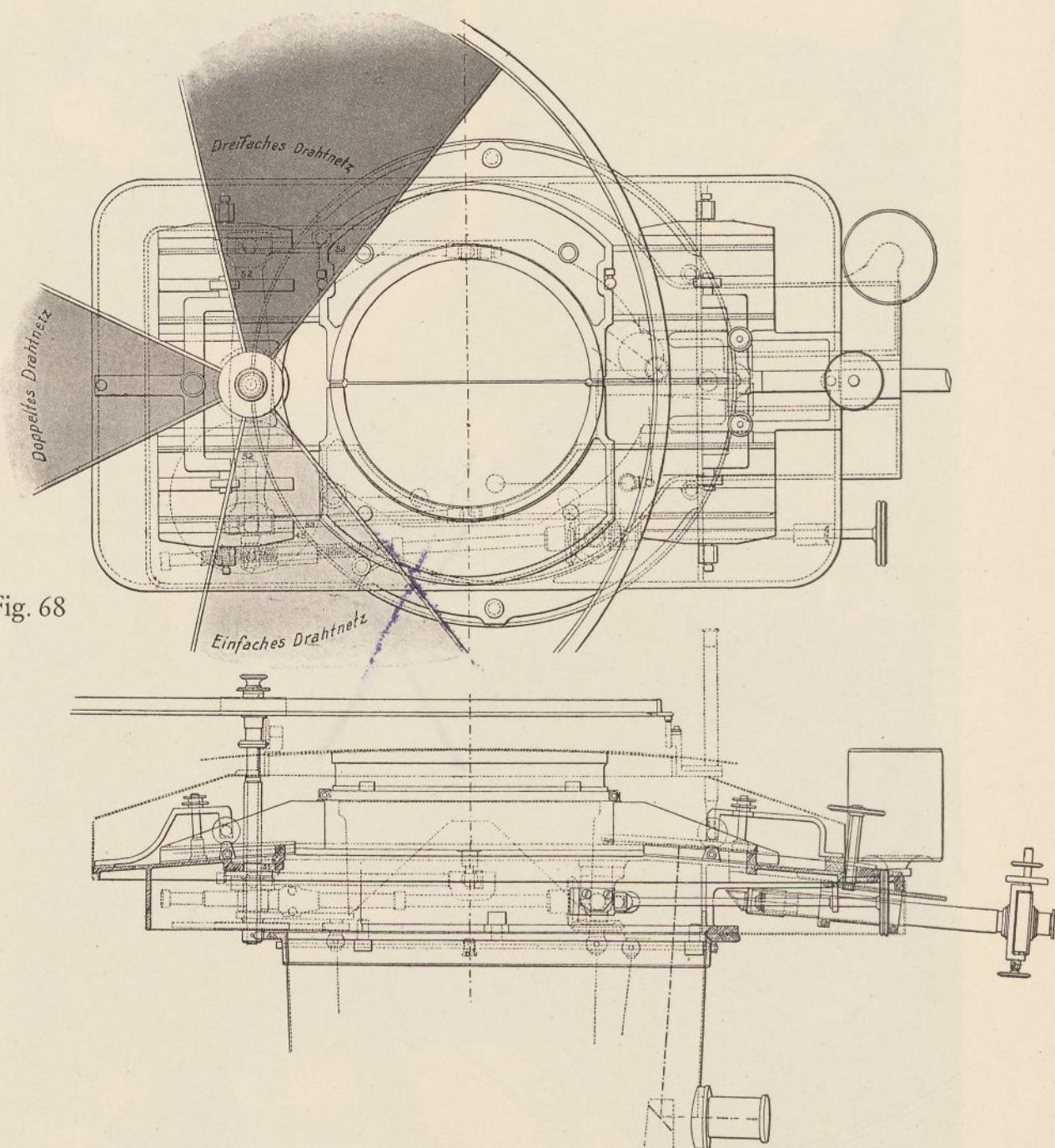


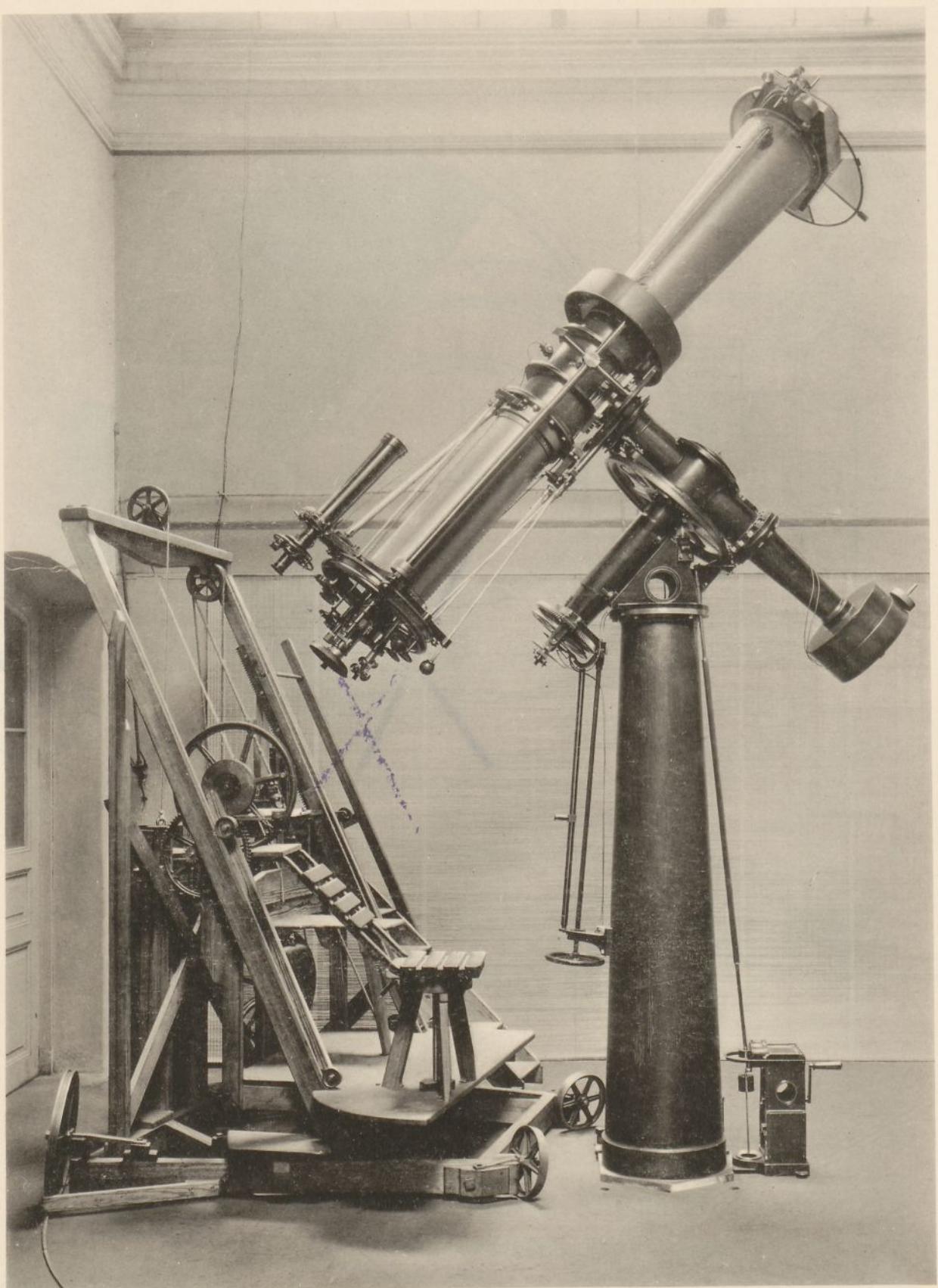
Fig. 67

8^f-Heliometer, Cap-Sternwarte 1887.



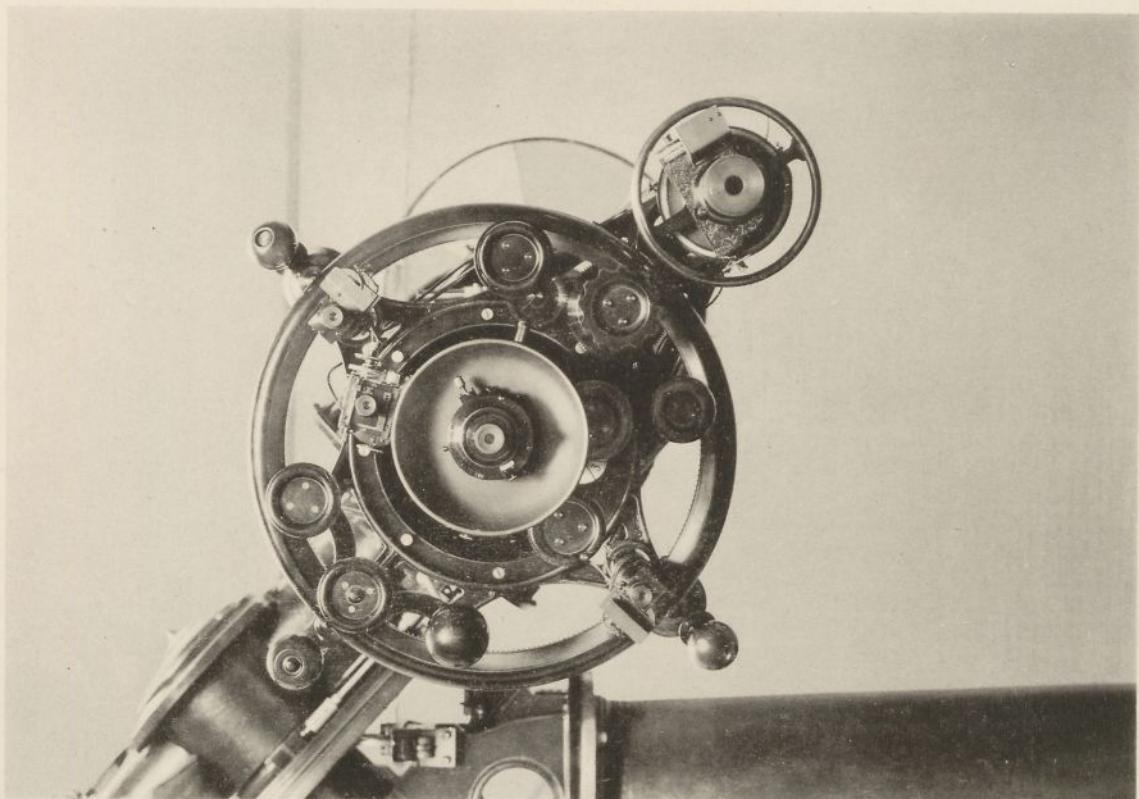
Objectivkopf des Heliometers der Cap-Sternwarte, 1887,
nach den in »Engineering« 1890 wiedergegebenen Werkzeichnungen, ca. 1/4 n. Gr.

Fig. 69



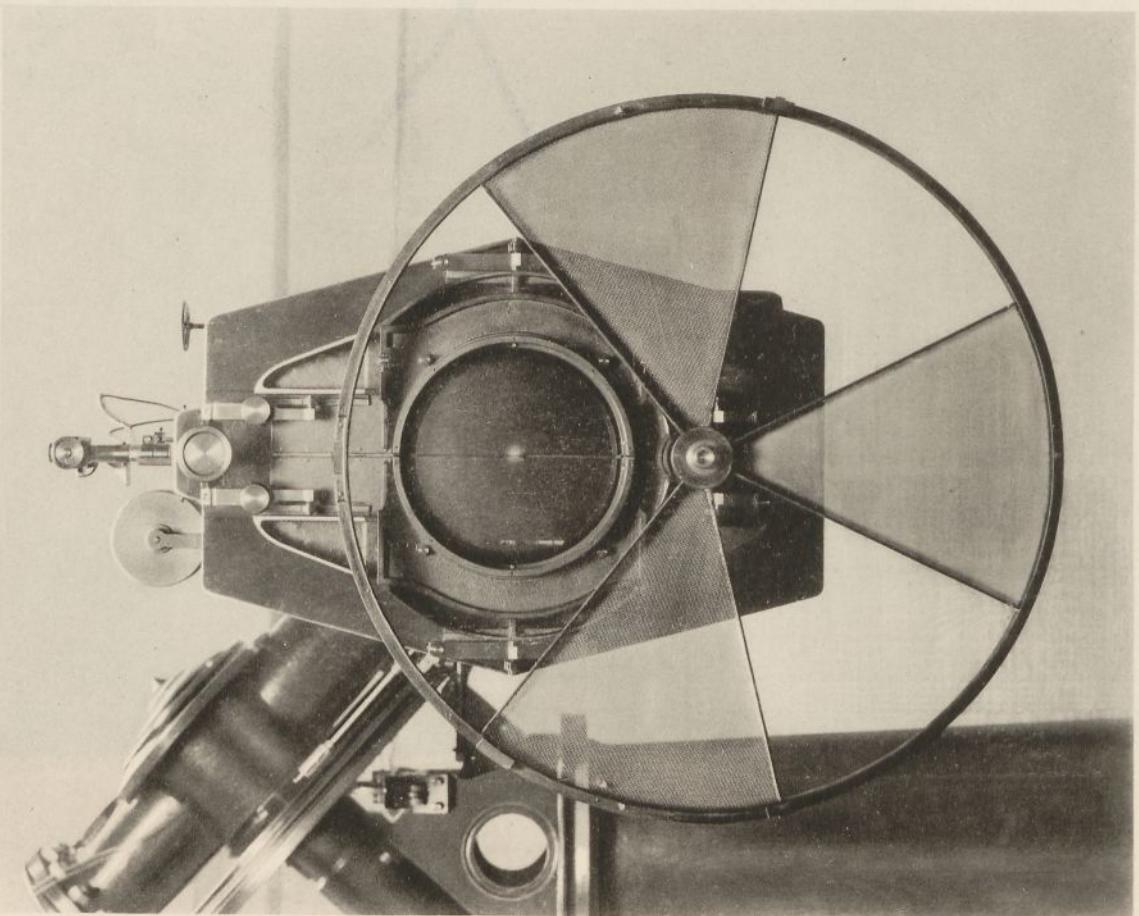
$9\frac{1}{2}$ -f-Heliometer, von Kuffner-Sternwarte, Wien 1894.

Fig. 70



Ocular-Kopf des Heliometers Wien.

Fig. 71



Objectiv-Kopf des Heliometers Wien.

Zeit nicht verändert. Das hat sich bestätigt, kann übrigens jederzeit leicht geprüft werden. Die Gehäuse-Schraube braucht keinen Theilkopf zu haben.

Das im Ganzen ähnliche, 1886 vollendete Heliometer für Leipzig, von nur 6^f Brennweite, erhielt am Objectivkopf eine zu den Theilflächen concentrische Bahn, auf welcher ein besonderes Mikrometer-Mikroskop zum Zwecke der Untersuchung der Theilungen durch ein Trieb beliebig verschoben werden kann. Es hat kein Registrir-Mikrometer; dagegen bekam es elektrische Beleuchtung der Theilungen. Um hängende Drähte zu vermeiden, wurden die Leitungen mit Gleitcontacten durch die der Länge nach durchbohrten Achsen geführt. — Die elektrische Beleuchtung wurde nun allgemein die Regel, und die früheren Beleuchtungs-Einrichtungen, bei denen das Licht einer großen Lampe möglichst weithin und vielseitig ausgenutzt wurde, waren großentheils entbehrlich, weil nun die Möglichkeit bestand, kleine Lichtkörper mit geringer elektrischer Spannung überall dort anzubringen, wo es am zweckmäßigsten geschehen konnte. Im Allgemeinen wurde dabei angenommen, daß jedes Licht nur so lange brennt, als es benutzt wird; es mußten also überall die Einschalter bequem zur Hand sein. Kleine Kohlenplatten-Widerstände gaben, wo es nötig war, bequeme Dämpfung.

Für das 1887 vollendete Heliometer der Cap-Sternwarte [Fig. 67] hatte Gill¹⁾ photographische Registrirung der Scalen-Ablesungen gewünscht; da indeß ein in Potsdam geprüfter Versuchs-Apparat keine befriedigenden Resultate gab, das Registrir-Mikrometer sich aber inzwischen bewährt hatte, wurde dieses auch hier eingeführt. Für die Positions-Bewegung wurde noch eine mittlere Stufe der Geschwindigkeit eingeführt, und der Sucher erhielt ein besonderes kleines Positions-Mikrometer mit zwei durch eine Schraube mit rechtem und linkem Gewinde gleichzeitig entgegengesetzt und symmetrisch zur Mitte beweglichen Fäden (etwas nach Townley, I, 42), weil Gill die Beobachtung neuer Objecte im Kleinen vorzubereiten wünschte. — Zur noch vollkommenen Beherrschung der gegenseitigen Abblendung der beiden Objecte (außer durch das Blendrad) wurde eine hinter dem Objectiv hängende, radial ausgeschnittene Blendklappe eingeführt, die beliebig zur einen oder anderen Seite geneigt oder durch Mittelstellung unwirksam gemacht werden kann. — Die nach den Zeichnungen der Werkstatt hergestellten Copien des »Engineering« (1890, 3/1) [Fig. 68] geben einen näheren Einblick in das Instrument; s. auch Annals of the Cape-Observatory 7.

Es folgten 1888 die wesentlich dem vorigen gleichen, doch in einigen Punkten einfacheren und für eine feste Polhöhe bestimmten Heliometer für Göttingen und Bamberg, dann 1894 das durch seine Größe (8^z Oeffnung, 9^f,3 Brennweite) und eine verbesserte Form der Objectivschieber sich unterscheidende der von Kuffner'schen Sternwarte in Wien [Fig. 69/71] (Publicationen der von Kuffner'schen Sternwarte 4). — Die bei den vorigen Heliometern und andern kleineren parallaktischen Instrumenten der Polhöhen-Aenderung wegen angewandte Aufhebung der Stundenachse durch zwei zu einander rechtwinkelige Rollen hatte sich wieder der einen senkrechten Rolle gegenüber als minderwerthig erwiesen. Diese wurde um so mehr die Regel.

Die den Heliometern beigegebenen Fahrstühle waren ähnlich dem des Hamburger

¹⁾ David Gill, geb. Aberdeen 1843, Obs. Dunecht, Dir. Cap-Sternwarte.

Repsold, Astronomische Meßwerkzeuge.

Aequatoreals, doch wesentlich verbessert. Das breite Standbrett gestattet dem Beobachter die nöthige Beweglichkeit, um alle Theile des Instruments erreichen zu können, und der Drehbock am Ende des Standbrettes genügt auch in den tiefsten Lagen des Oculars.

In den Anfang dieser Heliometer-Periode (1882—84) fiel die Ausführung des 14^m-Refractors für Pulkowa [Fig. 72]. Die Grundzüge der Construction blieben die früheren, doch bedingte die Größe manche Abweichung. Vor Allem empfahl es sich, das Fernrohr nicht nur im Stundenwinkel vom Ende der Stundenachse aus einstellbar zu machen, sondern auch in Declination. Die Declinationsachse bekam deshalb in der Mitte ein Zahnrad und einen kleinen Theilkreis, und die Stundenachse wurde weit durchbohrt. Eine in dieser Bohrung laufende hohle Welle dient als Transmission von einem Handrad an der Säule zu dem Zahnrad der Declinationsachse und ist zugleich als Ableserohr für den kleinen Declinationskreis eingerichtet. Die Beleuchtung giebt ein in den Strahlenkegel gestelltes Planparallel-Glas, welches von einer an der Säule aufgestellten Lampe Licht zur Theilung reflectirt. Ganz in der Nähe befindet sich das Handrad für Stunden-Einstellung, so daß man von einem kleinen Aufbau hinter der Säule aus beide Coordinaten einstellen kann. — Die große Rolle hat insofern eine zweckmäßige Anordnung bekommen, als das sie tragende und umfassende Lagerstück ihrer Zapfen an dem einen Ende mit einer Spitze unmittelbar auf dem Säulenkopf ruht, so daß am anderen Ende durch einen Gegengewichts-Hebel im Innern des Kopfes nur die Hälfte des nöthigen Druckes anzuheben ist. — Die Stunden-Feinstellung wurde auf Otto Struve's Wunsch (der wohl auf alter Gewohnheit an der Münchener Aufstellung des 21-füßigen Refractors beruhte) für möglichst unbeschränkte Nachführung in täglicher Bewegung eingerichtet, und zwar in der Weise, daß auf dem Uhrkreise statt einer Klemme, ein zweiter, ähnlicher Kreis mit Gang ohne Ende auf Rollen läuft, der durch eine Klemmbacke auf dem Uhrkreise festgehalten werden kann und durch eine eingelagerte Schraube mit der Declinationsbüchse in Verbindung steht. Wenn die an einem Arm centrisch geführte Klemmbacke gelöst wird (durch Vermittlung des zweiten Zahnringes der Declinationsbüchse), so springt sie durch Federung auf ihren Ausgangspunkt zurück, und nach Klemmung ist die Stellschraube sogleich wieder brauchbar. Man erreicht durch diese etwas complicirte Einrichtung (die nicht wiederholt worden ist) nur, daß man nie in den Fall kommt, die Stunden-Stellschraube zurückzuschrauben; aber das würde auch bei den gewöhnlichen neueren Aufstellungen nicht vorkommen. — Die Beleuchtungen am Fernrohr giebt eine Petroleumlampe in der bekannten Weise (vorn Fig. 54, 56), nur wird der Lichtbüschel, außer für Feld, Fäden, Mikrometer-Trommeln und die drei Kreise, auch zur Beleuchtung eines elektrischen Zifferblattes, sowie eines Spectroskops verwandt, auf dessen Anbringung Rücksicht genommen wurde [Fig. 73]. Die Trommeln des Positions-Mikrometers sind mit einem Druck-Apparat versehen. — Die Säule besteht aus mehreren Ringtheilen und einer conischen, ringsum aufliegenden Grundplatte. Die Azimuth-Berichtigung geschieht von einem der Ringe gegen den anderen; die Polhöhe wird am Kopf berichtet. — Das Uhrwerk [Fig. 74] ist an der Ringmauer befestigt und durch Rohr-Transmissionen unter dem Fußboden mit dem Instrument verbunden. Das Feder-

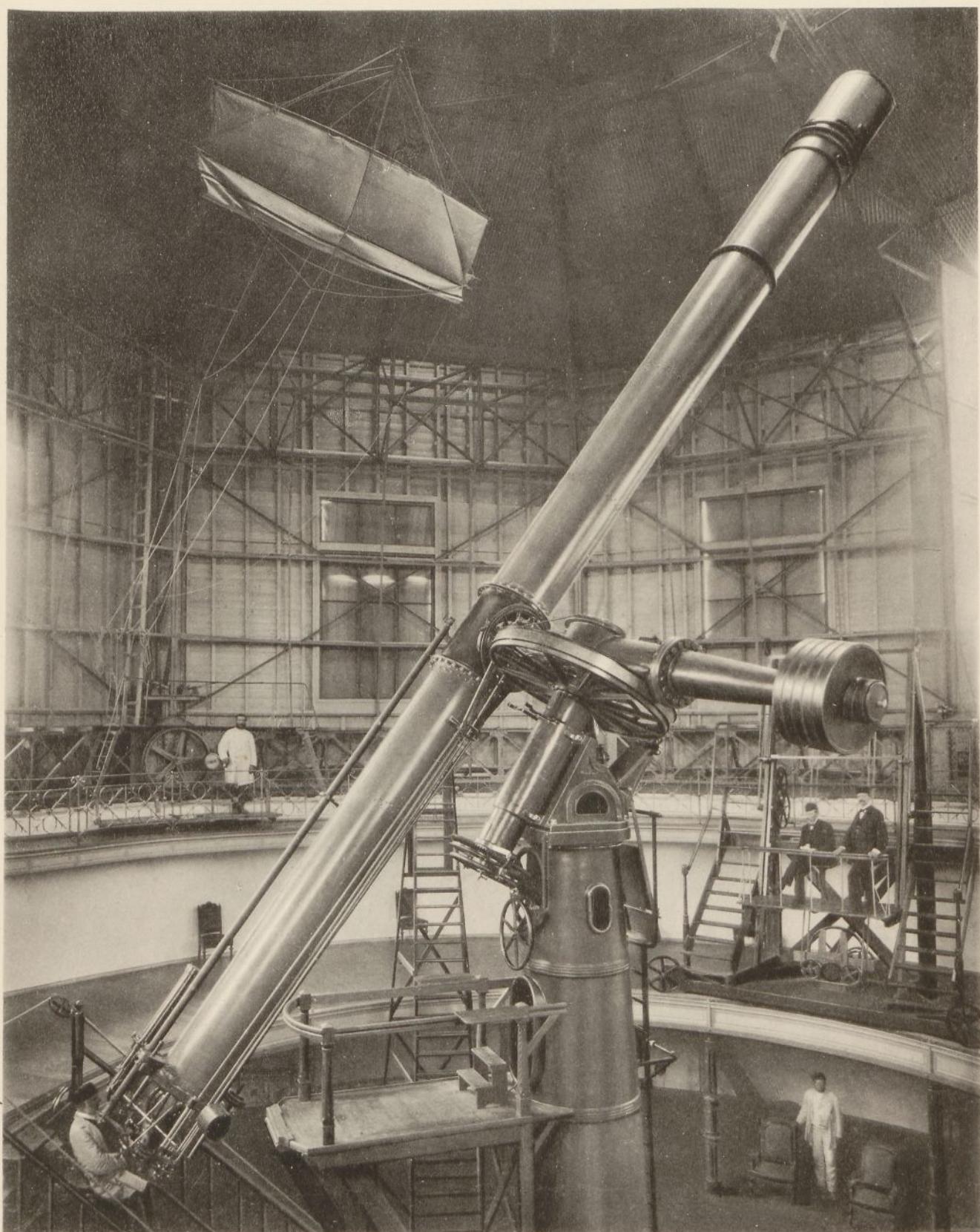


Fig. 72

14^m-Refractor, Pulkowa 1884.

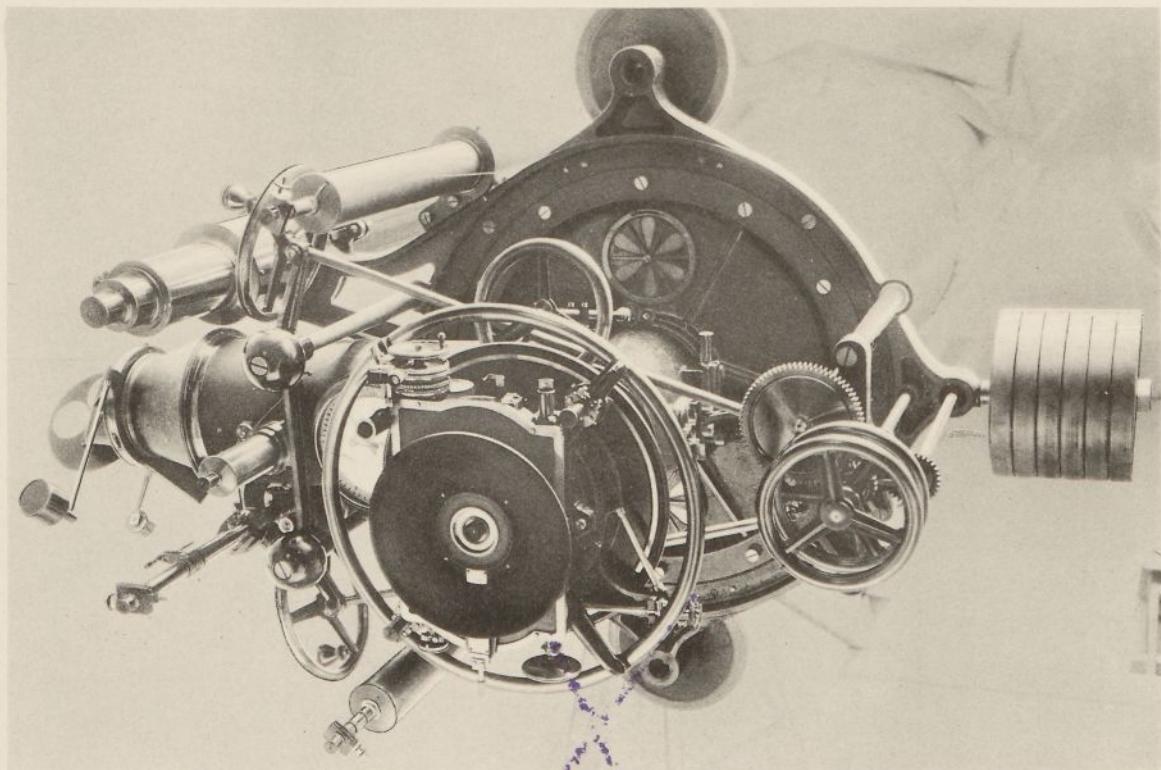


Fig. 73

Ocularkopf des 14^m-Refractors in Pulkowa.

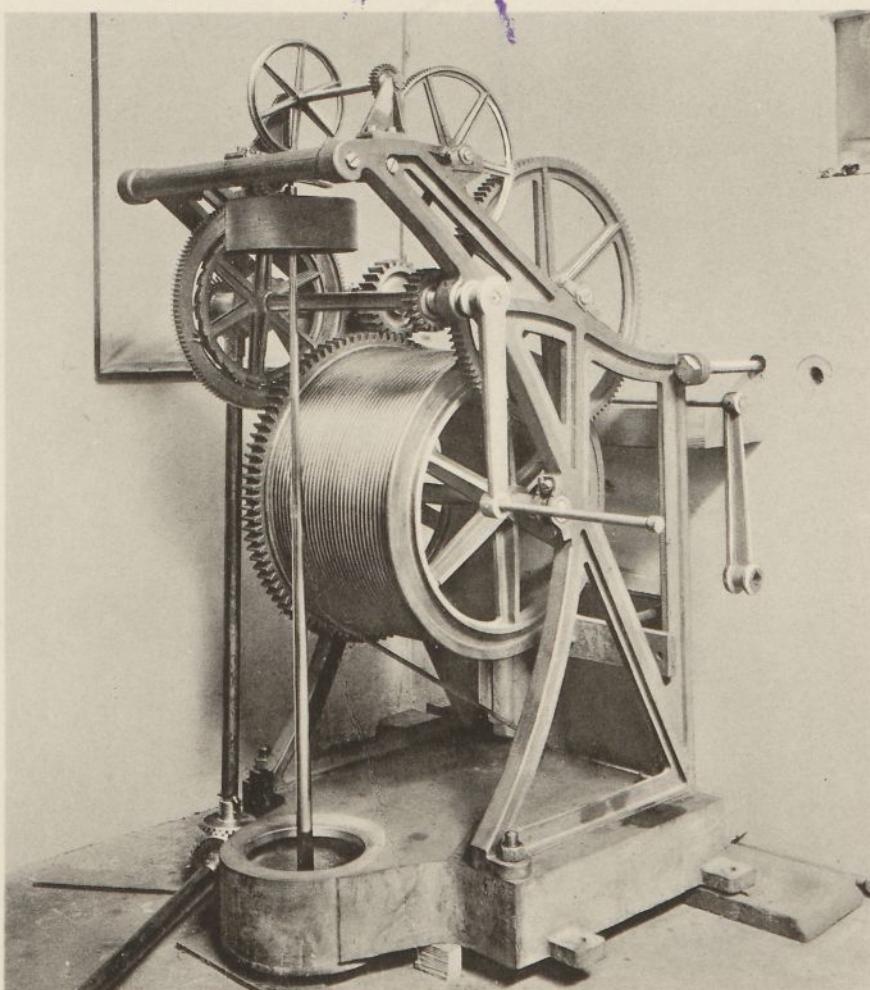


Fig. 74

Uhrwerk zum 14^m-Refractor in Pulkowa.

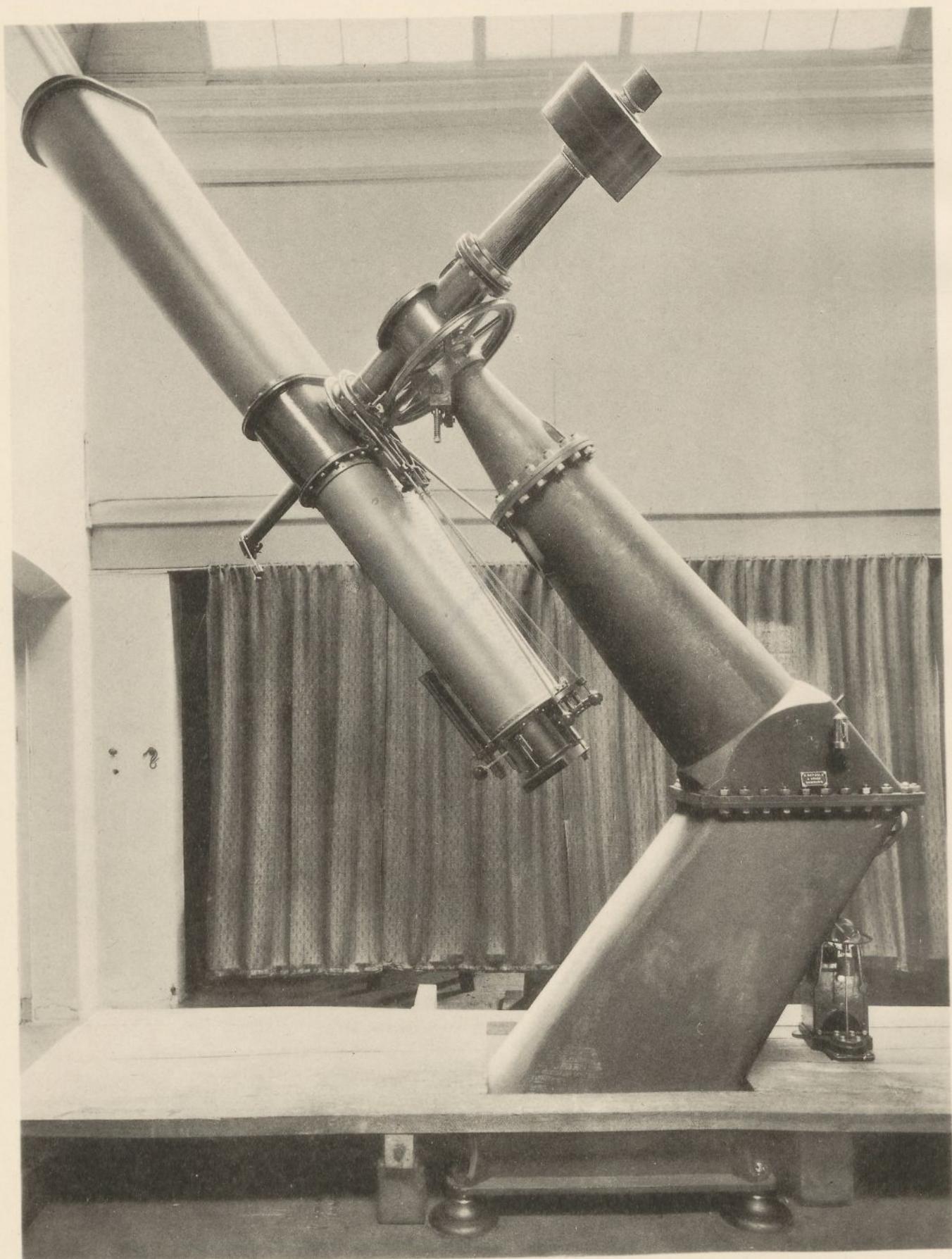


Fig. 75

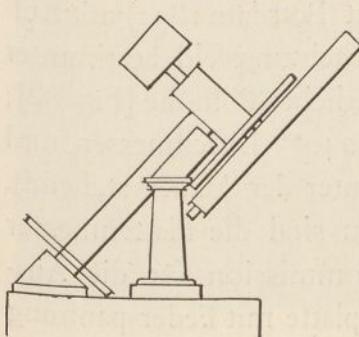
3,43^m-Photographischer Refractor, Potsdam 1889.

pendel hat eine Umlaufszeit von $1/2^s$. — Um die oberen Theile des Instruments leicht erreichen zu können, ist an der Nordseite der Säule eine hängende Leiter angebracht, die hochgeschoben werden kann und dann ein am Säulenkopf hängendes Standbrett in horizontale Lage bringt. Darauf stehend, kann man die Lager der Declinationsachse gut erreichen, in sitzender Stellung die Uhrschraube. — Der Fahrstuhl ist der leichteren Beweglichkeit wegen in zwei Theile getrennt worden, einen oberen, auf einer breiten Gallerie laufenden, der ähnlich dem der Heliometer ist, und einen unteren, der sich am inneren Rande der Gallerie und auf dem Fußboden mit Rädern führt. Dieser untere Fahrstuhl besteht aus einem schrägen Rahmwerk mit zwei Treppen, zwischen denen sich der Beobachter mit einem Sitz durch Drehung eines Handrades tangential zu der vom Ocular beschriebenen Kugelfläche auf- und niederbewegen kann. Von den Treppen aus kann man durch Seilzug den Stuhl azimuthal fahren (Festschrift zum 50-jährigen Bestehen der Sternwarte Pulkowa, 1889, 45 ff.).

In Folge der 1887 wegen Durchführung einer photographischen Himmelskarte nach Paris berufenen Versammlung wurde der Verbindung photographischer Rohre mit einem optischen Refractor als Leitrohr besondere Aufmerksamkeit zugewandt. Es konnte, um eine möglichst sichere Verbindung der beiden Systeme zu erreichen, nicht genügen, das eine Rohr an das andere zu hängen; es empfahl sich vielmehr, beide Systeme in demselben Rohr und möglichst nahe der Declinationsachse anzurichten, und das führte zu einem ovalen Querschnitt des Rohres. Es wurde, wie bei den einfachen Refractoren, zum Ocular hin etwas verjüngt gestaltet und aus drei Theilen zusammengesetzt: einem gußeisernen ovalen Mittelkörper und zwei ovalen Stahlblech-Rohren. Um die beiden Strahlenkegel getrennt zu halten, wurde in jedes Rohr eine Scheidewand gefügt, die zugleich zur Versteifung dient. — Die ganze Aufstellung wurde eine schwerere, als bei einfachen Rohren.

Für das erste in der Repsold'schen Werkstatt ausgeführte Instrument dieser Art, von $3^m,43$ Brennweite (Potsdam 1898), wurde überdies eine unbeschränkte Beweglichkeit des Fernrohres gewünscht; es erhielt daher eine etwas ungewöhnlich geformte Säule [Fig. 75¹⁾). Sie wird nicht durch Schrauben an dem Grundpfeiler gehalten, sondern steht auf eigenen Füßen, und zwar, der zweckmäßigen Form des Gußstückes entsprechend, und um möglichst Festigkeit zu erreichen, auf vieren, die zugleich

¹⁾ Es ergab sich später (Publicationen Potsdam No. 45, 12), daß schon vor 1874 eine ähnliche Säulenform in England ausgeführt worden war (Engineering 1874 2/10). Auch Airy hatte schon 1866 eine solche angegeben (M. N. 21, 159), viel früher aber Horner. Zach hatte ihm von einem (nicht zur Ausführung gelangten) parallaktischen Instrument geschrieben, welches Repsold für die Sternwarte in Marlia (Zach, Corr. astr. 3, 97) machen werde, und Horner fragt nun Repsold am 9/9, 1820: »Wird das parallaktische Instrument nach »Reichenbach'scher Art construirt, oder machen Sie etwas Neues der Art? »Ich gestehe, daß mir die steinerne Säule, die lange Axe und die Anbringung »des Kreises in der Mitte nicht recht gefällt. Ich würde eine hohle gegossene »eiserne Säule vorziehen, die ein wenig gekröpft wäre, um Kreis und Fern- »rohr überall frey zu lassen; etwa wie in dem beystehendem Abriß. Es ist »doch angenehm, wenn man die Nase überall bequem anbringen kann; auch »braucht dann die Steinmasse nicht so hoch zu seyn. Der Axe kann man



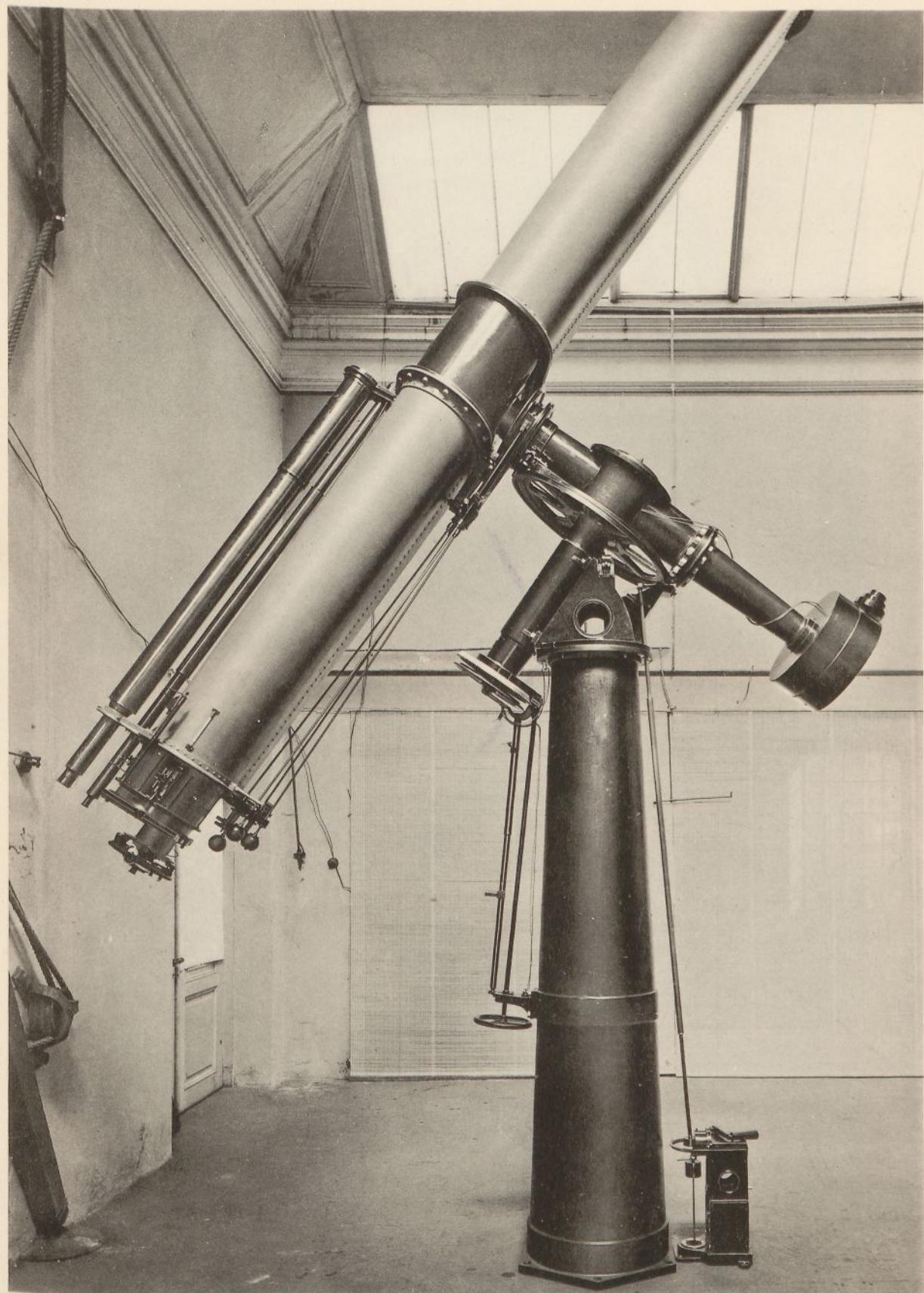
»für das Einbiegen in der Mitte auf die eine Art, wie auf die andere, sattsam begegnen.«

Berichtigung für Polhöhe und Azimuth gestatten. Einige Vorsicht beim Einstellen der vier Füße ist selbstverständlich; sie könnten aber öfter mit Vortheil angewandt werden, besonders bei großen Instrumenten. — Das Gegengewicht der senkrechten Rolle unter der Stundenachse wurde, weil es unbequem gewesen sein würde, durch den Zug einer Spiralfeder ersetzt. — Die beiden Feinstellungen in der Nähe des Oculars sind, zur Erleichterung des Nachführrens, mit Vorgelegen für eine viermal langsamere Bewegung und mit leicht gleitenden Auszügen an den in Hooke'schen Gelenken hängenden Schlüsseln versehen. — Im Uebrigen hat die Aufstellung die gewöhnlichen Einrichtungen. Ihre Bequemlichkeit wird dadurch erhöht, daß ein einfacher Stuhl mit verstellbarer Rücklehne für alle vorkommenden unteren Beobachtungslagen ausreicht. Bei größeren Entwürfen zeigte sich dagegen die Kniesäule als unzweckmäßig, weil sie die Anordnung eines entsprechend größeren Fahrstuhles behinderte. Die späteren photographischen Refractoren bekamen meist gerade Säulen, wie der in [Fig. 76] wiedergegebene von 5^m Brennweite.

Das ovale Rohr dieser Instrumente hat auf der photographischen Seite einen weiten gußeisernen, durch eine grobe Schraube zu bewegenden Auszug, an dessen oberem Ende ein leichter, von unten beweglicher Verschlußdeckel befestigt ist. Die leichten gußeisernen Cassetten werden durch zwei Schlitzschrauben unmittelbar gegen die untere Endfläche des Auszugrohres gehalten. Durch die Art der Bearbeitung ist dafür gesorgt, daß drei kleine Anschläge, gegen welche die photographische Platte durch Federdruck sicher gehalten wird (Scheiner, 106), parallel zur Endfläche des Auszuges liegen, natürlich auch, daß diese normal zur optischen Achse steht. — Die optische Seite (das Leitrohr) trägt am Auszug einen Ocularkopf [Fig. 77] mit zwei gegen einander rechtwinkeligen Schiebern, deren Stand nach Umgängen und Hunderttheilen der bewegenden, mehrgängigen Schrauben abzulesen ist; Fäden und Trommeln werden elektrisch beleuchtet. — Um das Leitrohr allgemeiner verwendbar zu machen, wurde es meist auch mit einem Positions-Mikrometer versehen, wie sie seit 1882 ausgeführt wurden [Fig. 78], mit Handring für grobe Bewegung, der zugleich zwei Glühlampen trägt, eine für Beleuchtung der Fäden mit Widerstand zur Dämpfung, die andere für Positionsreich und Mikrometer-Trommeln. Die Distanzfäden werden von beiden Seiten beleuchtet, die Querfäden nur von einer. Feinere Positions-drehung giebt eine Klemme mit in einen Gewindebogen gelagerter Schraube. — Das eigentliche Mikrometer mit der Gehäuse-Schiebung ist leicht abzunehmen, damit auch andere kleine Ocular-Apparate angebracht werden können.

Für photographische Zwecke entstanden noch: ein Heliostat (Potsdam 1891) mit Aufstellung an einer Mauer [Fig. 79] und ein für ein größeres Beobachtungsfeld bestimmter Siderostat (Stockholm 1895) mit freier Aufstellung und veränderlicher Polhöhe [Fig. 80]; beide in den Grundzügen nach Foucault, mit Spiegeln von 240^{mm} Durchmesser und durch Federpendel regulirtem Uhrwerk (beim Heliostaten hinter der Mauer stehend).

Als Hülfsapparate zu den photographischen Instrumenten sind die Plattenmesser zu nennen. Bei dem ersten, 1874 der deutschen Venus-Commission für die Ausmessung ihrer Sonnenbilder gelieferten Apparat wurde die Glasplatte mit Federspannung auf einem Schlitten gehalten, der auf einer in Position drehbaren horizontalen Bahn



5^m-Photographischer Refractor, Kopenhagen 1894.

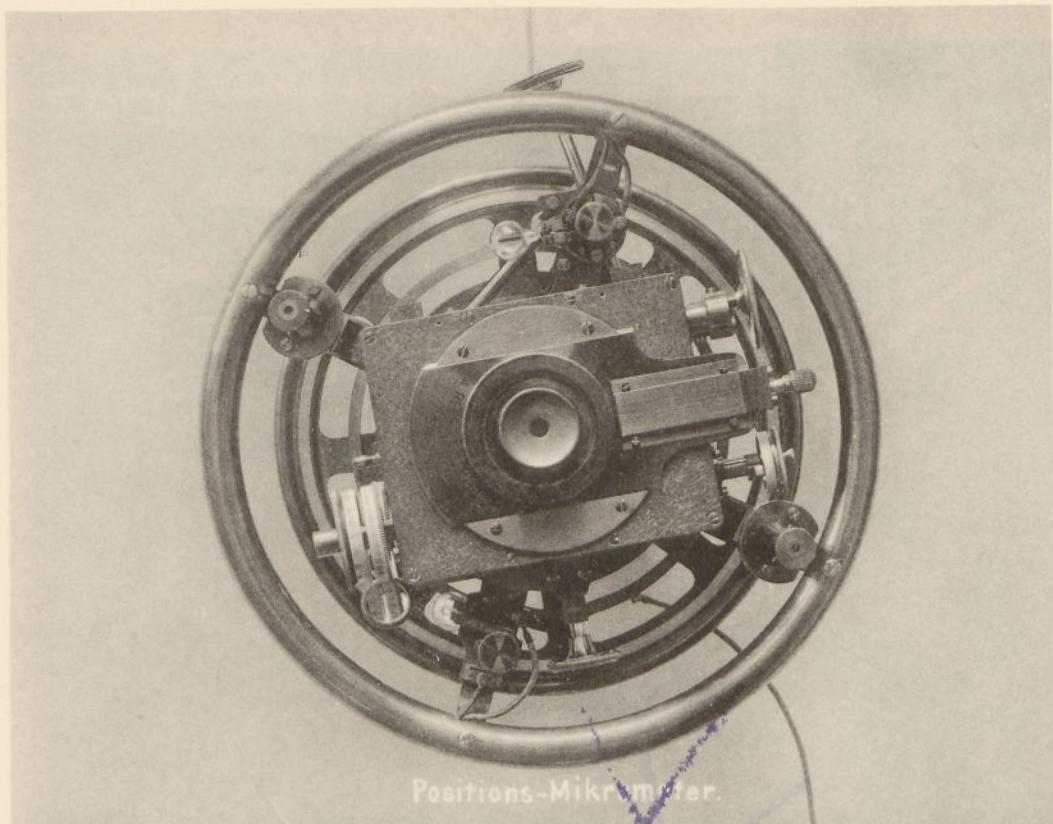


Fig. 78

Positions-Mikrometer, 37^{mm} Feld, seit 1882.

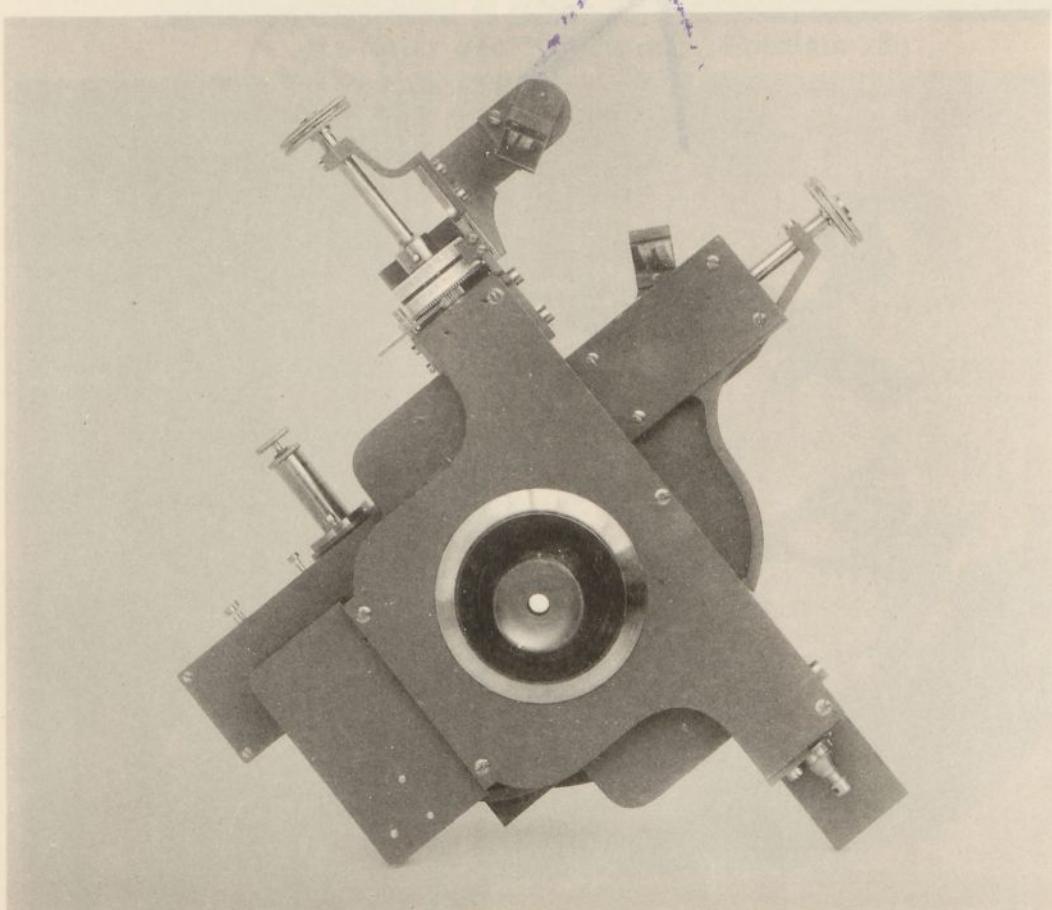


Fig. 77

Leitrohr-Mikrometer, 1892.

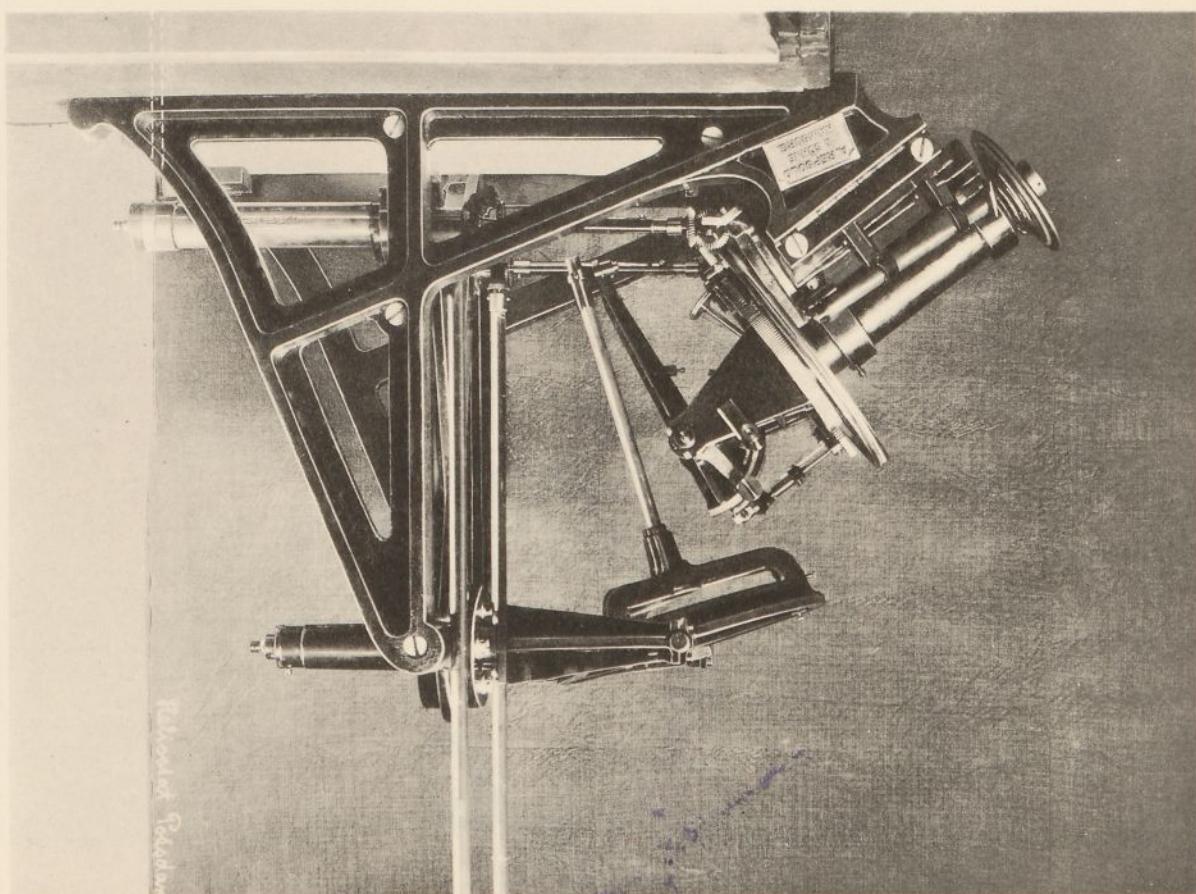


Fig. 79

Heliostat 240^{mm} Oeffnung, Potsdam 1891.

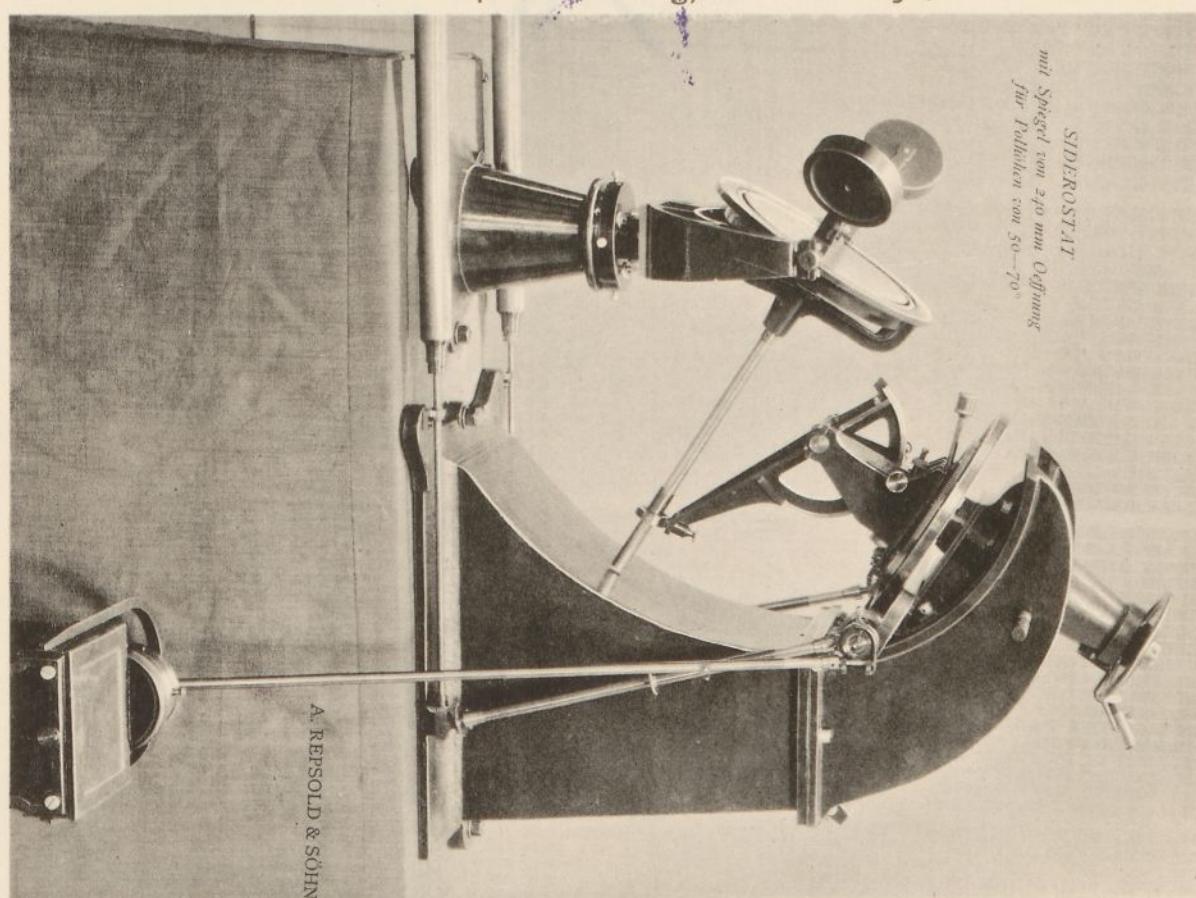
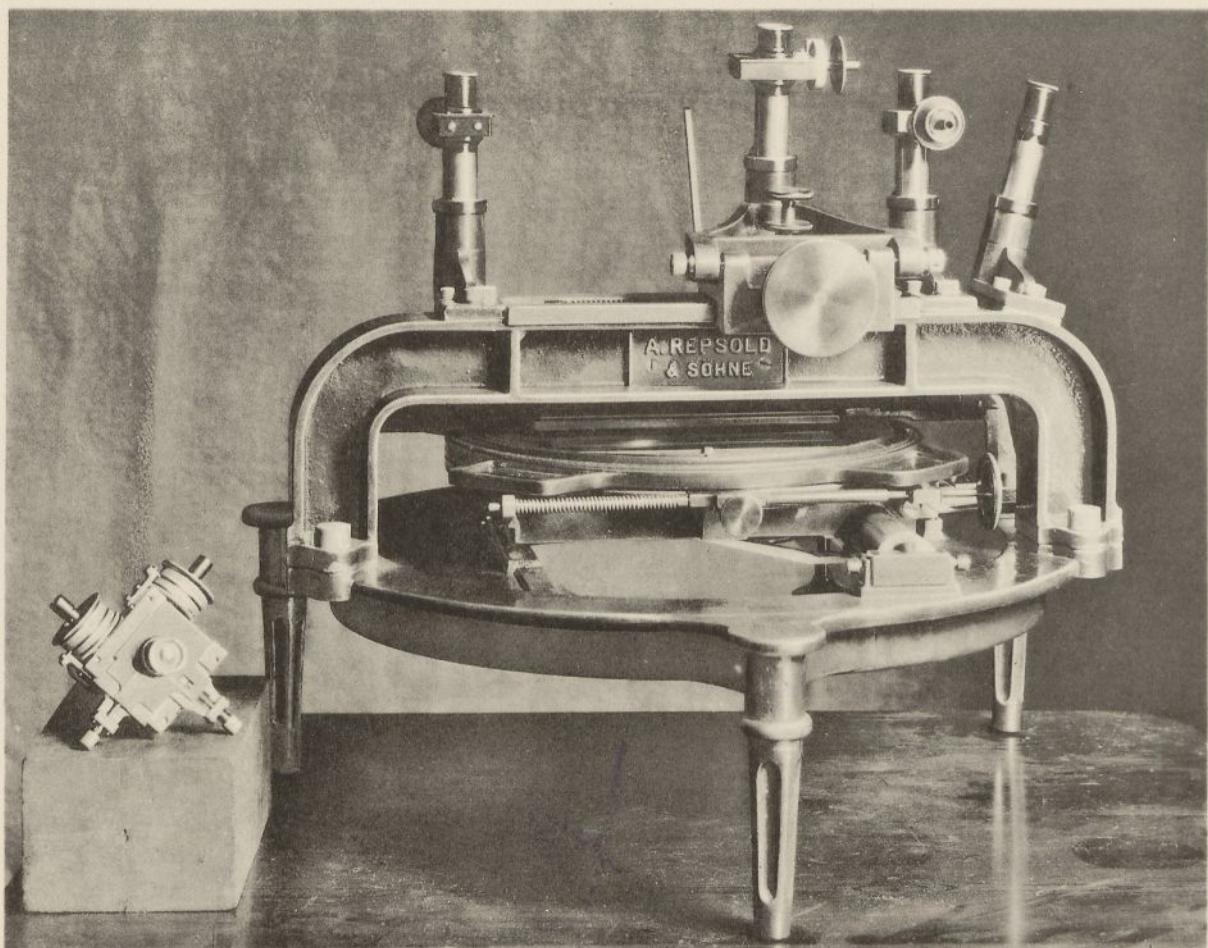


Fig. 80

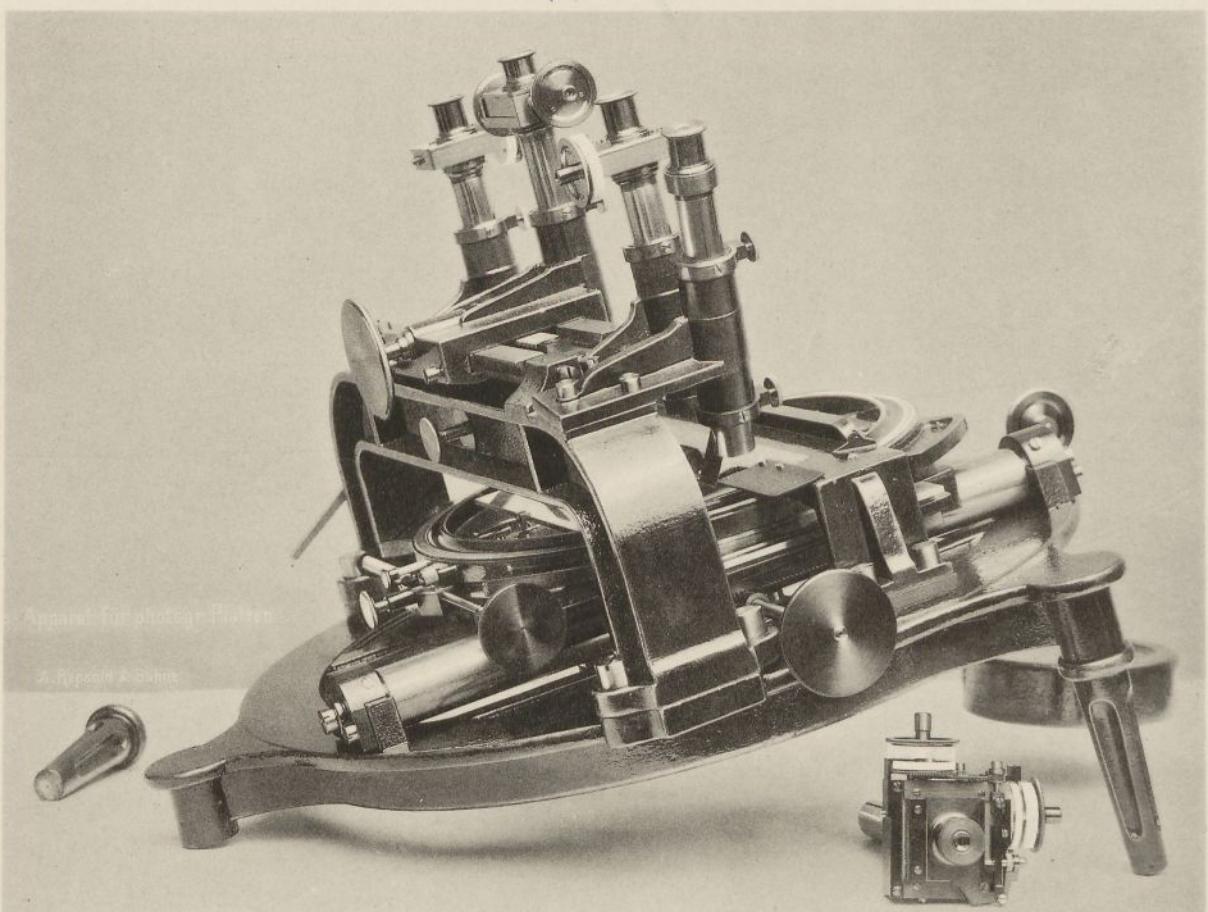
Siderostat 240^{mm} Oeffnung, Stockholm 1895.

Fig. 81



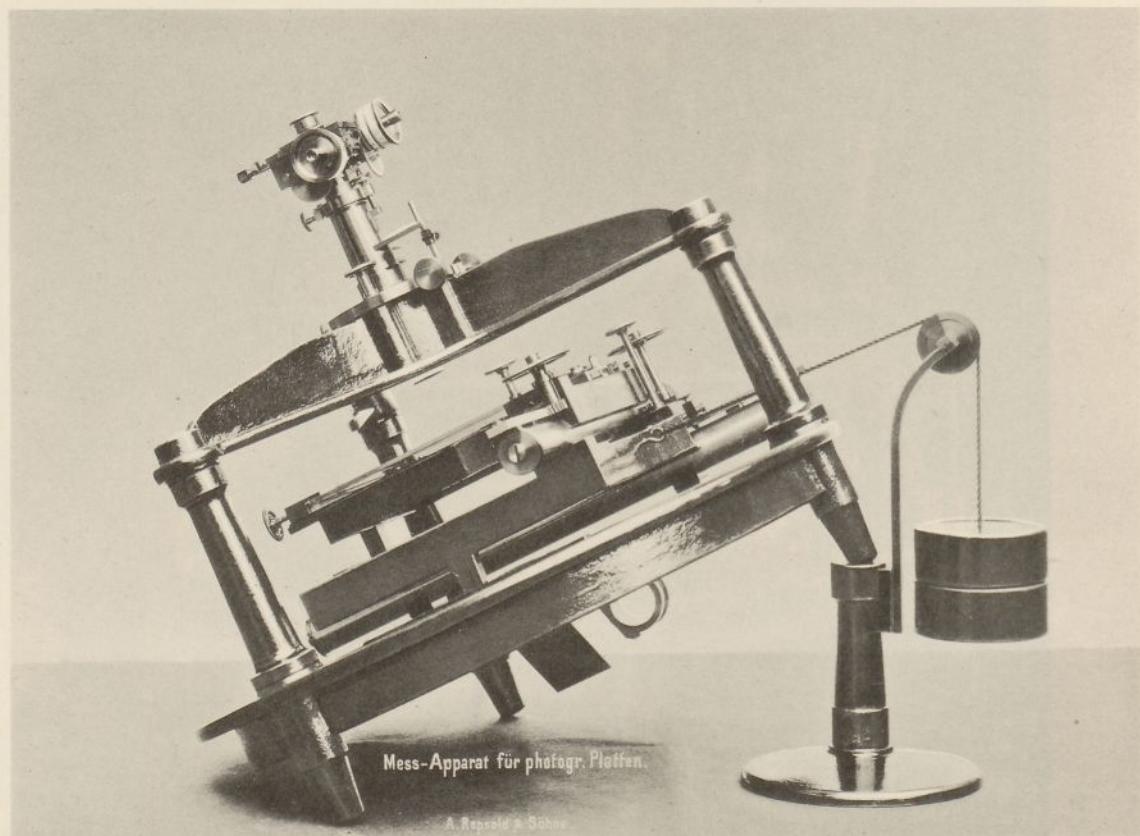
Plattenmesser mit Maßstab, $125 \times 125^{\text{mm}}$ Feld, 1890.

Fig. 82



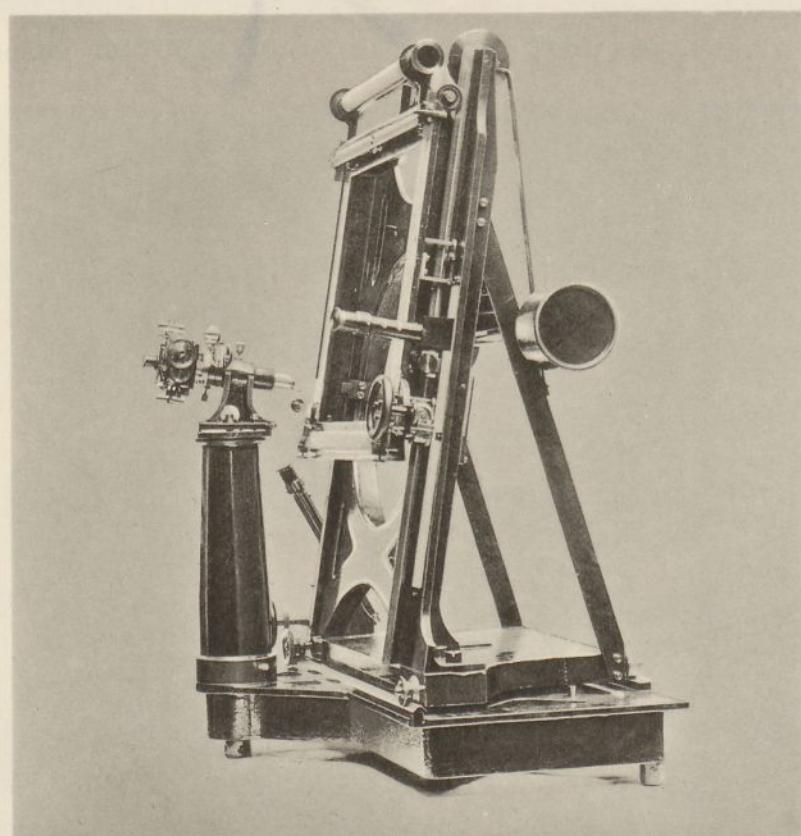
Plattenmesser mit Maßstab und kippender Mikroskop-Bahn, 1896.

Fig. 83



Plattenmesser für Gitterplatten, $125 \times 125^{\text{mm}}$ Feld, 1891.

Fig. 84



Plattenmesser für Gitterplatten, $350 \times 350^{\text{mm}}$ Feld, 1906.

durch ein Trieb zu verstellen war. Ueber diesen Theilen standen auf gemeinsamer Grundplatte eine Brücke mit einem horizontal verschiebbaren, senkrechten Mikroskop, in dem die photographische Platte sichtbar ist, und eine zweite, kleinere Brücke als Tisch für einen Maßstab, der ebenfalls in dem Mikroskop eingestellt werden kann, wenn es, sich zwischen zwei Spitzen drehend, aufgekippt wird. Durch abwechselnde Ablesungen an der Platte und an dem Maßstabe werden sie auf einander bezogen.

Der zweite Plattenmesser wurde 1876 nach Verabredungen mit H. G. van de Sande-Bakhuyzen¹⁾ etwas geändert, entsprechend seiner Verwendung für Sternkarten (Scheiner, 148). Er mißt, wie früher, die Platte gegen einen Maßstab aus, der Plattenträger ist aber auf dem Schlitten in Position drehbar und nach einer Kreistheilung in zwei an der großen Brücke befestigten Mikroskopen ablesbar, und der Schlitten bewegt sich auf einer festen horizontalen Bahn (Cylinder und Planfläche) durch ein Trieb rechtwinklig zum Maßstab. So kann man das ganze Feld der Platte in der einen Coordinate ausmessen und nach Drehung der Platte um 90° in der anderen. Auf Bakhuyzen's Vorschlag wurde noch ein Maßstab auf dem Schlitten hinzugefügt, an welchem nach jeder Messung des mittleren Mikroskops in einem einfachen, an der großen Brücke befestigten Mikroskop die zweite Coordinate annähernd abzulesen ist. Der zweite Maßstab wurde dem ersten gleich gemacht, und es wurde Sorge getragen, daß beide neben einander auf dem Tisch anzubringen und gegen einander zu verschieben sind, so daß die beiden Theilungen gegen einander untersucht werden können [Fig. 81]. — Später wurde, um einen etwaigen Mangel an Geradlinigkeit der Brücke unschädlich zu machen, dem Mikroskop eine besondere Bahn gegeben, die mit dem Mikroskop zwischen zwei Spitzenschrauben an der Brücke kippte [Fig. 82]. — Zur Vereinfachung der Messung wurden auch, wie bei den Heliometern, Mikroskop-Mikrometer mit Gehäuse-Schiebung eingeführt (vorn S. 40). — Zuweilen erhielten diese Apparate, um sie allgemeiner verwendbar zu machen, auch Doppel-Mikrometer (unten links in Fig. 81), wie sie zunächst zu Platten mit 5^{mm}-Kreuzgitter bestimmt waren. Für solche Platten wurden von 1891 ab besondere Apparate (für Vogel²⁾ u. A.) gebaut [Fig. 83], bei denen die Platte ohne Messung über der Grundplatte verstellt werden kann, so daß alle Quadrate der Platte unter das Mikroskop mit Doppel-Mikrometer gebracht werden können. — Um die Messungen zu beschleunigen und bequemer zu machen, wurden von 1896 ab die Nachführungs-Schrauben des Oculars mit den Mikrometer-Schrauben je durch ein Zwischenrad zwangfrei verbunden, so daß die beweglichen Fäden stets inmitten des Feldes bleiben (unten rechts in Fig. 82). — Auf Gill's Veranlassung wurden 1897 und später auch einige Doppel-Mikrometer mit Gehäuse-Schiebung in beiden Richtungen ausgeführt, die durch besondere Vorsicht und Correctionen in ausreichendem Maße fehlerfrei gemacht werden konnten (M. N. 59, 61 ff). — Wenn diese Apparate in geneigter Lage benutzt werden sollen, so werden sie auf einem Holzpult aufgestellt und der Plattenträger durch Rolle und Gegengewicht in Gleichgewicht gehalten. Ein gebrochenes Mikroskop ist nicht zu empfehlen.

¹⁾ Hendricus Gerardus van de Sande-Bakhuyzen, geb. Haag 1838, früher Dir. Obs. Leiden.

²⁾ Hermann Carl Vogel, Leipzig 1842 — Potsdam 1907, Dir. Obs. Potsdam.

Die bisher besprochenen Apparate sind meist für Platten von 125×125 mm Feld bestimmt; doch wurden sie in sehr ähnlicher Construction auch für Platten bis zu 240×240 mm Feld ausgeführt. — Ein größerer Apparat (Groningen 1906), für Platten von 350×350 mm, erhielt eine ganz andere Form. Das Mikroskop mit Doppel-Mikrometer steht fest auf einer Säule, vor der an einer Staffelei die Platte in zwei Richtungen zu bewegen und festzustellen ist [Fig. 84].

Inzwischen waren einige neue Formen geodätischer Instrumente entstanden. Zunächst ein Universal-Instrument mit Sicherheitsrohr (von 1886), das bei den südafrikanischen Vermessungen unter Gill Verwendung gefunden hat, auch in Rußland [Fig. 85]. Das Sicherheits-Rohr ist mit Höhenstellung von einigen Graden unmittelbar am Mikroskopträger befestigt und mit diesem um den Dreifuß beliebig drehbar, mit einfacher Klemmung. — Der Azimuthalkreis ist durch eingelassene Celluloid-Fingerplatten für das Verdrehen auf seinem Mittel zweckmäßiger eingerichtet und durch einen die Theilung überdeckenden Ring geschützt. — Die horizontale Achse ist ohne Umlegung und ruht in halbrunden Lagern mit klemmbaren Deckeln, durch welche das Fernrohr mit dem Niveau des am Lagerbock befestigten Mikroskopträgers innig verbunden werden kann, zur Anwendung der Horrebow-Methode. — Später wurden diese Instrumente für elektrische Feldbeleuchtung des Fernrohres und der Mikroskope eingerichtet. Der Strom geht durch die senkrechte Achse hinauf und zu fünf kleinen Lampen, die jede durch einen leichten Schraubendruck für die Zeit des Bedarfs eingeschaltet werden, wie in Fig. 88. — [Fig. 86] zeigt ein ähnliches, etwas kleineres Instrument, an welchem eine verbesserte Niveau-Fassung zu erkennen ist, wie sie 1903 eingeführt wurde. Das Niveau wird an den Enden mit Federung sicher gehalten in zwei festen, an einem starken Lineal befestigten Kappen, die zugleich ein cylindrisches, nicht aufgeschnittenes Deckglas leicht halten. Die Beleuchtung giebt ein in das Deckglas gelegtes Papier, oder besser eine weiße Fläche (Celluloid) in 45° unter dem Glase. Ein Spiegel ist an den Kappen bequem zu befestigen. — Bei tragbaren Instrumenten werden die Niveaux meist so eingerichtet, daß sie mit ihrem Lineal leicht von dem Instrument genommen werden können, um in besonderen Behältern sicherer verpackt zu werden. — Die Berichtigungs-Schrauben wirken gegen das Lineal, nicht gegen die Glasröhre.

Ein kleiner Höhenkreis (von 1891), von 35 mm Öffnung, 150 mm Kreisdurchmesser, der den früheren größeren mit Erfolg Concurrenz gemacht hat, zeigt gedrungene Formen. Das Niveau des Mikroskopträgers wird durch ein Blech gegen den Beobachter geschützt; durch anzusetzende Füße kann es auch zu unmittelbarer Prüfung der oberen Achse dienen. Die Mikroskope geben $2^R = 200^t = 600''$, also $1^t = 3''$ [Fig. 87]. — Dasselbe Instrument wurde von 1896 an auch, durch Anbringung zweier Mikroskope für den Azimuthalkreis, als Universal-Instrument ausgeführt und (seit 1905) mit elektrischer Beleuchtung versehen [Fig. 88]; von den Mikroskopen sind die kleinen Lichthalter durch Holzplatten getrennt. Das mit einem Spiegel versehene Niveau ist hier so hoch, daß es ohne Weiteres auf der Achse stehen kann.

Weiter ist eine im Jahre 1890 durchgeführte Ausbildung eines Durchgangs-Instruments zu einem Theodoliten zu nennen (Durchgangs-Theodolit): ein verbessertes

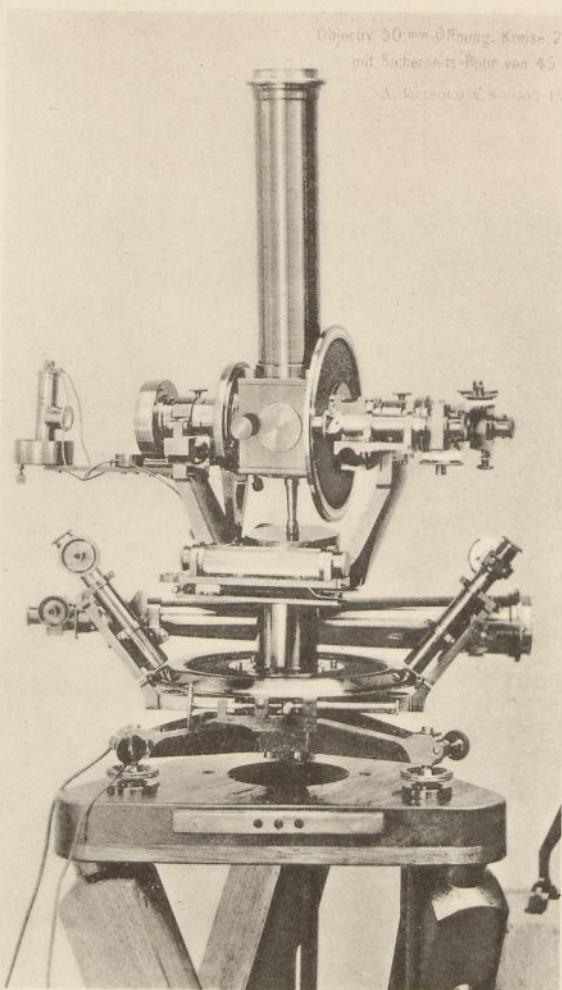


Fig. 86

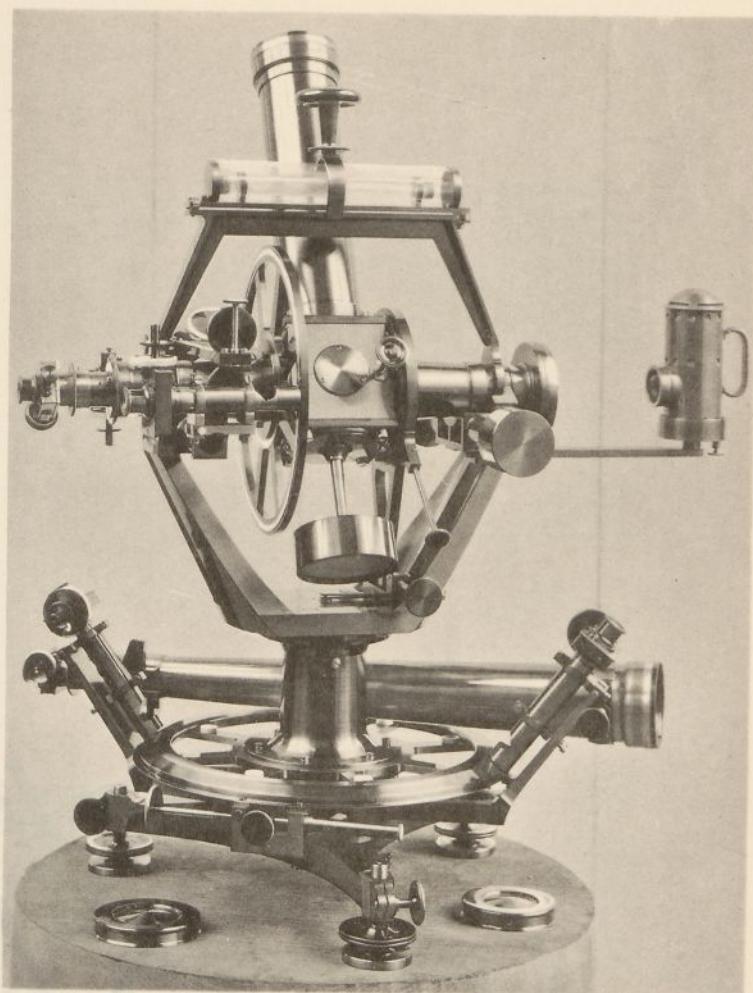


Fig. 85

50^{mm}-Universal-Instrument, 1903, und 61^{mm}-Universal-Instrument, 1886, Süd-Afrika.

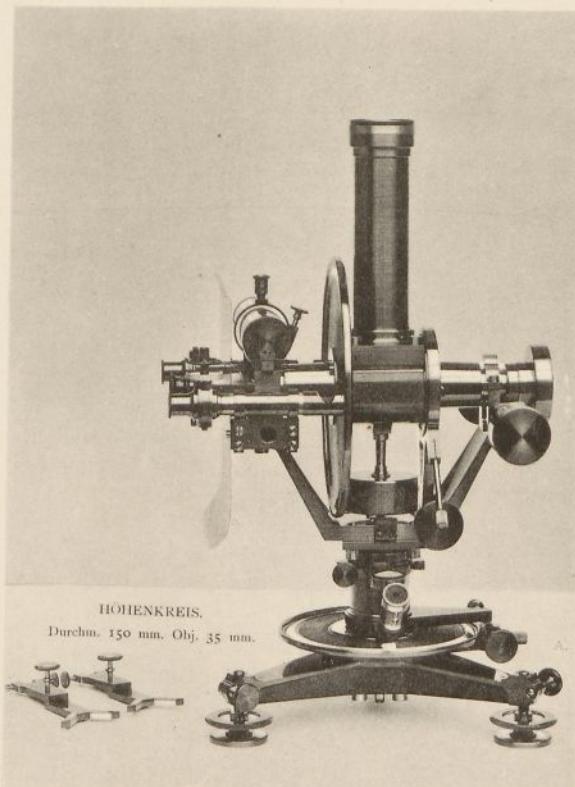


Fig. 87

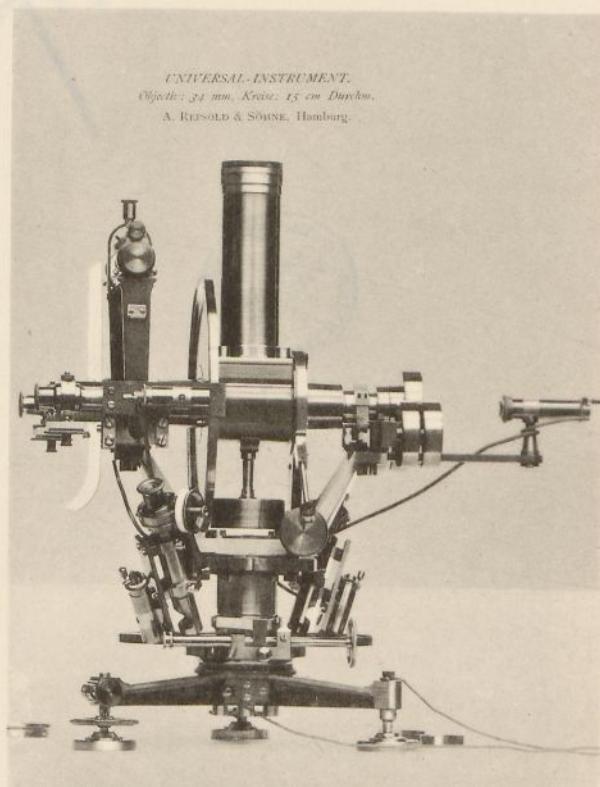
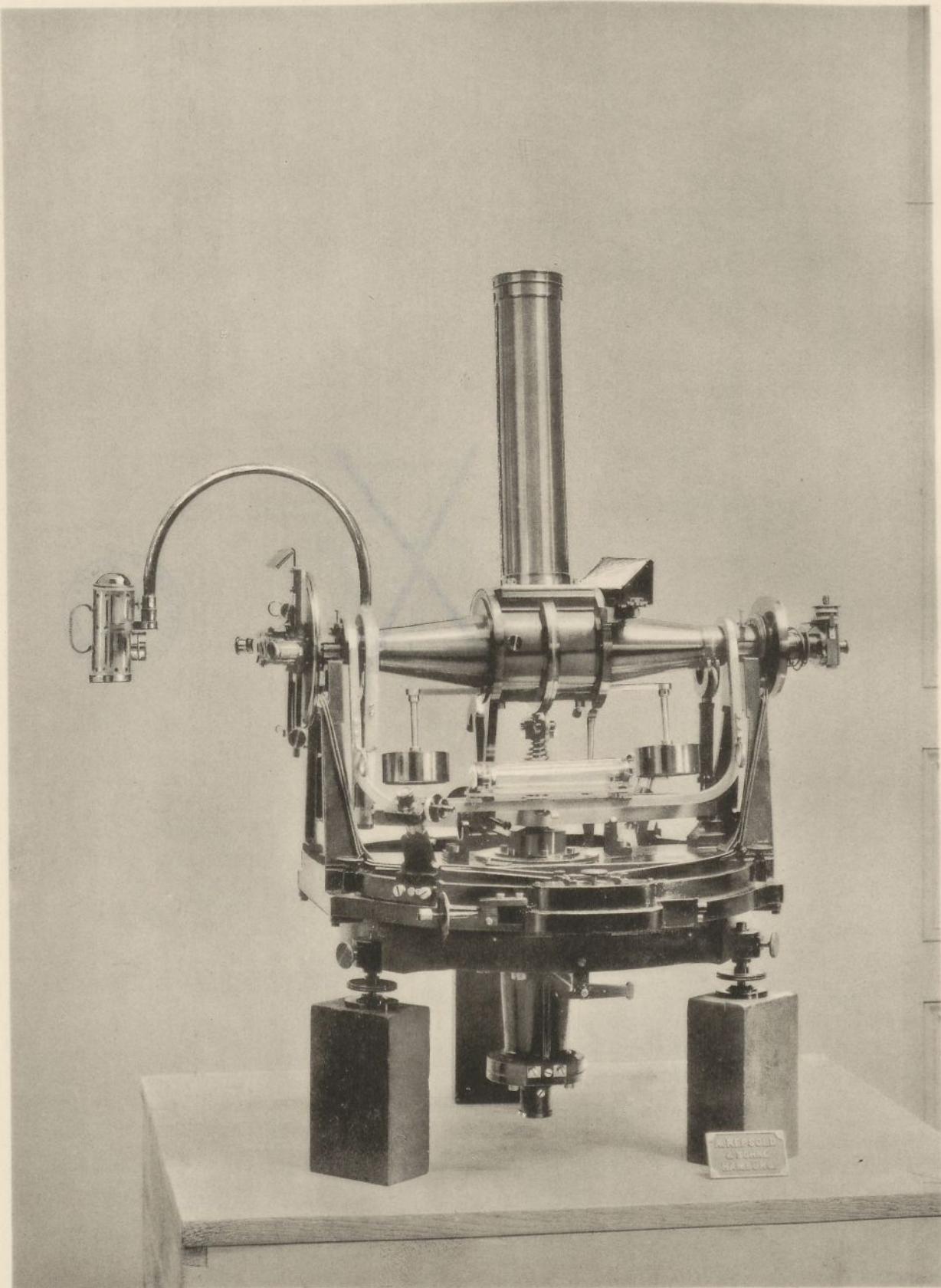


Fig. 88

35^{mm}-Höhenkreis, Rußland, 1891.

35^{mm}-Universal-Instrument, Java, 1895.

Fig. 89



30°-Durchgangs-Theodolit mit unpersonallichem Mikrometer, 1890,
Geodätisches Institut, Potsdam.

Durchgangs-Instrument Fig. 35, 61 [Fig. 89], abwärts mit einem starken Drehungszapfen versehen, welcher in der Büchse eines Untersatzes in zwei Ringlagern cylindrisch geführt wird und durch ein Excenter um kaum einen Millimeter gehoben werden kann. Geschieht das, so wird der bisher aufruhende Obertheil ebenso leicht und sicher drehbar, wie an einem Universal-Instrument (Theodolit), und zwei Mikroskope (es könnten auch vier sein) geben die scharfe Ablesung eines am Untertheil verdrehbaren Kreises. Läßt man aber das Excenter zurückgehen, so setzt sich der Obertheil mit vollem Gewicht auf den Untertheil; durch vier Schraubzwingen können die beiden Theile noch inniger verbunden werden, so daß sie ein sehr stabiles Durchgangs-Instrument bilden. — Die Vereinigung zweier Instrumente zu einem hat in diesem Falle keinen Uebelstand, wenn man nicht das etwas gesteigerte Gewicht dafür ansehen will. — Der Mitteltheil der Fernrohr-Achse hat, wie bei einigen der Universal-Instrumente, eine cylindrische Form mit vorliegender Nuth für zwei durch Federdruck wirkende Rollen erhalten, die zusammen mit den Rollen an den Enden der Achse ihre Biegung voll beseitigen. Um dies abzupassen, wird zeitweilig in der Mitte, an Stelle des Prismas, eine Linse von einer Brennweite gleich einem Viertel der Achsenlänge angebracht und durch diese ein Diaphragma im Kreis-Ende der Achse im Ocular-Mikrometer sichtbar gemacht. Nach Mikrometer-Messungen werden dann die Spannungen der Federn (der mittleren Spiralfeder und der langen flachen Feder, welche die Endrollen trägt) so berichtigt, daß keine Biegung mehr zu erkennen ist. — Zwei Horrebow-Niveaux sind dauernd auf einem besonderen, an der Achse klemmbaren Träger dicht neben dem Fernrohr angebracht. Ein senkrechter Arm des Trägers führt sich in einem während der Beobachtung leicht zu beseitigenden Fang, der während des Drehens der Achse die Niveaux annähernd in Lage erhält und das Auslaufen der Blasen verhütet. — An diesem Instrument kam auch das erste unpersönliche Durchgangs-Mikrometer zur Anwendung.

Ueber die früheren Versuche, dem persönlichen Zeitfehler, d. i. der durch persönliche Eigenschaften des Beobachters bedingten Verschiebung (Verfrühung oder Verspätung) in der Auffassung des Zeitpunktes einer Beobachtung, zu begegnen, hat Wislicenus¹⁾ eine ausführliche Zusammenstellung gegeben (Untersuchungen über den absoluten persönlichen Fehler bei Durchgangs-Beobachtungen, Leipzig 1888), und er fügt die Beschreibung eines von ihm selbst zu dem Zwecke hergerichteten Apparates mit zahlreichen daran gewonnenen Beobachtungen hinzu. — Auffälliger Weise zielen die meisten dieser Versuche nur dahin, die sogenannte persönliche Gleichung zwischen verschiedenen Beobachtern zu ermitteln, nicht aber, den Fehler selbst zu beseitigen, wie man es doch um so mehr hätte anstreben sollen, als schon lange die Veränderlichkeit dieses Fehlers bekannt war. Wislicenus selbst hat wieder an sich eine Aenderung von 0°,073 in fünf Monaten und von weiteren 0°,253 in den folgenden zehn Monaten festgestellt (a. a. O. 49); es kann aber kein Zweifel sein, daß auch in kürzeren Zwischenräumen, je nach dem Befinden des Beobachters, sehr störende Aenderungen eintreten können. — Alle jene Versuche haben wesentlich das gemein, daß ein Uhrwerk künst-

¹⁾ Walter Wislicenus, Halberstadt 1859 — Straßburg 1905.

liche Sterne durch eine Visirlinie bewegt, nachdem mitgeföhrte elektrische Contacte so berichtet worden waren, daß im Augenblick des Durchganges eines jeden der Sterne am Chronographen ein Signal entsteht. Wenn dann der Beobachter die bewegten Sternbilder verfolgt und den von ihm aufgefaßten Zeitpunkt des Durchganges durch Tasterdruck am Chronographen neben den Signalen der automatisch wirkenden Contacte festlegt, so giebt die Abweichung den Zeitfehler des Beobachters. In dieser Richtung haben sich u. A. lebhaft bemüht: Kaiser¹⁾ seit 1851 und später mit seinem »Zeit-Collimator«, den er in den Leidener Annalen 2 beschrieben hat, C. Wolf (Ann. de l'Observatoire de Paris 8), van de Sande-Bakhuyzen (V. J. S. 14, 414) und Wislicenus. Aber seitdem es bald darauf gelungen ist, den Einfluß des persönlichen Fehlers mit einfachen Mitteln zu heben, sind jene Versuche gegenstandslos geworden und brauchen hier nicht verfolgt zu werden.

Den ersten möglichen, wenngleich schwierigen Weg, den Fehler fortzuschaffen, zeigte C. Braun²⁾ in seinem »Passagen-Mikrometer«, Leipzig 1865. Er war selbst nicht in der Lage, einen Apparat ausführen zu lassen, und die Ausführung eines solchen nach seinen Vorschlägen würde große Schwierigkeiten ergeben haben; aber Braun hatte wohl Grund, über die Art, wie man seinen Vorschlägen begegnet ist, unzufrieden zu sein (a. a. O. Vorrede). Nachdem er sich schon am 21/2 1861 an Secchi³⁾ gewandt hatte, empfahl ihm dieser im November 1863, sich an Struve zu wenden, der die Sache auch lange liegen ließ, aber endlich ablehnte. Und ähnlich erging es ihm mit Airy. Es war wohl Niemanden zu verargen, wenn er die Verantwortlichkeit für den schwierigen Apparat nicht übernehmen mochte; aber es erscheint doch als kaum zulässig, daß Airy erst am Ende eines durch fünf Monate laufenden Briefwechsels sich erinnert, »daß ihm die Idee, besonders in Bezug auf die Bewegung eines Fadens, »der mit einem Stern vereint und in gleicher Geschwindigkeit durch das Sehfeld geführt »wurde, nicht neu gewesen sei« (Passagen-Mikrometer, III), und sich auf eine Mittheilung über eine Erfindung Wheatstone's bezieht (M. N. 24, 159), wo der Berichterstatter (Warren de la Rue) im Mai 1864 sagt, Wheatstone habe »some time ago . . . proposed, this (der persönliche Fehler) should be remedied by a system of wires »in the transit instrument, which, when the star was brought between them, should »follow its movement; and when the star passed the optical axis of the instrument, »or any number of known points from that axis, then the chronograph contact would »be made by the wires making contact, so that a number of records would be obtained »independent of the will of the observer.« Airy bestätigt denn auch in seiner offenen Art auf eine an ihn (wie es scheint, nicht von Braun selbst) ergangene Nachfrage, im Februar 1865 (M. N. 25, 157), von Braun am 24. December 1863 Mittheilungen über seinen Vorschlag und am 25. Februar 1864 »very complete plans« darüber erhalten zu haben, die im Juni d. J. zurückgesandt wurden, und fügt hinzu: »I think it proper »to say that I believe the arrangement of mechanism to be totally different from any

1) Frederik Kaiser, Amsterdam 1808 — Leiden 1872. Dir. Obs. Leiden.

2) Carl Braun, Neustadt (Kurhessen) 1831 —

3) Angelo Secchi, Reggio 1818 — Rom 1878.

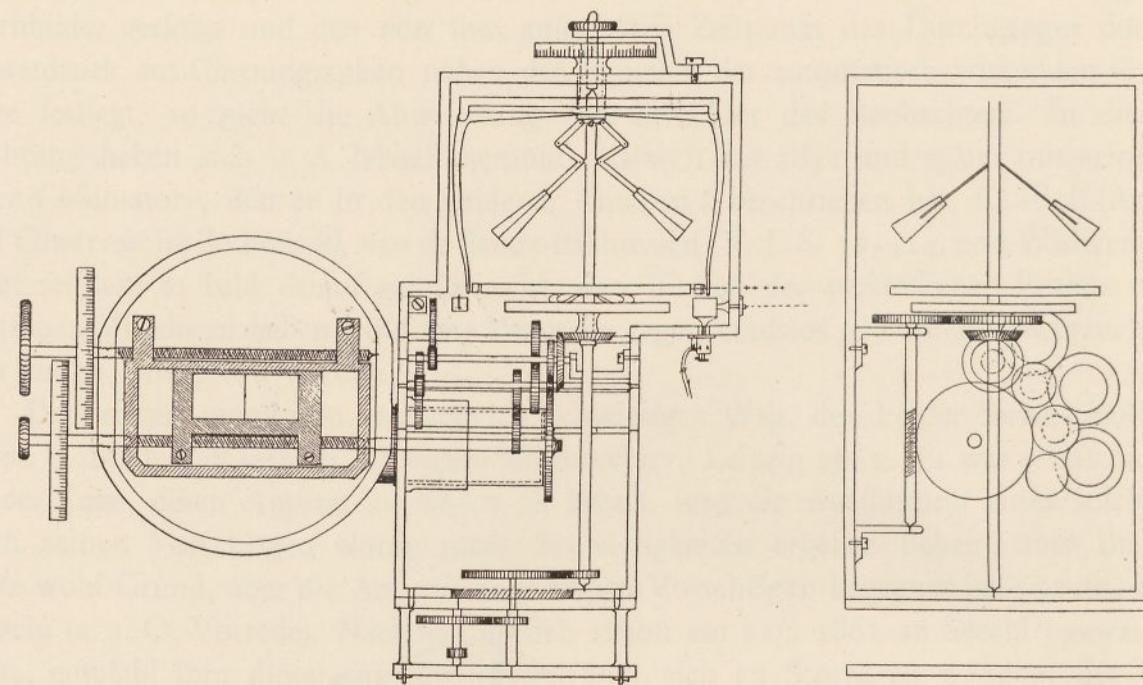
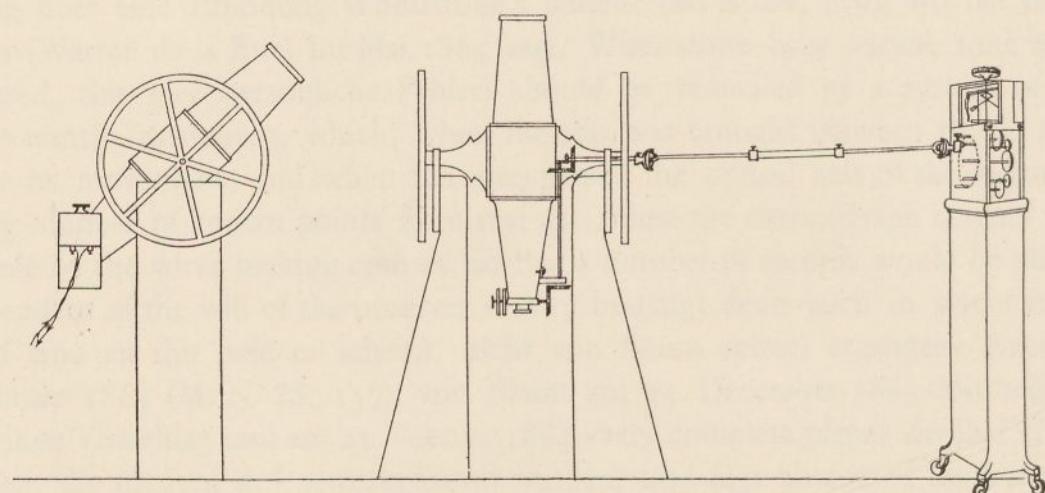


Fig. 90



Passagen-Mikrometer,

nach C. Braun, Das Passagen-Mikrometer, Leipzig, 1865.

»other that has engaged the attention of the Society.« Endlich, nach weiteren Mißerfolgen, konnte Braun seine Schrift noch 1865 veröffentlichen.

Braun's Apparat, der ihn schon seit 1861 beschäftigt hatte, sollte folgende Einrichtung haben [Fig. 90]: Ein länglicher Rahmen, der ein Schrauben-Mikrometer mit einem beweglichen Faden enthält, wird durch eine ebenfalls mit Theilkopf versehene Schraube bewegt, welche entweder von einem am Fernrohr befestigten (wie im Bilde oben links), oder von einem durch einfache Uebertragungs-Schlüssel auf eine Welle in der Achse des Fernrohres wirkenden Uhrwerk (wie im Bilde unten rechts) nur auf Reibung angetrieben wird, so daß er auch während des Ganges des Uhrwerks verstellt werden kann. Hat nun der Beobachter das Uhrwerk richtig im Gange und hat er dann mit Hülfe der beiden Schrauben den Faden dauernd zur Deckung des Sternes gebracht, so bewirkt er auf elektrischem Wege, daß das Pendel der Beobachtungs-uhr bei dem nächsten Durchgang durch seine Mittellage eine ebenfalls elektrische Klemmvorrichtung in Thätigkeit setzt (durch Berührung eines Quecksilber-Tropfens), welche die vom Uhrwerk angetriebene Schraube plötzlich zum Stillstande bringt; der Regulator geht mit Ueberwindung der Reibungsführung weiter. Die Ablesung der beiden Schrauben, deren Beziehung zur Mittellage des Pendels irgendwie festzustellen ist, giebt den räumlich gemessenen Zeitabstand des Stern-Durchganges von dem nachfolgenden Pendel-Durchgang, dessen Secunde natürlich zu beobachten ist. — Die Regulirung des Uhrwerks soll von $+70^\circ$ bis -70° Declination reichen. — Aus einer zweiten Veröffentlichung über das Passagen-Mikrometer (Berichte aus dem Haynald'schen Observatorium, Münster i. W. 1886, 163 ff.) ersieht man, daß Braun seinen Apparat nicht zur Ausführung gebracht hatte; es werden noch einige Verbesserungen angegeben, aber der Apparat bleibt »sehr complicirt« (a. a. O. 165), und Braun selbst ist der Meinung, daß er »kaum von einem Künstler mehr als einmal ausgeführt werden dürfte«. Das heißt doch fast: er ist nicht zur Ausführung zu empfehlen¹⁾.

Im Jahre 1888 war dann ein Vorschlag zur Vermeidung des persönlichen Zeitfehlers durch ein Durchgangs-Instrument mit Uhrbewegung erschienen (A. N. 118, 305), und es folgte im nächsten Jahre ein neuer Vorschlag (A. N. 123, 177), der den später in der Repsold'schen Werkstatt ausgeführten Mikrometern zu Grunde gelegen hat. Vorläufige Versuche hatten gezeigt, daß es eines Uhrwerks nicht bedarf, um einen

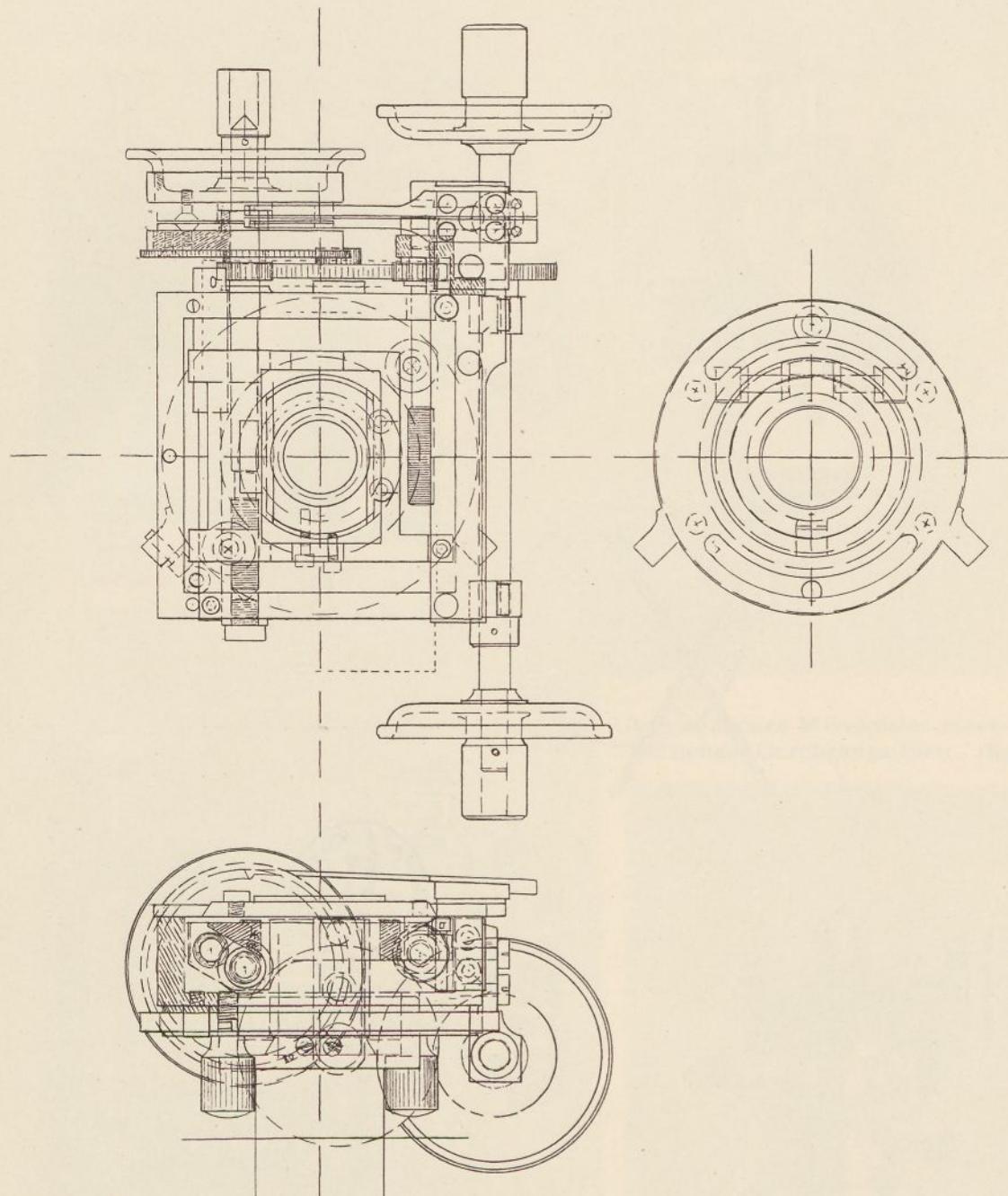
¹⁾ Nach Henri Renan (Le nouveau micromètre enregistreur, Annales de l'Observatoire de Paris, Mém. 26, 1910, E 22) hat auch Redier im Jahre 1863 auf der Pariser Sternwarte den Versuch gemacht, mit Hülfe eines Uhrwerks im Gesichtsfelde eines Fernrohres einen Faden fortzuführen; der Regulator konnte nach der Declination des zu beobachtenden Sternes eingestellt werden, und die Bewegung wurde auf einen Zeiger übertragen, der an einer Theilscheibe den Gang des Fadens angab. Es sollte der Stern kurz vor seinem Durchgang durch die Mitte mit dem Faden bisecirt und dann die Zeit abgelesen werden (nach Auge und Ohr?), zu welcher der Zeiger den Nullpunkt der Theilscheibe erreichte. Renan hat in den Archiven der Sternwarte nichts über diesen Versuch finden können, glaubt aber nachweisen zu können, daß ein solcher Apparat im Mai 1864 in Thätigkeit gewesen ist. Man würde auch zugeben können, daß er im Allgemeinen den Anforderungen entspräche, die an ein unpersönliches Mikrometer mindestens gestellt werden müssen, wenn irgendwie für eine genügende automatische Zeit-Aufzeichnung gesorgt wäre; Renan giebt dies selbst zu. So wie der Apparat dargestellt wird, geht der persönliche Fehler voll in die Beobachtung ein, und man kann überdies nur eine Einstellung machen.

Faden in genügender Weise auf einem durchgehenden Stern zu halten, und das führte 1890 zu einer sehr einfachen Einrichtung. Sie unterscheidet sich von einem gewöhnlichen Ocular-Mikrometer nur dadurch, daß die Mikrometerschraube eine Scheibe mit elektrischen Contacten bekommen hat, gegen welche eine im Stromkreise eines Chronographen liegende Feder schleift, und daß das Ocular gleichzeitig, aber durch eine besondere, mit der Mikrometerschraube nur durch ein Zwischenrad verbundene Schraube mitgeführt wird. Läßt man den Faden mit dem Stern gehen, so giebt jeder Contactwechsel ein Signal am Chronographen, dessen Beziehung auf den Nullpunkt durch eine gelegentliche Untersuchung festzustellen ist. — Es erwies sich bald als wünschenswerth, beide Hände bequemer zur Bewegung der Schraube benutzen zu können, als es an dem einen Kopf möglich war, und es wurde deshalb eine besondere Handwelle mit zwei Köpfen eingeführt, welche durch geeignete Uebersetzungen beide Schrauben antreibt [Fig. 91]. — Die ersten Resultate des unpersönlichen Mikrometers finden sich in den Veröffentlichungen des Geodätischen Instituts, Potsdam 1890, 1891 u. s. w., auch A. N. 155, 33.

Für Instrumente mit gebrochenem Fernrohr fand man es unbequem, die Haltung der Hände nach der jemaligen Höhe, in welcher beobachtet wird, verschieden einrichten zu müssen. Es wurde deshalb 1894 hinter dem Mikrometer ein um die Fernrohrachse drehbarer, in beliebiger Stellung klemmbarer Ring mit zwei Handköpfen und conischen Zahnrädern angebracht, die durch einen um die Achse laufenden Ring mit doppelter Zahnung die Bewegung des Mikrometers bewirken (A. N. 141, 279 ff.) [Fig. 92]. Später (1904) wurden die beiden Handköpfe durch eine einfache, concentrisch zur Achse umlaufende größere Scheibe mit Zahnrad ersetzt, die man mit beiden Händen bewegt, wie es in Fig. 95 zu erkennen ist.

Von 1891 an kam das unpersönliche Mikrometer auch bei Meridiankreisen zur Geltung. Aeltere Mikrometer der Werkstatt konnten meist umgearbeitet werden, ohne daß ihre Form wesentlich geändert wurde, im Besonderen wurde auch die Declinations-Schiebung des Oculars beibehalten. Bei neuen Mikrometern wurde es als zweckmäßiger erkannt, diese zu unterdrücken, weil sie die Durchgangs-Beobachtung stören kann, die Einstellung in Declination aber immer, bei geklemmter Achse, mit dem Mikrometerfaden innerhalb zweier festen Fäden von 4^R Abstand geschehen zu lassen, und sie möglichst zu vervollkommen und zu erleichtern. Zunächst wurde zu dem Zweck elektrische Beleuchtung der Trommeln angeordnet und zwar von hinten her, so daß in einem Spiegel abgelesen werden muß. Man erreicht damit den doppelten Vortheil, das Glühlicht in bequemer Lage anbringen zu können und das Auge um den doppelten Abstand des Spiegels von der Theilscheibe weniger weit zurückziehen zu müssen, um deutlich zu sehen; auch eine Loupe läßt sich anbringen. Durch die um diese Zeit eingeführte Benutzung weißer Celluloid-Trommeln wurde die Ablesung noch bequemer. — Dann wurde die Bewegung der Declinations-Mikrometerschraube durch ein kleines rechtwinkeliges Vorgelege verbessert, welches die selbe zweckmäßige und bequeme Lage der Hand gestattet, wie bei der Drehung der Durchgangsschraube. — Um auch die Genauigkeit der Beobachtung durch Wiederholung steigern zu können, wurde an der Declinationsschraube ein Zeiger mit rechtwinkelig umge-

Fig. 91



Erstes unpersönliches Mikrometer, 1890,

drehbar um 90° ,

zu einem Durchgangs-Instrument von 30^1 Oeffnung.

Unpersönliches Mikrometer eines Meridiankreises, 1895.

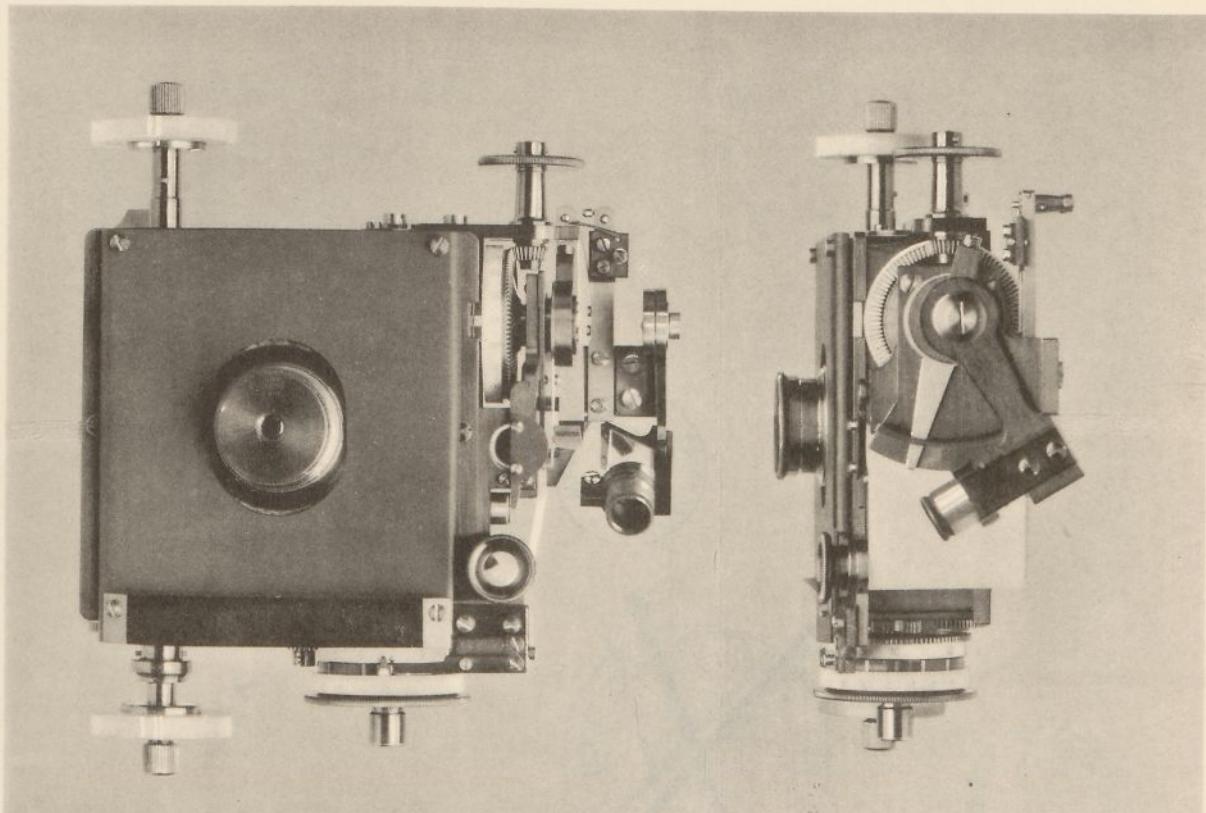
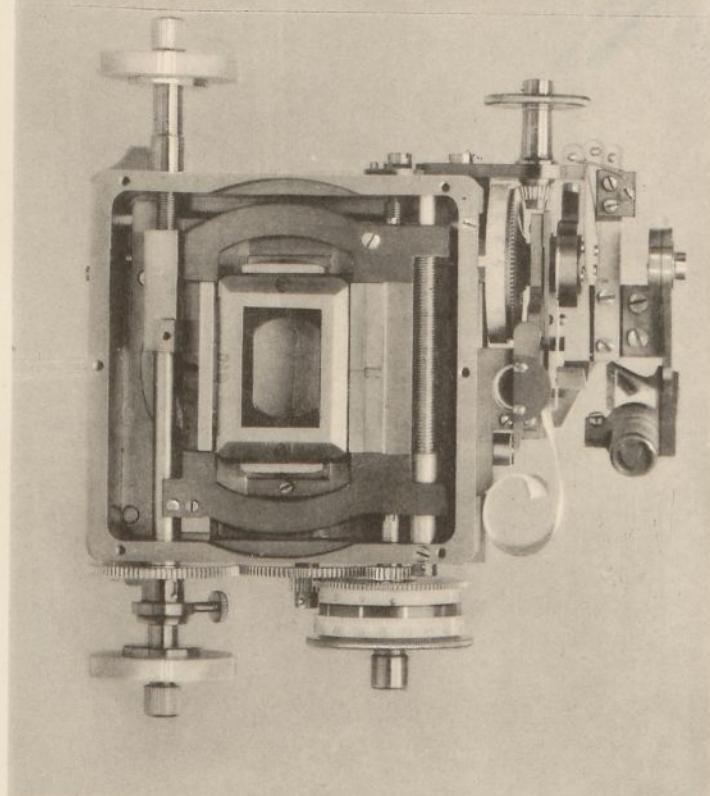


Fig. 93



ca. 1/2 n. Gr.

Unpersönliches Mikrometer eines gebrochenen Durchgangs-Instr., 1894.

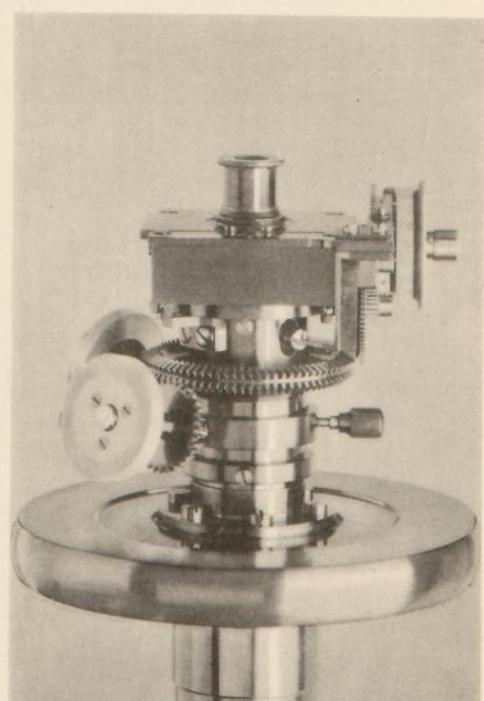
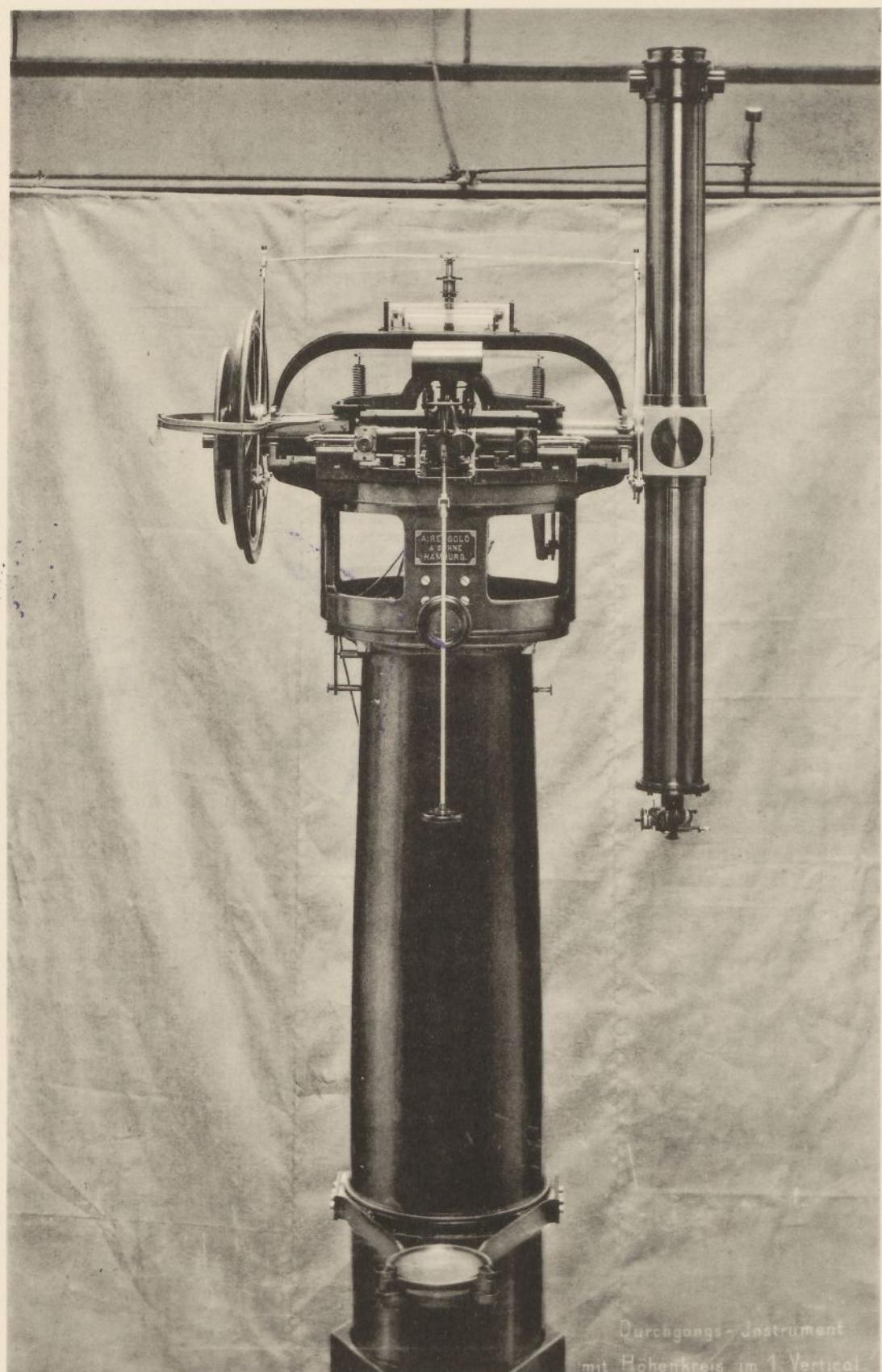
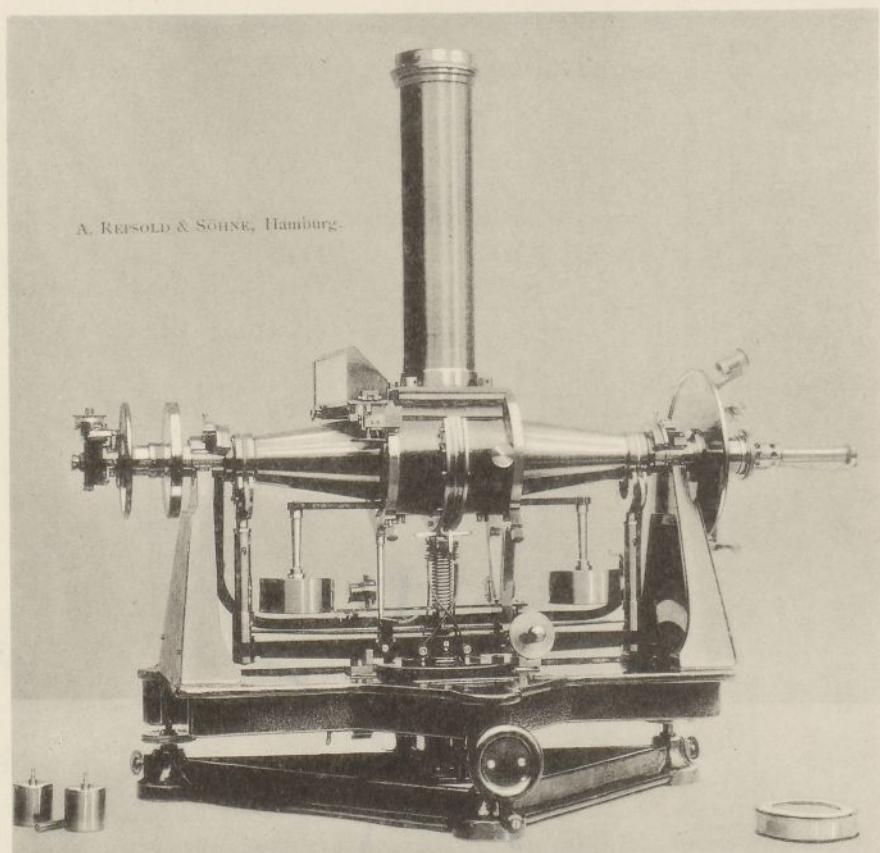


Fig. 92



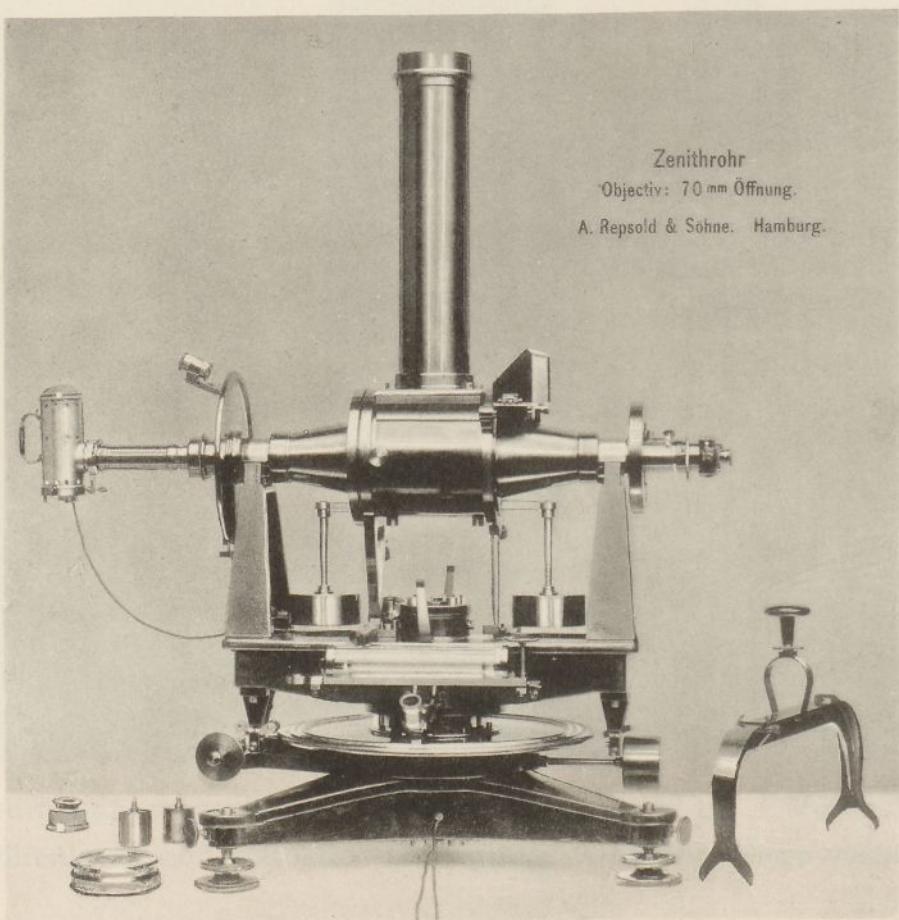
Durchgangs-Instrument von 1,2^m Brennweite im 1. Vertical
mit Höhenkreis und schneller Umlegung, v. Kuffner-Sternwarte 1890.

Fig. 95



70^{mm}-Durchgangs-Instrument mit Horrebow-Einrichtung, um 1904.

Fig. 96



Zenithrohr, 70^{mm} Öffnung, 1897.

bogener Spitze angebracht, der nach der ersten Einstellung auf den Stern anzuklemmen ist und sich dann bei Drehung der Schraube neben einem Theilbogen bewegt. Unter dem Bogen wird ein Papierstreif gehalten, auf welchem man nach jeder Einstellung durch einen Scheerenhebel einen Stich der Zeigerspitze absetzt, um gleich nach beendigtem Durchgang die Stiche gegen den Bogen abzulesen; es dient dazu eine bewegliche Loupe, die in ihrer Schiebhülse umgesteckt werden kann, um für kurz- und für weitsichtige Augen zu genügen. Der Papierstreif ist durch eine Rolle etwas vorwärts zu bewegen, um für eine neue Beobachtung vorbereitet zu sein. — Der Ocular-schlitten und die Zahnräder sind zum Schutze gegen die Wärme des Beobachters und Berührung mit einem Blech überdeckt [Fig. 93]. Weiteres folgt S. 56.

Für die von Kuffner'sche Sternwarte in Wien wurde 1891 ein Instrument gebaut, welches, auf Norbert Herz' Anregung, ein Durchgangs-Instrument im ersten Vertical mit schneller Umlegung und ein Zenith-Instrument in sich vereinigen sollte (Publicationen der von Kuffner'schen Sternwarte 2, 11 ff.) [Fig. 94]. Für die anfänglich verlangte Anordnung des Instruments zwischen zwei Pfeilern fand sich damals keine Lösung, auch wären bei den angenommenen kleinen Maßen (1,2^m Brennweite) Zenith-Beobachtungen sehr unbequem gewesen, und so entstand ein Instrument, welches, bis auf das Fortbleiben der Azimuthaldrehung, mit dem Straßburger Altazimuth einige Aehnlichkeit hat, besonders in dem geraden Fernrohr am Ende der Achse, der Umlegung, sowie der Klemmung und Ablesung in Declination. Die Biegung der Achse wird nicht durch einen inneren Hebel aufgehoben, sondern durch eine oben auf dem Umlegebock ruhende lange Feder, die mit je einem Rollenpaar unter die Endflanschen drückt, und, da das Nivelliren der beiden Endflächen des Fernrohres zeigte, daß die Biegung dadurch allein nicht zu heben war, wurde noch der abwärts wirkende Feder-Druck zweier Rollenpaare gegen die Mitte der Achse hinzugefügt. Die Ablesung des Höhenkreises geschieht durch vier gebrochene Mikroskope, die horizontal auf der Oberfläche des Säulenkopfes liegen. — Die Säule trägt an einem um sie drehbaren Ring einen Quecksilber-Horizont und sein Gegengewicht.

Im Jahre 1896 wurde auf besonderen Wunsch ein tragbares Zenithrohr von 70^{mm} Oeffnung ausgeführt. — Im Allgemeinen darf man sagen, daß für diese nur ganz einseitig verwendbare Instrument-Gattung kein rechtes Bedürfniß besteht, weil jedes Durchgangs-Instrument, selbstverständlich mit Umlegung, für diesen Zweck eben so gut und besser verwendbar ist, wenn es nur mit einer Horrebow-Einrichtung, also mit einem an der Fernrohr-Achse zu klemmenden Niveau und einer 90°-Drehung des Ocular-Mikrometers, versehen ist; und das kann ohne jede Beeinträchtigung seines Hauptzweckes leicht geschehen. Das ist auch bei den Repsold'schen Durchgangs-Instrumenten dieser Größe [Fig. 95] die Regel geworden, die im Uebrigen durch die Einführung der elektrischen Drähte durch den Mittelkörper der Achse, die Verlegung der Lampe für Feld, Kreis und Niveau in eine Verlängerung der Achse und den Antrieb des Mikrometers durch die einfache Handscheibe (S. 50) ein etwas verändertes Ansehen bekommen haben. Die Zenithrohre, wie sie bisher Mode gewesen sind, haben noch den besonderen Uebel stand, durch ihren hohen Aufbau sehr empfindlich zu sein. Um dem zu entgehen, wurde bei dem in Frage stehenden Instrument der niedrige Bau mit gebrochenem

Fernrohr von den Durchgangs-Instrumenten übernommen; im Wesentlichen wurde also nur die Umlegung durch eine Umdrehung ersetzt [Fig. 96].

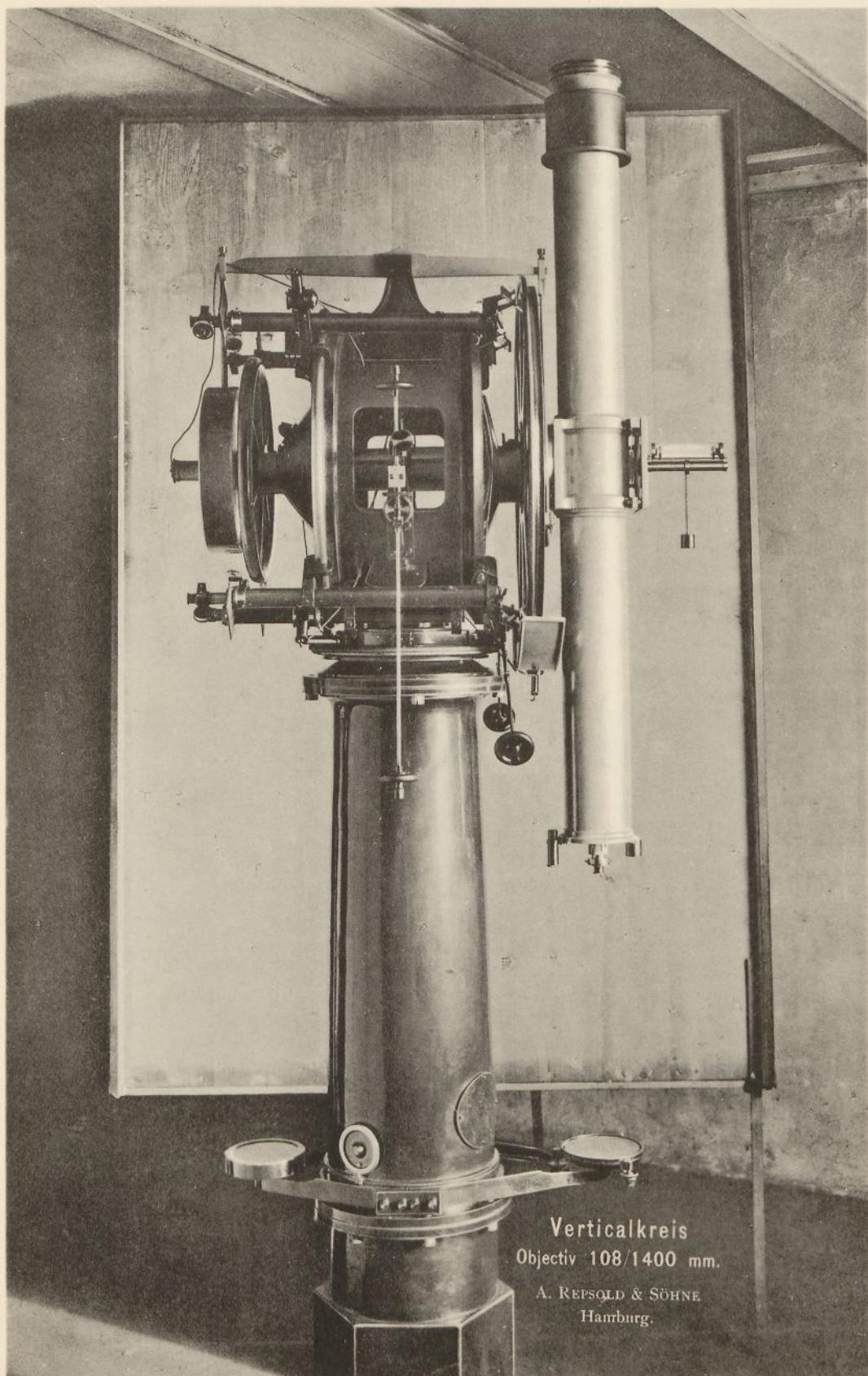
Gegen Ende des Jahrhunderts gab die Bestellung zweier großen Verticalkreise, in den Grundzügen dem Ertel'schen in Pulkowa ähnlich, Veranlassung zu einer Neugestaltung dieses von W. Struve eingeführten und zusammen mit einem Durchgangs-Instrument zur getrennten Beobachtung der beiden Meridian-Coordinateen benutzten Instruments. Der Säulenkopf ist ganz ähnlich den Pfeilerköpfen der Meridiankreise, doch enthält er beide Lager der horizontalen Achse [Fig. 97]. — Die Neubelebung jenes Beobachtungsverfahrens, welches doppelten Instrumenten-Apparat und fast doppelte Beobachtungszeit in Anspruch nimmt, hat später zu dem Bestreben mitgewirkt, den Meridiankreisen eine verbesserte Umlegung zu geben, die sie mehr noch als bisher geeignet machen kann, Verticalkreis und Durchgangs-Instrument zu ersetzen.

Im Jahre 1893 bekamen die Reversions-Pendel auf Veranlassung des geodätischen Instituts in Potsdam eine veränderte Gestalt. Statt der von Baeyer befürworteten Rohrform, bei welcher man jetzt Störungen durch die bei den Schwingungen entstehenden Luftströmungen im Rohr befürchtete, wurden massive Stangen als Pendelkörper verwandt, während die Schneidenhaltungen, soweit thunlich, unverändert blieben. Leider hat die dadurch vermehrte Biegung des Pendels die Beobachtungen beeinträchtigt. Dem Pendel von 1° Schwingungszeit wurde ein gleich schweres von $1/4^{\circ}$ beigegben. — Im Jahre 1894 wurde ein Apparat dieser Art mit Kessel für Schwingungen in luftleerem Raum [Fig. 98] für Japan ausgeführt.

Horizontal-Pendel wurden seit 1888 ausgeführt; zunächst im Wesentlichen nach Rebeur-Paschwitz¹⁾, mit Spitzen-Aufhängung, doch in Form eines Dreieckes aus sehr leichtem Messingrohr hergestellt [Fig. 99]. Der Lagerbock war in einem schweren Dreifuß befestigt, dessen Hohlraum eine Glasmutter überdeckte. Die Planspiegel, einer am Pendel und ein fester, reflectiren die Strahlen einer Lampe, die durch eine am Dreifuß angebrachte Linse auf die Walze eines Registrir-Apparates concentrirt werden. — Im Jahre 1896 wurde ein solcher Apparat mit zwei Pendeln in 90° gegenseitiger Richtung auf gemeinsamer Grundplatte gebaut, deren Stellschrauben durch lange Schlüssel von weit her bewegt werden können, um Correctionen ohne Unterbrechung der Beobachtung zu gestatten [Fig. 100]. — Mit Rebeur noch in seinem Todesjahre gepflogene Verhandlungen über einen neuen Apparat führten zu der Ueberzeugung, daß die Spitzen-Aufhängung wegen der wenig gesicherten Lage des Pendels in den flachen Schalen und wegen der großen Empfindlichkeit der Spitzen und Schalen wenig Zutrauen verdient. Den von der Werkstatt gemachten Vorschlag, auf die Zöllner'sche Aufhängung (Kgl. Sächs. Ges. der Wissenschaften, Leipzig 1871, 20./10.) zurückzugehen, konnte Rebeur sich nicht mehr zu eigen machen, obgleich er die Vorzüge derselben anerkannte. Die Sache zerschlug sich. Lewitzky²⁾ in Dorpat aber ging, als er 1897 einen neuen Pendel-Apparat zu bestellen hatte, bereitwillig auf diesen Vorschlag ein, und seitdem ist eine Reihe von Horizontal-Pendeln mit Aufhängung an sehr dünnen Platiniridium-Drähten (ca. 0,06 mm)

¹⁾ Ernst von Rebeur-Paschwitz, Frankfurt a. O. 1861 — Merseburg 1895.

²⁾ Gregorij Lewitzky, geb. Charkow 1852, damals Dir. Obs. Dorpat.



Verticalkreis, 1,4^m Brennweite, Odessa 1899.

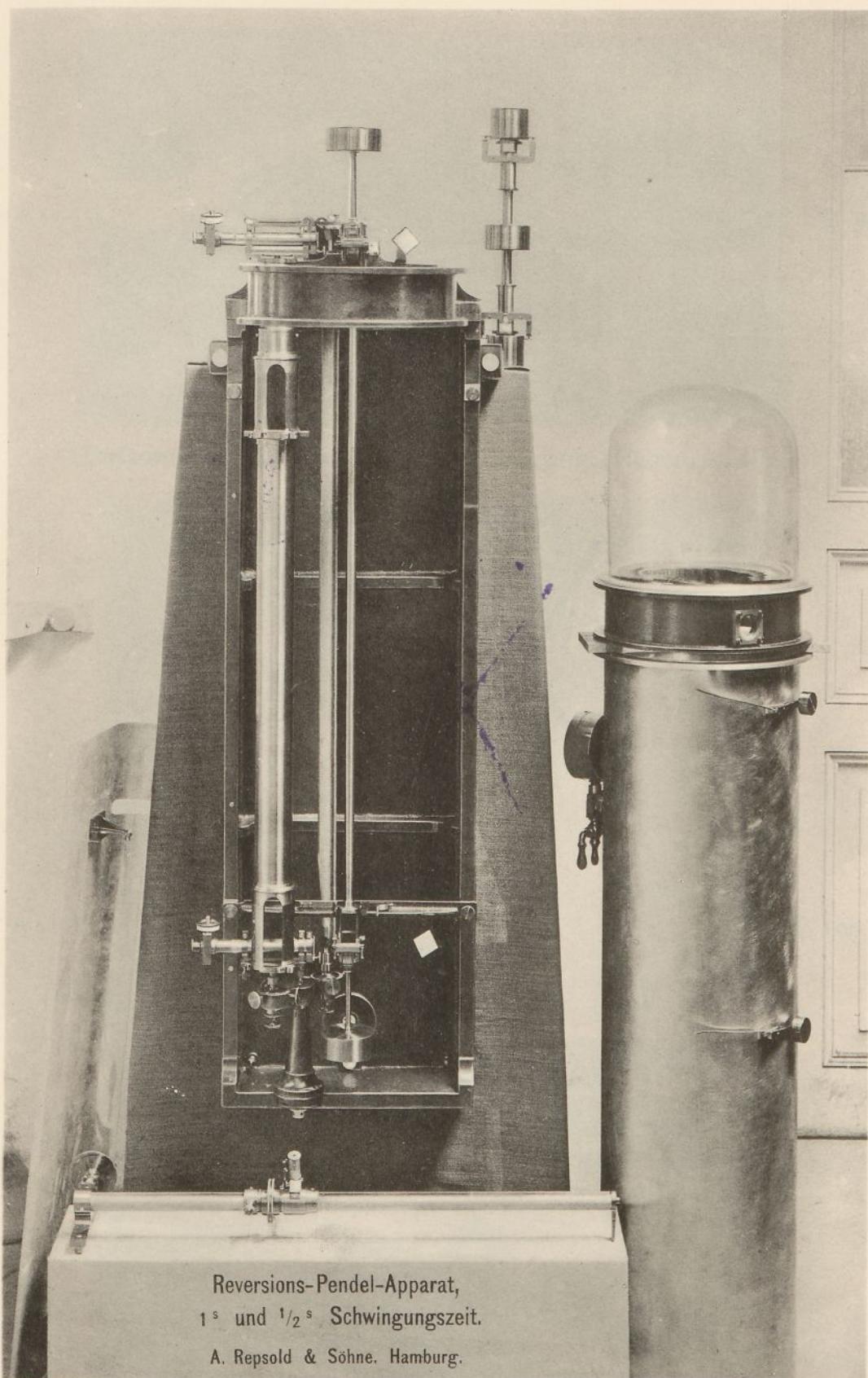


Fig. 98

Reversions-Pendel-Apparat,
 1 s und $1/2\text{ s}$ Schwingungszeit.

A. Repsold & Söhne. Hamburg.

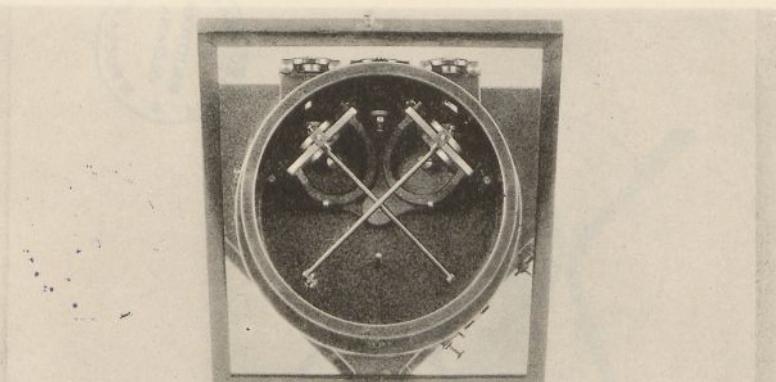
Reversions-Pendel-Apparat mit 1 s - und $1/2\text{ s}$ -Pendel, Japan 1894.

ca. 1/6 n. Gr.



Fig. 99

Horizontalpendel mit Spitzenaufhängung (Rebeur), 1882.

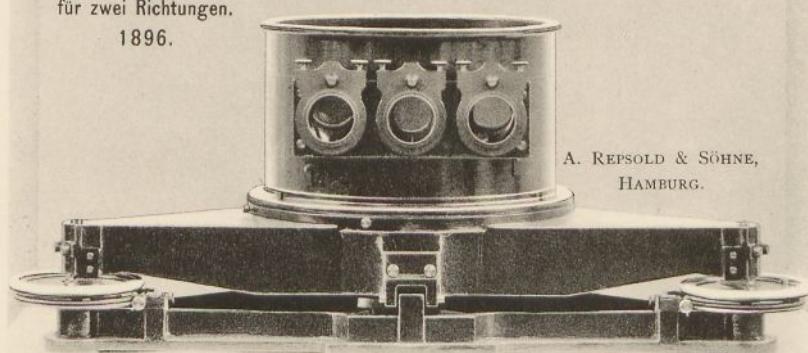


Horizontalpendel-Apparat
für zwei Richtungen.
1896.

ca. 1/5 n. Gr.

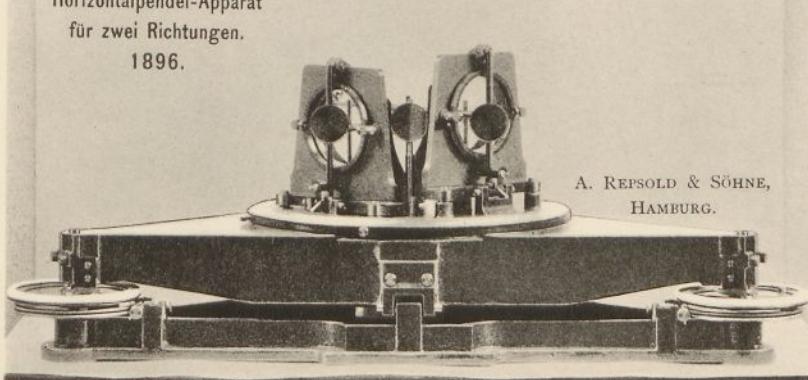
Fig. 100

A. REPSOLD & SÖHNE,
HAMBURG.



Horizontalpendel-Apparat
für zwei Richtungen.
1896.

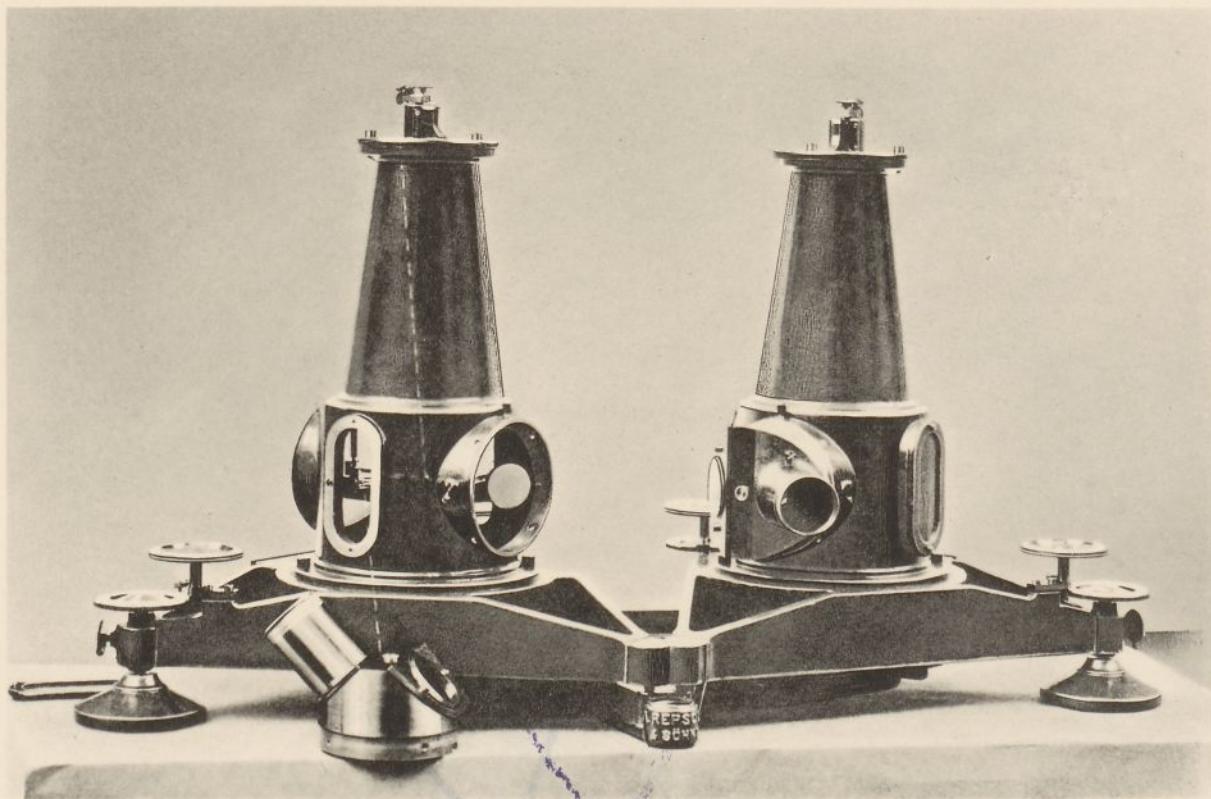
A. REPSOLD & SÖHNE,
HAMBURG.



Horizontalpendel mit Spitzenaufhängung für zwei Richtungen, 1896.

Fig. 101

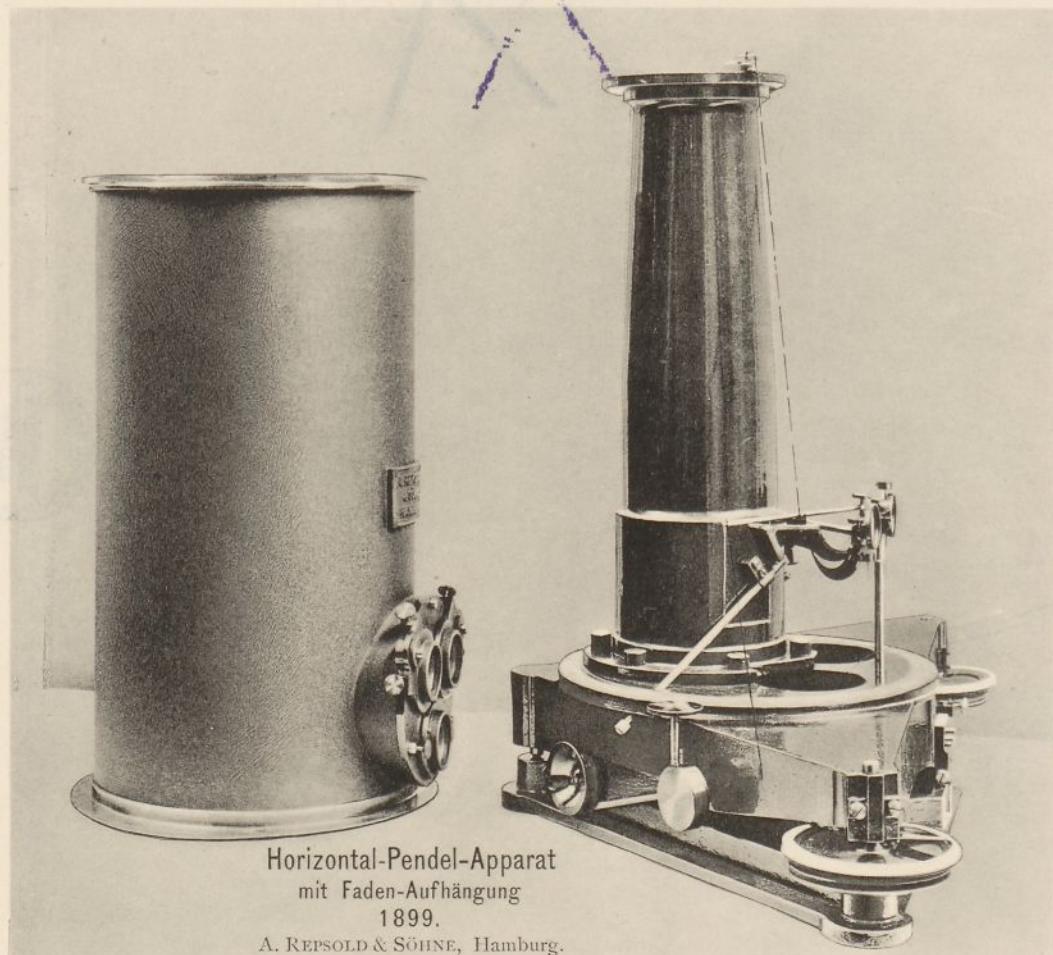
ca. 1/5 n. Gr.



Horizontalpendel mit Fadenaufhängung (Zöllner), 1897.

Fig. 102

ca. 1/4 n. Gr.

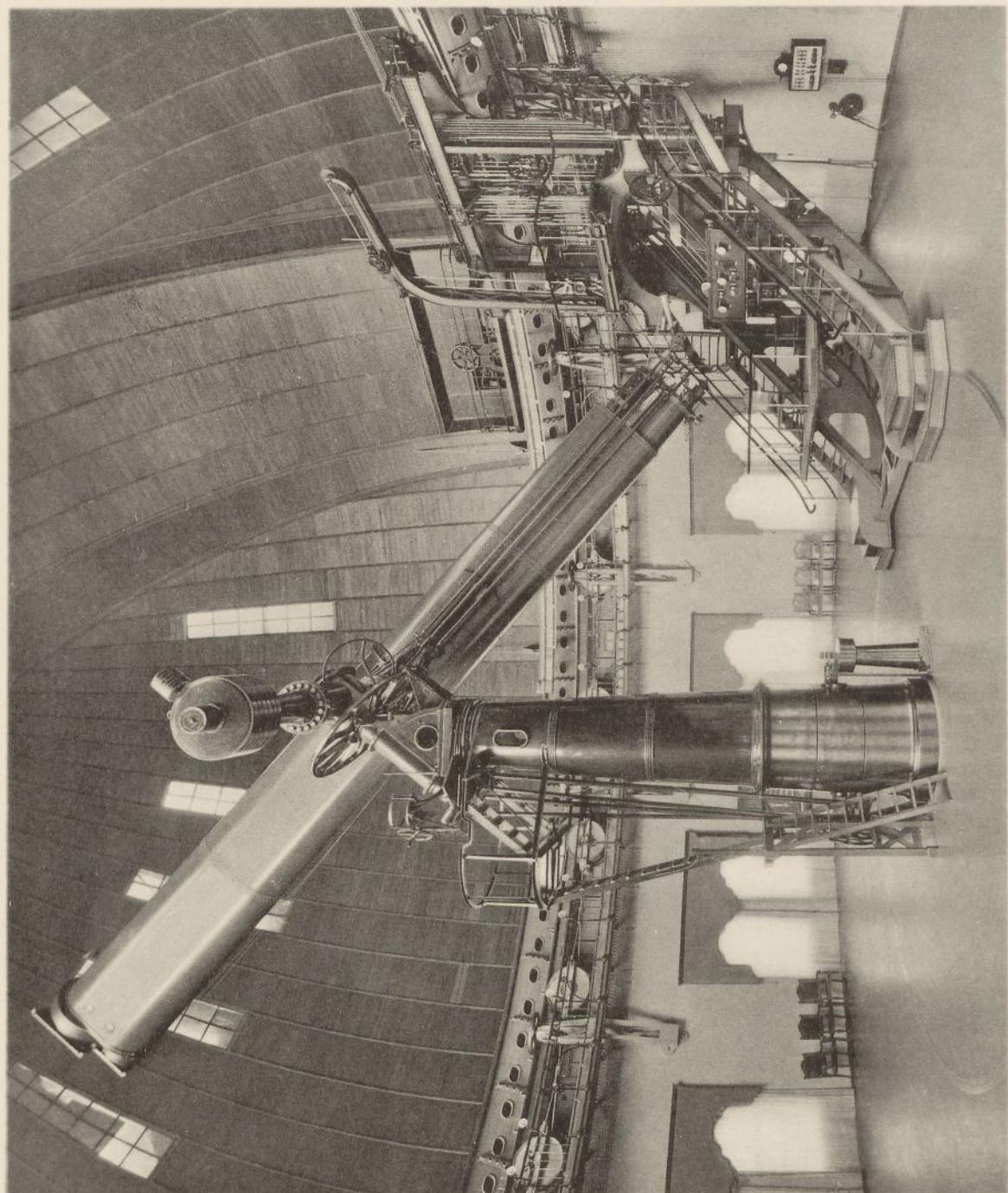


Horizontal-Pendel-Apparat
mit Faden-Aufhängung
1899.

A. REPSOLD & SÖHNE, Hamburg.

Horizontalpendel mit Fadenaufhängung für zwei Richtungen, 1899.

Fig. 103



12^m-Photographischer Refractor, Potsdam 1898.

dick) und von dem früheren geringen Gewicht (ca. 36 gr.), um die Apparate klein zu halten, hergestellt worden; sowohl Einzel-Apparate, die paarweise nebeneinander in 90° angeordnet wurden (für Dorpat, St. Petersburg) [Fig. 101], als auch in combinirter Ausführung (für Rußland und Japan) [Fig. 102]. Bei der ersteren Art hängt das Pendel in der weiten Säule; die verschließende Kapsel mit der Linse ist im Bilde bei dem einen der Apparate abgenommen und steht daneben. Bei der anderen Art sind beide Pendel außerhalb einer auf breitem Dreifuß stehenden Säule angeordnet. Die am Ende der Pendel befestigten Planspiegel bilden zugleich die Pendelgewichte; der feste Spiegel und die Linsen sind an der Schutzhülle (im Bilde neben dem Apparat stehend) befestigt (A. N. 186, 81). Die feinen Drähte sind in den Bildern durch punktirte Linien angedeutet.

In den letzten Jahren des 19. Jahrhunderts war die Werkstatt durch die Ausführung des großen photographischen Refractors für Potsdam sehr in Anspruch genommen [Fig. 103]. Die Objective haben: für die photographische Seite 800^{mm} Oeffnung, 12^{m} Brennweite, für das Leitrohr 500^{mm} Oeffnung, $12,5^{\text{m}}$ Brennweite. Die Aufstellung hat, mit Ausnahme des Fernrohres, im Allgemeinen die selben Maße und Einrichtungen, wie der 14^{m} -Refractor in Pulkowa, doch ist es ein wesentlicher Vorzug, daß die Achsen, wie auch die große Rolle, aus sogenannt »naturhartem« Stahl (von Krupp) hergestellt worden sind. Die dort auf Otto Struve's Wunsch durchgeföhrte Stundeneinstellung mit unbegrenzter Nachführung durch die Stellschraube wurde durch die gewöhnliche Einrichtung ersetzt, da für jene ein Bedürfniß nicht vorlag; und für die von Vogel gewünschte Einstellung beider Coordinaten vom Fußboden aus, ohne Aufbau, wurden an der Südseite der Säule vier Stahlrohre angeordnet: zwei feststehende, optische Einstellungs-Rohre, von denen das eine unmittelbar auf den unteren Stundenkreis, das andere auf einen in $\frac{90^\circ - \varphi}{2}$ gegen Norden geneigten Spiegel gerichtet ist, der die Strahlen durch die Stundenachse zum inneren Declinationskreis sendet, beide unten je durch ein Prisma in bequemer Höhe über Fußboden horizontal gebrochen; und daneben zwei drehbare Rohre als Uebertragungs-Wellen für die Bewegung des Instruments. Sie tragen oben kleine conische Zahnräder, die in größere concentrische greifen (an der Stundenachse selbst und am Ende der in dieser drehbaren Rohrwelle), und unten große Zahnräder, in welche die Triebe der beiden, concentrischen Handräder greifen. Die beiden Einstellungs-Rohre liegen rechts und links in bequemer Lage für das Auge während des Drehens. Die Handräder gehen leicht und unabhängig von einander; sie behindern auch nicht die Drehung des Fernrohrs am Ocular-Ende. Ueber den Handrädern, aber innerhalb des von dem Fernrohr nicht erreichbaren Raumes, ist ein leichter hölzerner Treppen-Aufbau errichtet. Er dient zur gelegentlichen Ablesung zweier kurzen Mikrometer-Mikroskope vor dem unteren Stundenkreise und erleichtert zugleich die Reinigung des Instruments, zusammen mit einem kleinen, um den Säulenkopf beweglichen Fahrstuhl, von dem aus man jederzeit die Uhrschraube und die inneren Theile der Declinationsbüchse erreichen kann.

Die photographische Seite des im Querschnitt ovalen Fernrohres ist für die Anbringung von Spectral-Apparaten mit einem weiten, durch eine mehrgängige Schraube mit Theilkopf und Zählscheibe beweglichen Auszug versehen. Den Kopf des Auszuges bildet ein geräumiger, verschließbarer Behälter, an dessen Ende eine Platte durch

ein Trieb in Position drehbar und nach einem Theilkreis ablesbar ist. Sie ist bestimmt, Apparate bis zu 50 kg Gewicht aufzunehmen, für welche einstweilen die entsprechende Masse an Gegengewichten am Ende des Fernrohres angebracht wurde. Der durch Seitenöffnungen leicht zugängliche Behälter bietet Raum für die Herrichtung von Vergleichsspectren und dergleichen [Fig. 104].

Zur zeitweiligen Ueberdeckung der beiden großen Objective während der Beobachtungspausen dient ein Gummileinen, welches auf zwei neben den Objectiven angebrachten Walzen durch Schnurzug vom Ocular her vor- und zurückgezogen werden kann. — Die Beleuchtung des Feldes, der Theilungen und zweier Thermometer, oben und unten am Rohr, geschieht durch kleine Glühlampen von zwei Kerzen, vier Volts. Die Leitungsdrähte sind durch die Achsen geführt, liegen aber außerhalb der dort eingebauten Ableserohre. Die Lampen können einzeln vom Ocular her entzündet werden, nach einer kleinen Schaltscheibe, die dauernd von einer mit jedem der anderen Lichter in dem selben Stromkreise liegenden Lampe beleuchtet wird; ein Nachlassen ihrer Helligkeit giebt die Sicherheit, daß die ferne Lampe brennt. Die meisten der Lampen werden mit Sammellinsen verwandt, zuweilen mit matter Planfläche, um die Form des glühenden Fadens im Bilde zu verwischen. — Vieles der näheren Einrichtungen ist aus den beiden verkleinerten Werkzeichnungen [Fig. 105 a, 105 b] zu ersehen. — Das Uhrwerk ist außerhalb des Beobachtungsraumes aufgestellt und durch eine unter dem Fußboden liegende Uebertragungswelle mit dem nördlich vor der Säule auf dem Fußboden aufgestellten Federpendel-Regulator verbunden; eine leichte Rohrwelle führt in der innen besteigbaren Säule zur Uhrschraube hinauf.

Um nicht die Grenze des Jahrhunderts allzu sehr zu überschreiten, sei nur noch der neuesten, zuerst für Kiel durchgeführten Umgestaltungen des Meridiankreises kurz gedacht. — Die wiederholt erwogene Einführung des Gußeisens und Stahles, ihrer größeren Starrheit und Leichtigkeit wegen gegenüber dem Messing und Rothguß, war bisher unterblieben, weil die Rohre entweder hätten aus Blech genietet werden müssen, was wegen der dabei unvermeidlichen Spannungen nicht zulässig erschien, oder hätten aus Gußeisen hergestellt werden müssen, bei dem aber trotz aller Sorgfalt auf eine homogene Beschaffenheit der Wände nicht hätte gezählt werden dürfen. Seitdem nach dem Mannesmann-Verfahren genügend weite Stahlrohre aus einem Stück geliefert werden, besteht dieses Bedenken nicht mehr, und die Größe des Instruments, 3^m Brennweite, ließ die Verwendung von Stahlrohren besonders erwünscht erscheinen. — Dieses Maß, bei einem verhältnismäßig sehr engen Beobachtungsraum, bedingte eine Umlegevorrichtung, bei welcher die Achse ihren Ort zwischen den Pfeilern nicht verlassen durfte, und diese brachte, als erst eine Lösung dafür gefunden war, die Vortheile mit sich, daß die Achse dauernd auf den Gegengewichts-Rollen ruht und daß sie weit behutsamer in die Lager zurückgeführt werden kann, als bisher. Dadurch wurde es möglich, die Declinations-Stellschraube vermittelst Zahnrad-Wellen, die am Pfeiler hinauf und durch einen der Achsenzapfen hindurchführen, mit einem neben dem Fernrohr gehaltenen Handschlüssel zu verbinden und so die hängenden Schlüssel endgültig zu beseitigen. Die beiden aus der Achse an den Pfeiler führenden conischen Zahnräder müssen freilich beim Einlegen der Achse etwas beachtet werden, und die

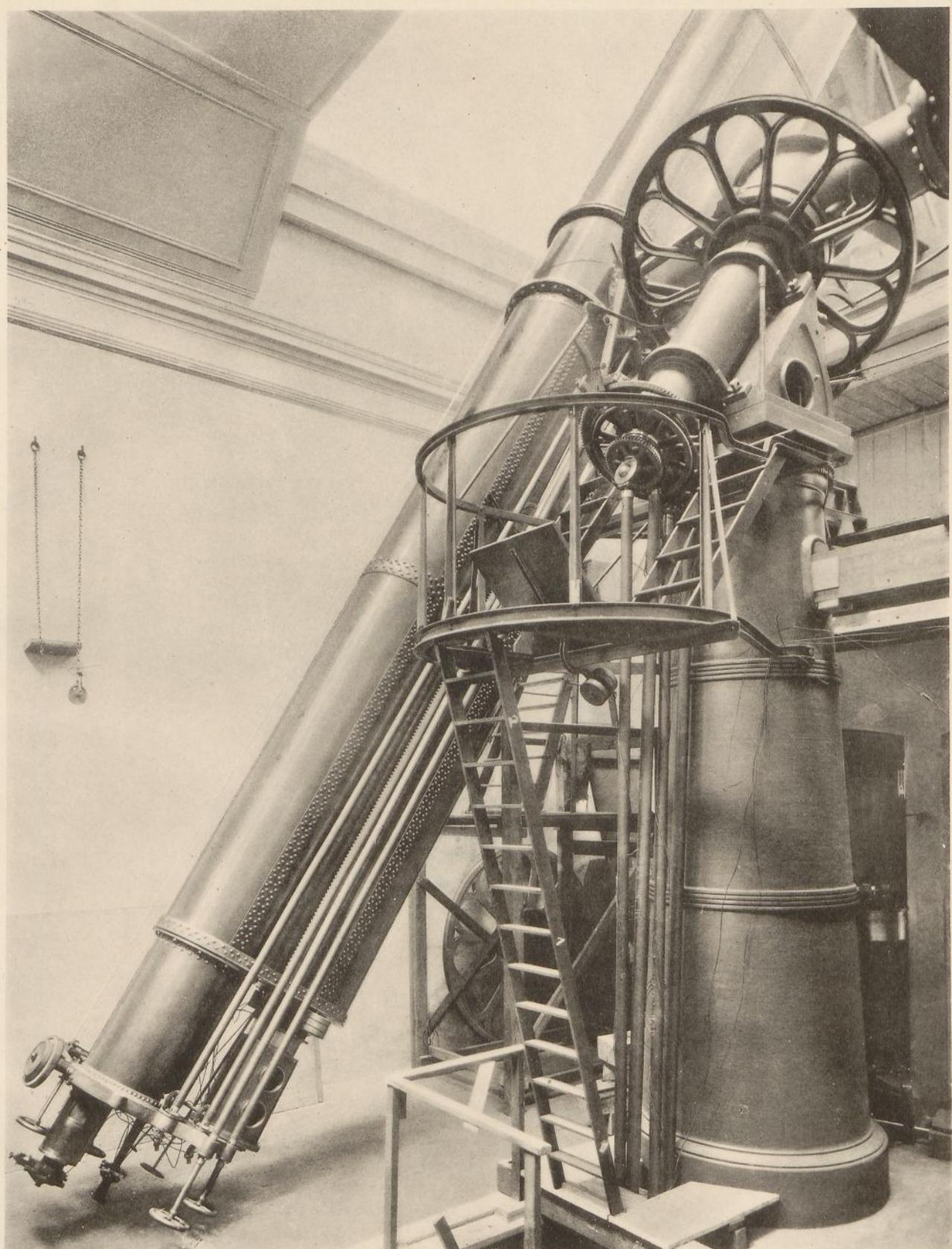
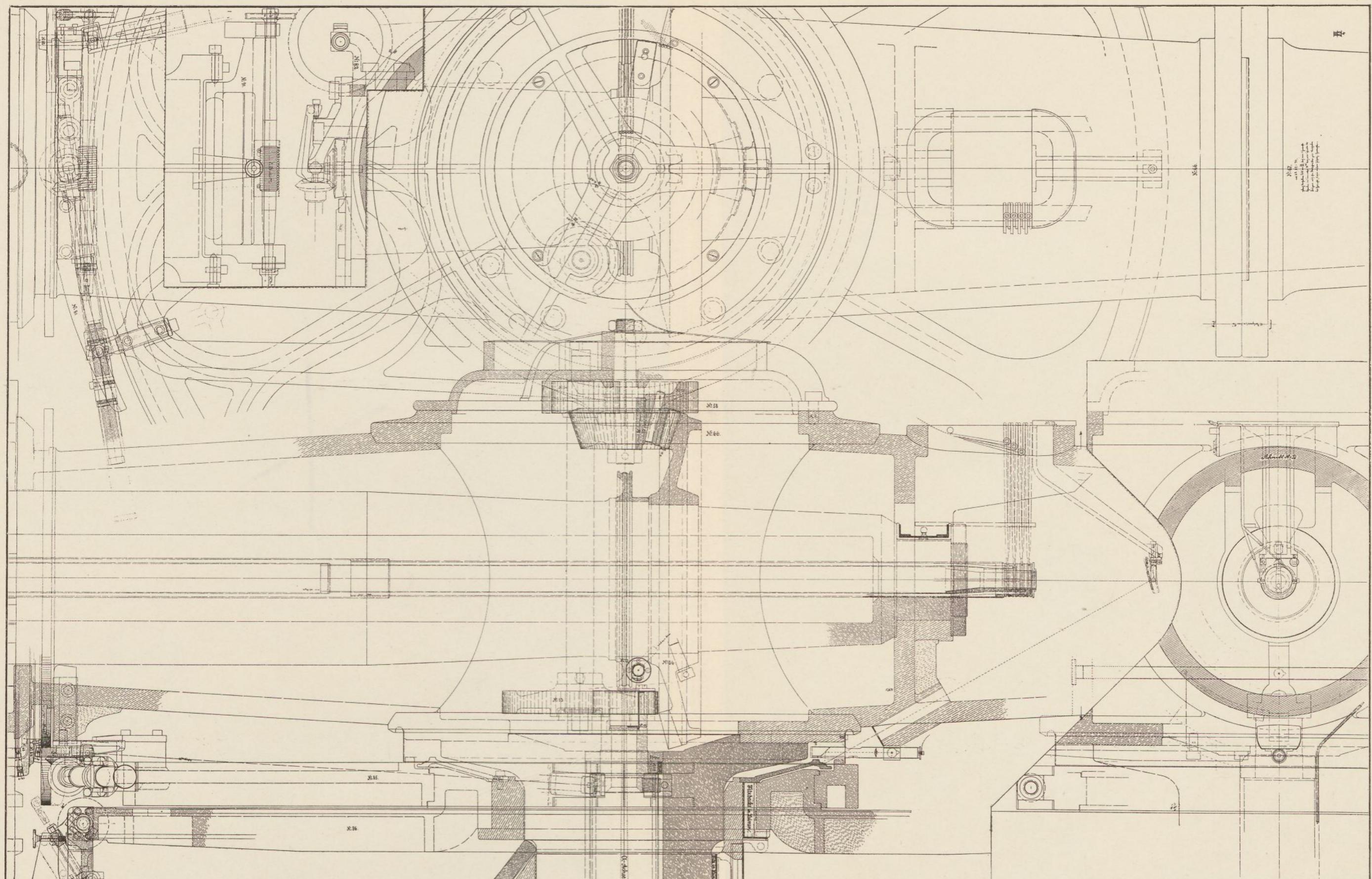


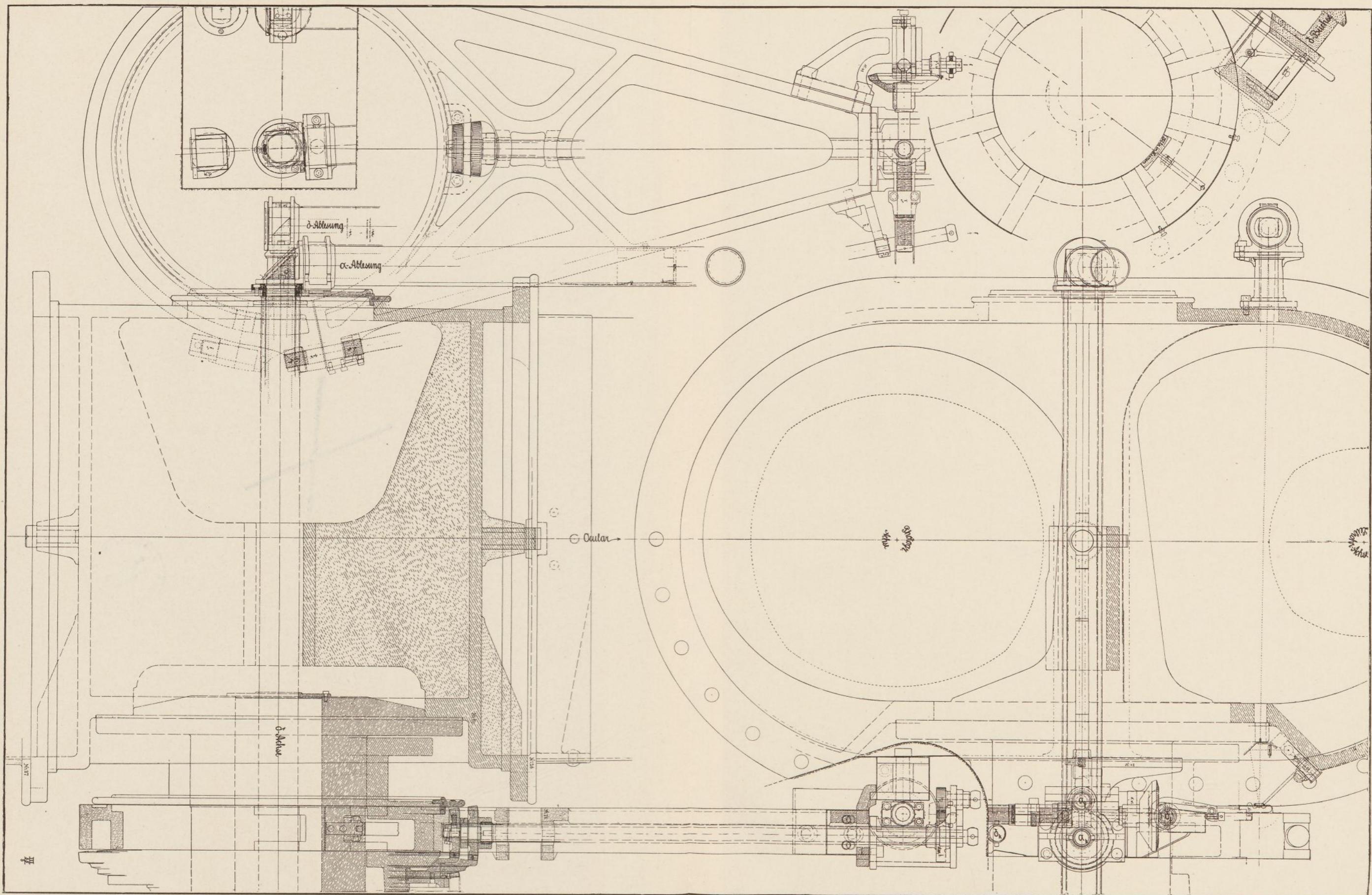
Fig. 104

12^m-Photographischer Refractor für Potsdam, 1898.



12^m-photographischer Refractor, Potsdam 1898. Declinationsachse und Kopf der Stundenachse, 1/6 n. Gr.

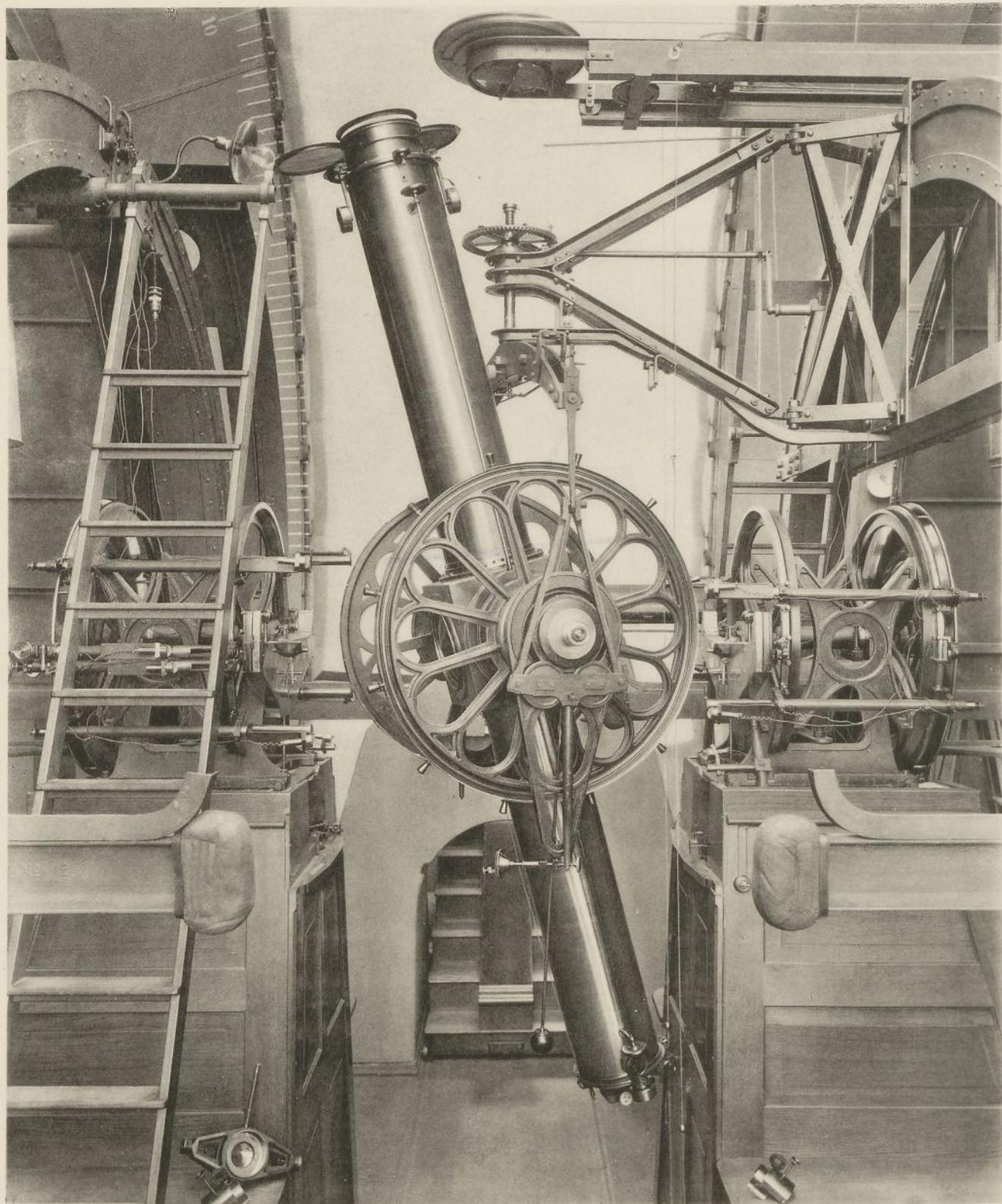
Fig. 105a



12^m-photographischer Refractor, Potsdam 1898. Fernrohrmitte und Kopf der Declinationsachse, 1/6 n. Gr.

Fig. 105b

Fig. 106



Meridiankreis, 3^m Brennweite, Kiel 1902.

Stellschraube ist, nach wie vor, von dem Pfeiler zu lösen und mit ihm zu verbinden; immerhin wurde beim Umlegen durch das Fortfallen des Ein- und Ausfahrens eines Umlegebockes viel an Zeit und Bequemlichkeit gewonnen. Im Uebrigen lag es nahe, den für die Umlegevorrichtung über dem Instrument nöthig gewordenen Bogen-Träger für einen Zenithspiegel auszunützen, sowie auch, mit Hülfe eines gleichen zweiten Bogens an der anderen Seite, für die Führungsbahnen eines fahrbaren Schutzdaches, welches, wie der Raum es nöthig machte, den Fußboden völlig unbehindert lassen konnte. — Der bei den gegebenen Maßen sehr berechtigte Wunsch, das Achsen-Niveau zu vermeiden, die zur Bedingung gemachte Anwendung von Hülfsbögen nach Hansen (A. N. 17, 51) bei den Ablesungen der Kreise und eine bequemere Gestaltung des Quecksilber-Horizontes durch Hochführung aus dem Fußboden heraus brachten weitere Neuerungen mit sich, über welche alle Harzer¹⁾ eingehend in den »Astron. Beobachtungen der Sternwarte Kiel« 1905 berichtet hat [Fig. 106].

Spätere, etwas kleinere Meridiankreise, von 7^f Brennweite, für La Plata, Hamburg, Cordoba und Santiago waren im Allgemeinen von ähnlicher Einrichtung; doch erhielten sie nicht die Ablesung nach Hansen; dagegen ließ sich für diese Größe ein Hänge-niveau leicht genug herstellen und durch geeignete Führung am Pfeiler bequem benutzbar machen. — Der eiserne Aufbau über dem Instrument konnte wesentlich leichter hergerichtet werden und bekam die Form zweier Doppeltreppen, von denen die eine die Umlegevorrichtung, die andere den Zenith-Spiegel trägt. Dieser wurde durch die Drehung um eine senkrechte Rohrwelle bequemer beweglich als früher; zwei durch das Rohr hinabgehende Schnüre geben die Drehung um 180°. — Die beim Umlegen des Kieler Kreises immerhin etwas lästige Beachtung der beiden Zahnräder bei dem einen der Zapfen konnte vermieden werden, indem die Zahnrad-Welle nicht am Lager, sondern an der Klemme zur Schraube hinabgeführt wurde, und bei dieser Gelegenheit erwies es sich als möglich und zweckmäßig, die Verbindung der Klemme mit dem Pfeiler weiter zu vereinfachen, indem die Schraube nicht unmittelbar an den Pfeiler angeschlossen wurde, sondern an den neben der Klemme hinabgehenden Fuß des Rollenträgers, der dann natürlich einen festen seitlichen Halt am Pfeiler bekommen mußte. Es wurde zu dem Zweck ein am Pfeiler zwischen zwei Spitzenschrauben beweglicher Arm (wie bei den älteren Meridiankreisen) eingeführt, mit einer oberen und einer unteren Einsenkung am Ende, welche die kugeligen Enden des Rollenträgers und der vom Gegengewichts-Hebel im Keller herauf kommenden Druckstange mit beiderseitig gleichem, starkem Druck in der selben Senkrechten aufnehmen. Durch diese beiden an sich zweckmäßigen Änderungen ist zugleich die Umlegung von jeder Auslösung unabhängig geworden; man dreht nur an der Kurbel: rechts um zu heben und um 180° zu drehen, links um die Achse wieder einzulegen, und das erfordert so wenig Zeit, daß man über ein großes Feld des Himmels den selben Stern-Durchgang in beiden Lagen nach beiden Coordinaten wird beobachten können oder, wenn die Zeit nicht ausreicht, getrennt für die Coordinaten; für Höhe in ähnlicher Weise, wie seit 1908 von Bonsdorff²⁾ am Verticalkreis ausgeführt (V. I. S. 1913, 240; Verhandlungen

¹⁾ Paul Harzer, geb. Großenhain 1857, Dir. Obs. Kiel.

²⁾ Ilmari Bonsdorff, ?, Adj.-Astr. Pulkowa.

der Erdmessungs-Conferenz 1913, Beil. A, 34). — Dieser ursprünglich nicht beabsichtigte, aber, als er sich zeigte, natürlich auch nicht vernachlässigte Vortheil der schnellen Umlegung hat bei Verehrern des Hergebrachten einiges Bedenken erregt; als ob sie gezwungen werden sollten, nun in einem ungewöhnlichen, ihnen völlig unsympathischen Tempo zu beobachten. Dagegen ist nur zu sagen, daß Niemanden Wohlthaten aufgedrängt werden sollen. Ein Beobachter phlegmatischen Temperaments mag an einem dieser neuen Instrumente seinen behaglichen Gang beibehalten, wie er ihn an älteren gewohnt worden ist; er wird nicht daran gehindert. Aber es bleibt doch ein Vortheil, wenn das Instrument einem lebhafteren Beobachter die Möglichkeit bietet, mehr zu leisten. Wie weit das reichen wird, muß abgewartet werden. [Fig. 107]. — Zu dem Mikrometer [Fig. 108] ist Folgendes zu bemerken: Es waren mehrfach weitere Versuche gemacht worden, an den Ocular-Mikrometern der Meridiankreise die Declinations-Beobachtung zu vervollkommen, entsprechend dem in den Durchgangs-Beobachtungen erreichten Gewinn, wie ihn die bei den Meridian-Instrumenten der Werkstatt allgemein üblich gewordene Einführung des unpersönlichen Mikrometers mit sich brachte. An dem Mikrometer in Kiel und dem sehr ähnlichen des neuen, im Uebrigen englischen Meridiankreises der Cap-Sternwarte wurde der Kopf der Declinations-Schraube mit einer Celluloid-Platte versehen, auf welcher nach den Einstellungen, durch einen leichten Druck zwischen den Fingern, Bleistiftstriche gezogen werden können, und zwar unmittelbar neben der Theilung des Kopfes, nach welcher sie abgelesen werden sollen. Nach der Ablesung sind die Striche fortzuwischen (Gill, Part III, Pl. XIX). Der Bleistift kann auch als Index benutzt werden, wenn man sich nur daran gewöhnt, die wenigen Ziffern der unmittelbaren Ablesung für einige Secunden im Gedächtniß festzuhalten, oder auch sie einem Gehilfen zuruft. — Besonders aber wurde die Ablesung der dauernd beleuchteten Trommel durch ein gebrochenes Mikroskop, dessen Ocular neben und in gleicher Höhe mit dem Ocular des Mikrometers steht, noch bequemer gemacht; eine kleine Bewegung des Kopfes seitwärts genügt, um das Auge von dem einen zum andern zu bringen. Diese Einrichtung wird sich vermutlich als die zweckmäßigste erweisen und ist für die letzten Meridiankreise angenommen worden. — Eine weitere Ausbildung hatte das Meridiankreis-Mikrometer schon 1898 dadurch erfahren, daß das in seiner Nähe auf einer leichten Holzplatte angebrachte elektrische Licht (3,8 Volts, 0,25 Ampère), welches bisher nur zur Beleuchtung der Mikrometer-Trommel diente, auch für das Feld, die Fäden und das Nadir ausgenutzt wurde. Das geschieht in der Weise, daß gleich hinter dem Gehäuse des Mikrometers durch eine große, aber von zwei Seiten stark angeschnittene Linse, in deren Brennpunkt das Licht steht, ein breiter Büschel parallelen Lichtes rechtwinkelig zur optischen Achse des Fernrohres in den Kopf des Auszugrohres geworfen wird und dort auf vier rings um den Strahlkegel angebrachte Spiegel trifft, die das Licht weiter an vier polirten Flächen nahe der Brennebene in ca. 20° Neigung unter die Fäden reflectiren. Alle Fäden werden in dieser Weise von beiden Seiten gleichmäßig erleuchtet [Fig. 109]. Soll statt der Fäden das Feld beleuchtet werden, so wird ein größerer Spiegel in den aus der angeschnittenen Linse tretenden Lichtbüschel gedreht, der diesen von den vier Spiegeln abhält und nun gegen das Objectiv wirft; das unmittelbar von den Oberflächen der Objectiv-Linsen ins Ocular

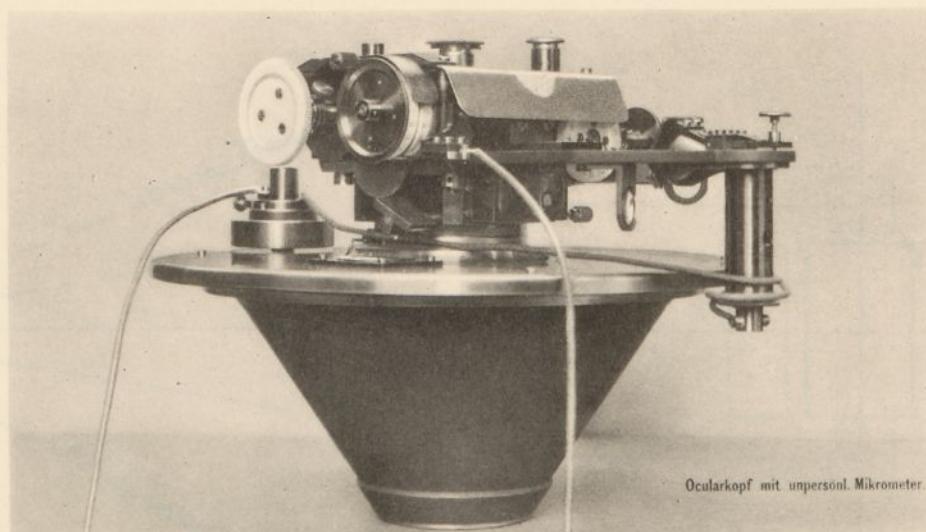


Fig. 108

Ocularkopf.

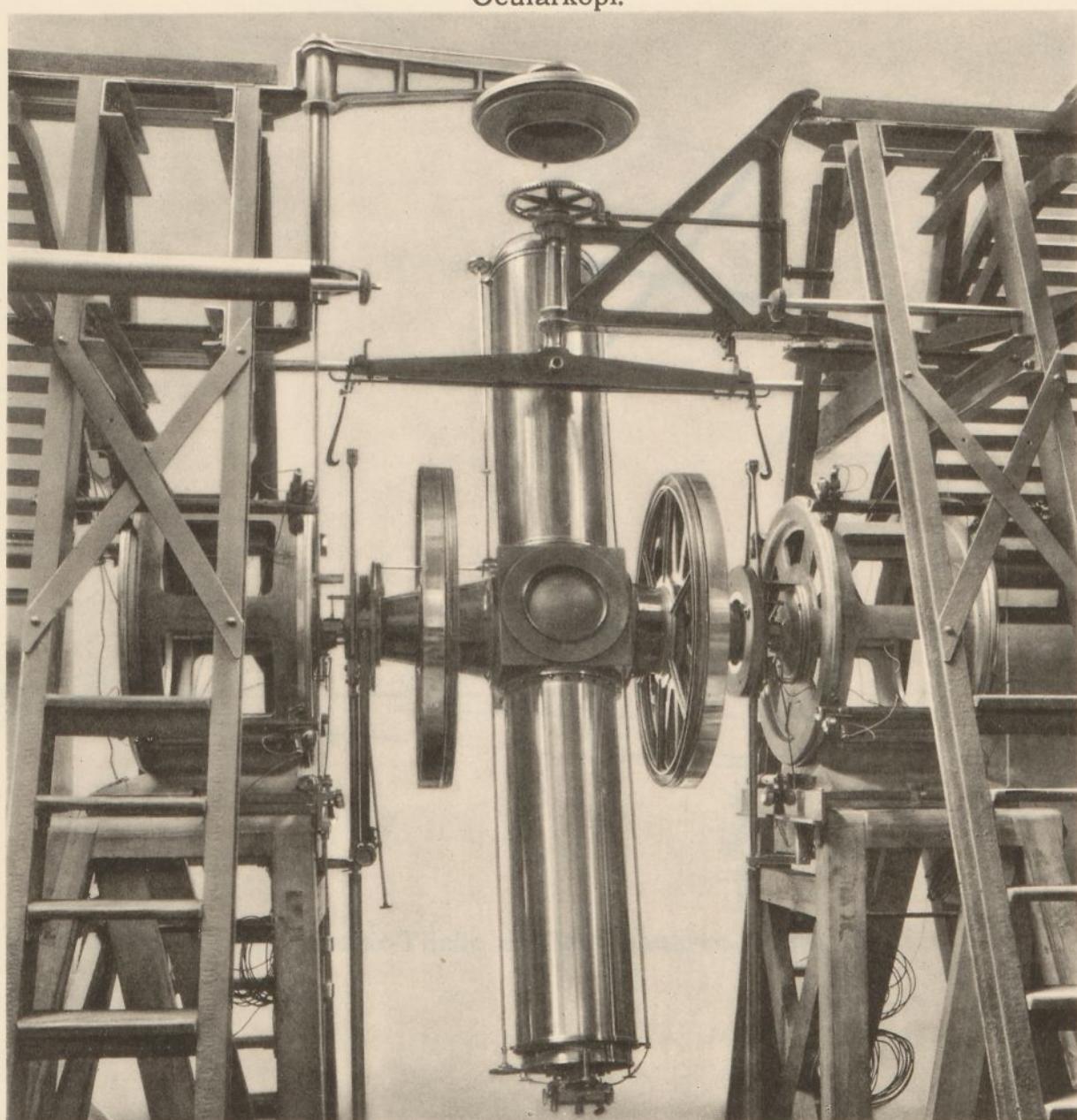


Fig. 107

Meridiankreis, 7^f Brennweite, La Plata 1908.

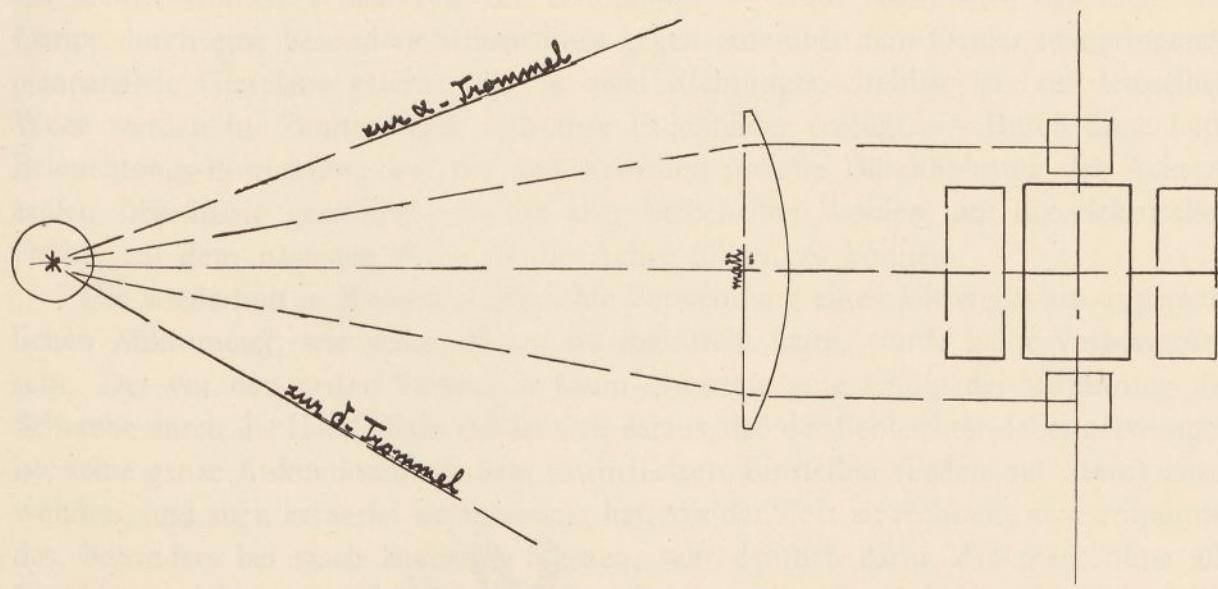
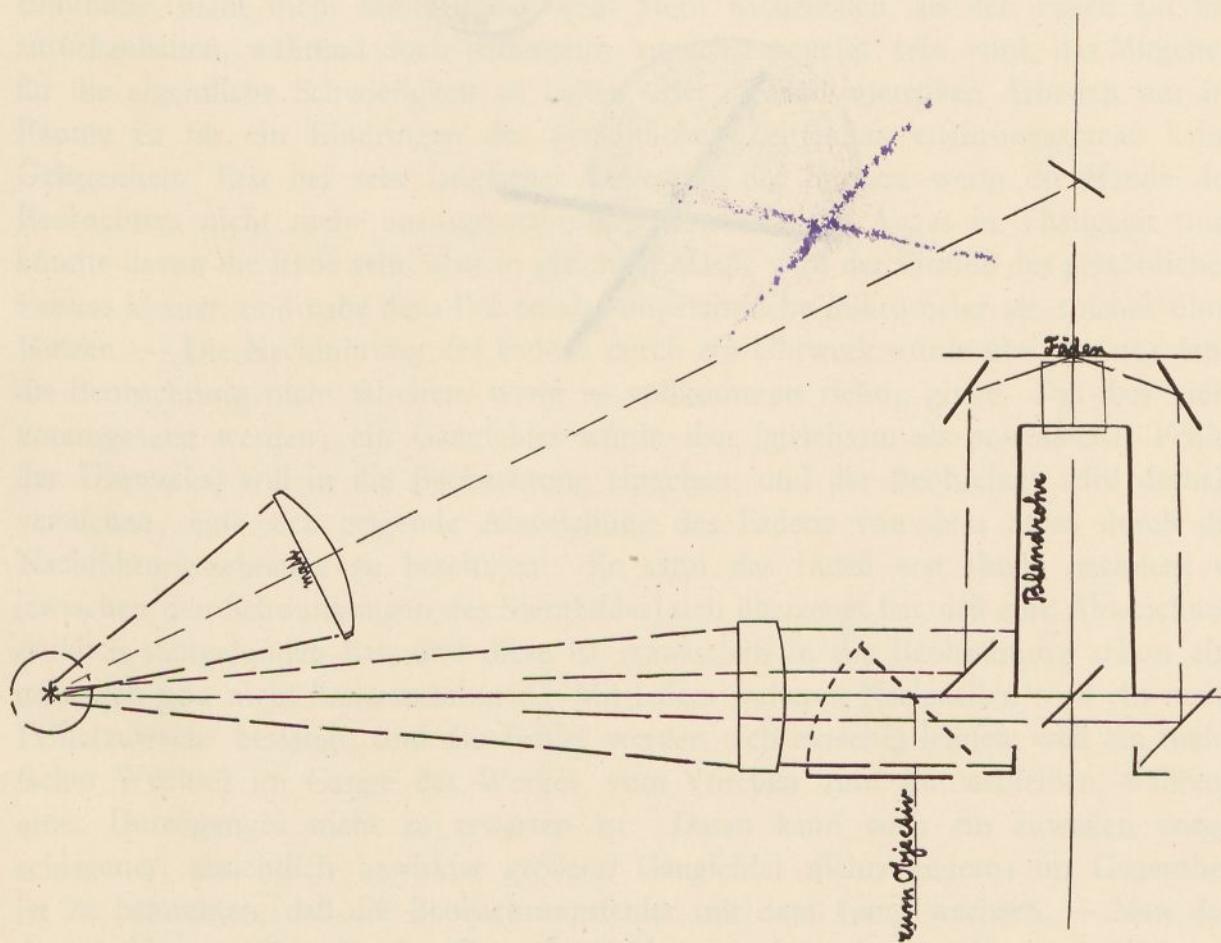


Fig. 109



Beleuchtung der Ocular-Theile an Meridiankreisen um 1898.

reflectirte Licht giebt eine gute Feldbeleuchtung; der früher benutzte Spiegel hinter dem Objectiv erwies sich als überflüssig. — In beiden Fällen der Beleuchtung dient ein kleiner Kohlen-Widerstand zur Dämpfung. — Zum Nadir wird das Licht der Lampe durch eine besondere Sammellinse gegen eine über dem Ocular anzubringende planparallele Glasplatte geleitet, die in zwei Richtungen drehbar ist; auf demselben Wege werden im Zenithspiegel reflectirte Fadenbilder erzeugt. — Durch diese neue Beleuchtungs-Einrichtung war die seit Ramsden übliche Durchbohrung der Achsenzapfen überflüssig geworden; sie ist aber beibehalten worden, um die elektrischen Drähte auf dem nächsten Wege in die Achse führen zu können.

Die wiederholt in Anregung gebrachte Verwendung eines Uhrwerks am unpersönlichen Mikrometer, wie schon Braun sie angestrebt hatte, würde keine Verbesserung sein. Der vor den ersten Versuchen kaum erwartete gute Erfolg der Mitführung der Schraube durch die Hand allein erklärt sich daraus, daß der Beobachter dabei gezwungen ist, seine ganze Aufmerksamkeit dem räumlichen Einstellen (Faden auf Stern) zuzuwenden, und auch keinerlei Veranlassung hat, mit der Zeit zu rechnen; man empfindet das, besonders bei rasch laufenden Sternen, sehr deutlich darin, daß man, ohne alle Einübung, nicht mehr Mühe findet, dem Stern nachzueilen, als den Faden auf ihn zurückzuhalten, während doch jedermann zunächst geneigt sein wird, das Mitgehen für die eigentliche Schwierigkeit zu halten. Bei diesem intensiven Arbeiten nur im Raume ist für ein Eindringen des persönlichen Zeitfehlers erfahrungsgemäß keine Gelegenheit. Erst bei sehr langsamer Bewegung des Sternes, wenn die Hände des Beobachters nicht mehr unausgesetzt unter ~~Controle~~ des Auges in Thätigkeit sind, könnte davon die Rede sein; aber in gleichem Maaße wird der Einfluß des persönlichen Fehlers kleiner, und nahe dem Pol ist das ~~unpersönliche~~ Mikrometer als solches ohne Nutzen. — Die Nachführung des Fadens durch ein Uhrwerk würde übrigens nur dann die Beobachtung nicht fälschen, wenn es vollkommen richtig ginge. Das darf nicht vorausgesetzt werden; ein Gangfehler würde aber (gleichsam als persönlicher Fehler des Uhrwerks) voll in die Beobachtung eingehen, und der Beobachter wird deshalb versuchen, eine sich zeigende Abweichung des Fadens von dem Stern durch die Nachführungsschraube zu beseitigen. Er kann das indeß erst thun, nachdem er (zwischen den Schwankungen des Sternbildes) sich überzeugt hat, daß eine Abweichung wirklich stattgefunden hat, und diese ist inzwischen in die Beobachtung schon eingegangen und nicht herauszubringen. Mit jedem weiteren Nachstellen wird ein neuer Fehlerzuwachs bestätigt, und die Fehler werden sich einseitig häufen, weil ein mehrfacher Wechsel im Gange des Werkes, vom Voreilen zum Zurückbleiben, während eines Durchgangs nicht zu erwarten ist. Daran kann auch ein zuweilen vorgeschlagener, absichtlich bewirkter größerer Gangfehler nichts ändern; im Gegentheil ist zu befürchten, daß die Beobachtungsfehler mit dem Gang wachsen. — Man darf danach bis zum Beweise des Gegentheils (der nur dadurch erbracht werden könnte, daß der selbe Beobachter an dem selben Instrument mit und ohne Uhrwerk, im Uebrigen unter möglichst gleichen Verhältnissen die selben Beobachtungen anstellen würde) annehmen, daß man mit einem Uhrwerk nur einige Bequemlichkeit auf Kosten der Güte der Beobachtungen erreichen würde. Ueberdies bleibt zu beachten, daß der complicirte

Apparat mit Uhrwerk, abgesehen von dem Zeitaufwande für das jedesmalige Einstellen nach Declination, noch andere Nachtheile mit sich bringen würde. In Königsberg machen die Zitterungen des Uhrwerks am Fernrohr Declinations-Beobachtungen während des Durchgangs unmöglich. An der Cap-Sternwarte hat man (nach Braun's Vorgang) die Uhrbewegung durch die Achse geleitet, das ist an sich der beste Weg; wenn es aber auch gelingen sollte, eine in sich befriedigende Nachführung auf diesem Wege herzustellen, so behält sie den Uebelstand, die Umlegung der Achse wesentlich zu erschweren. — Ein weiterer Umstand kommt in Betracht: Neben dem persönlichen Zeitfehler, den zu heben das unpersönliche Mikrometer bestimmt war, kann sich bei Durchgangs-Beobachtungen ein kleiner räumlicher Einstellungsfehler geltend machen, der auf der persönlichen Auffassung der genauen Bisection des Sternbildes durch den Faden beruht und der sich mit dem persönlichen Zeitfehler vermischen würde. Es ist zu erwarten, daß das unpersönliche Mikrometer mit Handantrieb auch dieser Fehlerquelle entgegenwirken wird; denn das unausgesetzte, unvermeidlich abwechselnde Einstellen von rechts und links, als welches sich das Mitführen des Fadens durch die Hand darstellt, ist das oft und in erster Linie angewandte Mittel, solche Fehler herabzudrücken, und es darf vielleicht gar gehofft werden, daß er dadurch in der Regel verschwindet. Bei der Benutzung eines Uhrwerks, wo jenes pendelnde Spiel des Fadens um den Stern fehlt, fällt damit dieser Vorzug fort. (A. N. 141, 279ⁿ).

5. Breithaupt, Starke, Pistor & Martins.

Die seit Anfang des neunzehnten Jahrhunderts von Fried. Wilhelm Breithaupt in Cassel geleitete Werkstatt arbeitete seit 1827, nachdem Georg Breithaupt, Fried. Wilhelm's Sohn (1806—88), eingetreten war, unter der Firma F. W. Breithaupt & Sohn. Im Jahre 1864 wurden Georg's Söhne, Friedrich (1840—1907) und Wilhelm (geb. 1841) aufgenommen, und gegenwärtig wird die Werkstatt von Wilhelm und Georg, Friedrich's Sohn (geb. 1873), geleitet. — Gruben- und Feld-Meßwerkzeuge spielten weiter die Hauptrolle, und es wurden daran Verbesserungen eingeführt, die einen bequemeren Gebrauch und leichtere Instandhaltung bezweckten, z. B. Strichnetze auf Glas und Staubringe zum Schutze der Theilungen. Obgleich die Preisverzeichnisse auch astronomische Instrumente angeben, scheinen solche im Allgemeinen in geringer Zahl ausgeführt worden zu sein. Das Verzeichniß von 1881 nennt: tragbare Meridiankreise mit gebrochenem Fernrohr bis zu 55^{mm} Oeffnung und durch zwei Mikroskope abzulesendem Kreis; die Aufstellung ist ähnlich der eines Universal-Instruments ohne Umlegung; Abbildungen liegen nicht vor. Es folgt ein Universal-Instrument (astronomischer Theodolit) mit Umlegung [Fig. 110], gebrochenem Fernrohr und Mikroskopen, im Allgemeinen ähnlich den älteren Repsold'schen Instrumenten, dasselbe auch mit Fernrohr am Ende der Achse, sowie ein kleineres mit Verniers. — Tragbare Durchgangs-Instrumente werden angegeben, sind aber mit den beigegebenen Zeichnungen (offenbar aus älterer Zeit, ohne Umlegung) kaum in Uebereinstimmung zu bringen, während schon 1876 (Magazin der neuesten Instrumente von F. W. Breithaupt & Sohn, VI) [Fig. 111]

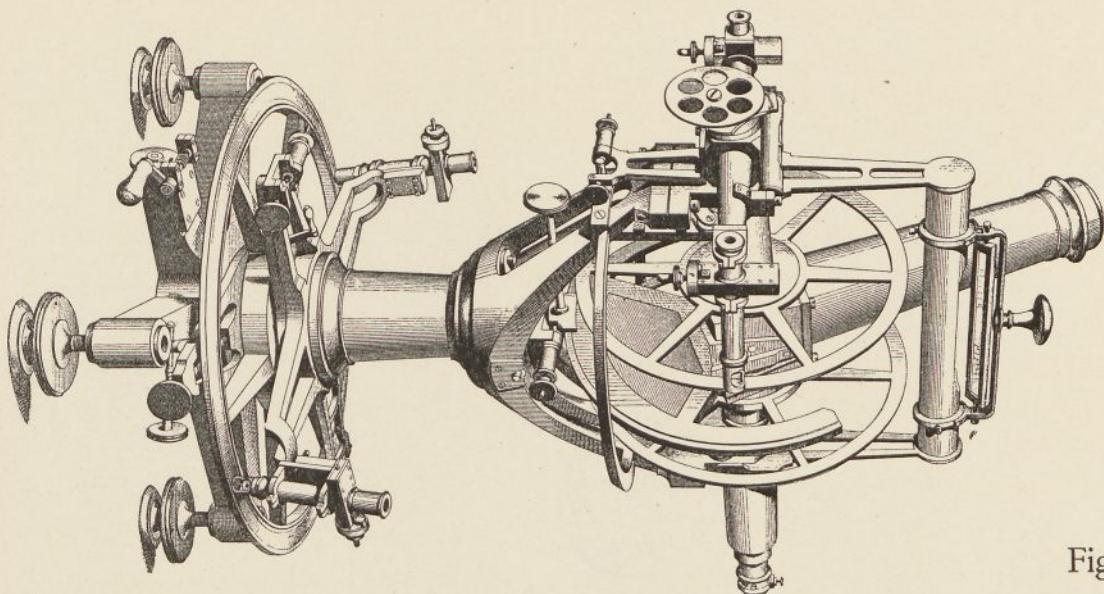


Fig. 110

Astronomischer Theodolit, 1876, ca. $1/5$ n. Gr.

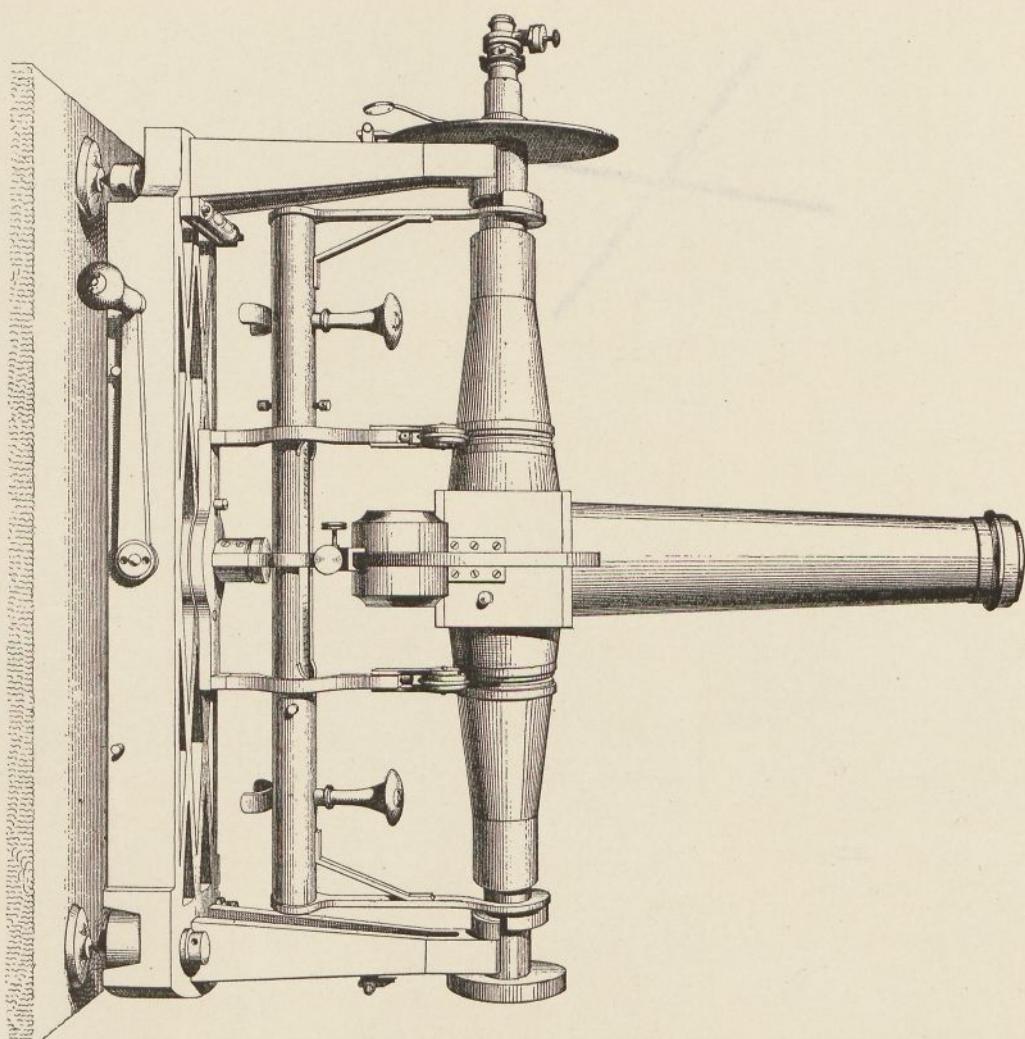
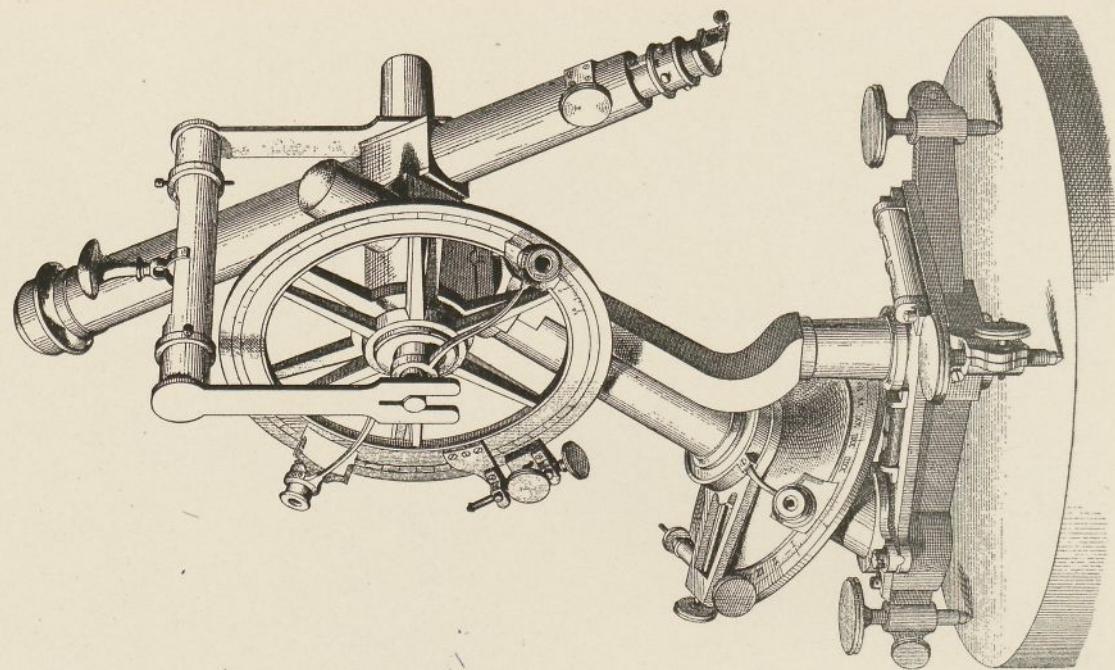


Fig. 111

Durchgangs-Instrument (System Pistor & Martins), 1876, ca. $1/6$ n. Gr.

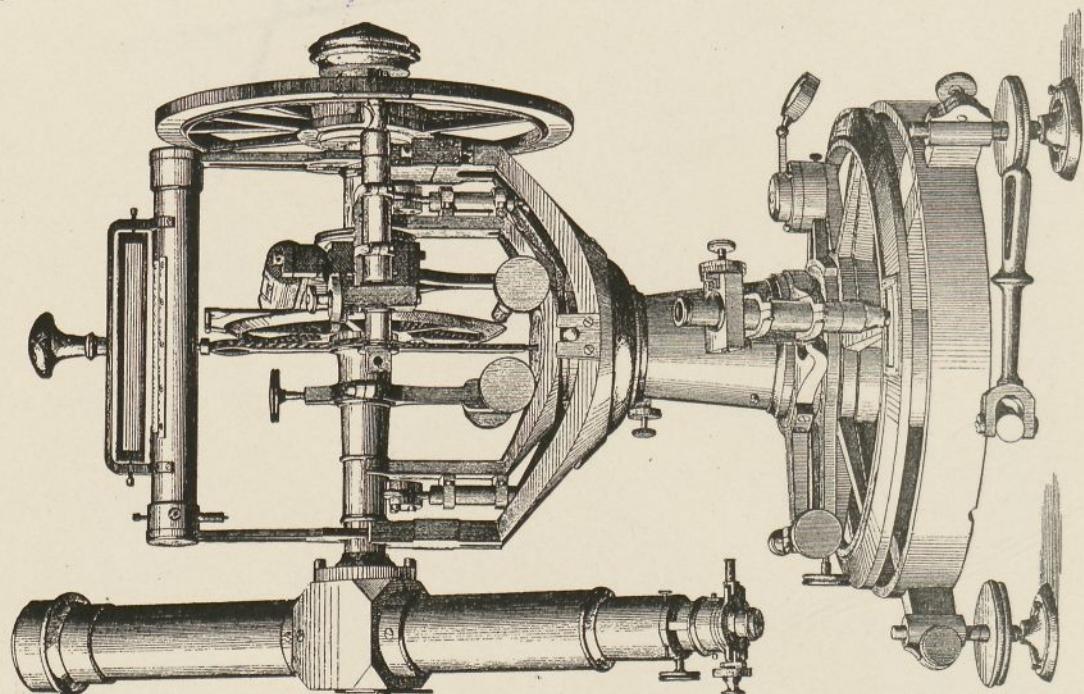
Fig. 112



Aequatoreal, 1876, ca. 1/6 n. Gr.,

nach Magazin 1876.

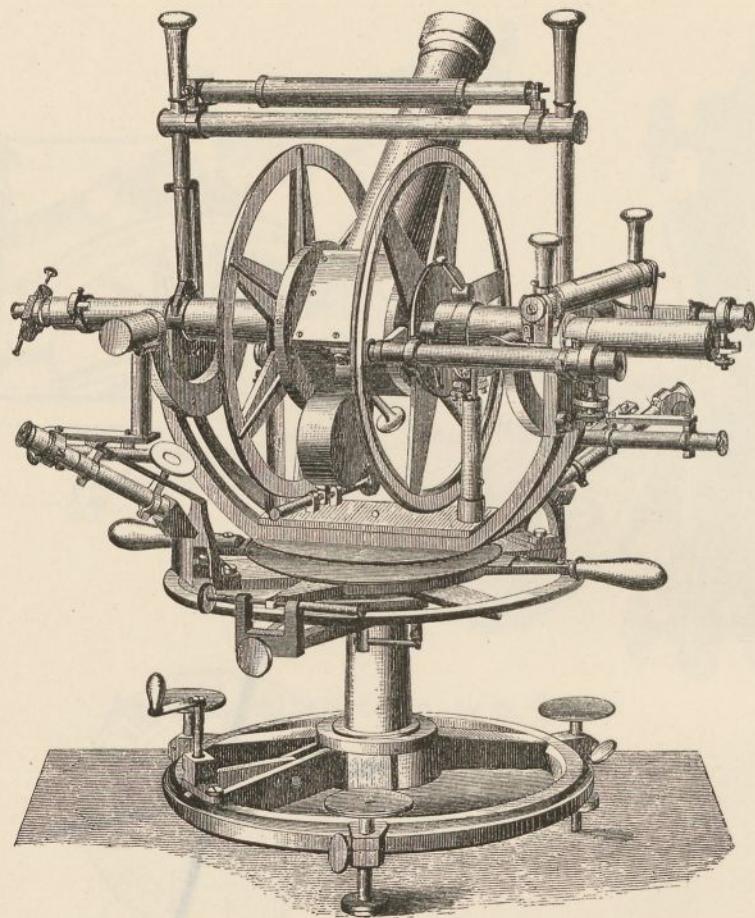
Fig. 113



Universal-Instrument, ca. 1/5 n. Gr.,

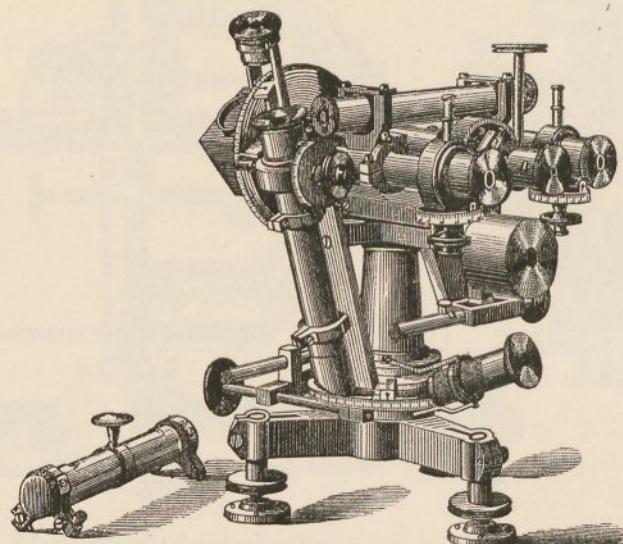
nach Katalog 1895.

Fig. 114



Universal-Instrument, 46^{mm} Oeffnung, 1874, ca. 1/5 n. Gr.,
nach W. Tinter, Ausstellungs-Bericht Wien 1874.

Fig. 115



Universal-Instrument, 16^{mm} Oeffnung, 1874, ca. 1/4 n. Gr.,
nach W. Tinter, Ausstellungs-Bericht Wien 1874.

ein besseres, ähnlich dem von Pistor & Martins, angegeben war. — Die Mikroskop-Mikrometer wurden im Wesentlichen nach Troughton ausgeführt. — Auch ein kleines Aequatoreal wird aufgeführt [Fig. 112]. — Um 1900 (Verzeichniß von 1905) begegnen wir den selben Instrumenten mit einigen Änderungen: die Meridiankreise haben einen eisernen Untersatz mit Azimuth-Correction und rascher Umlegung; die optische Kraft ist gesteigert (75^{mm} Oeffnung) und das Ocular mit Mikrometer versehen; Zeichnung fehlt. Die Universal-Instrumente haben ebenfalls Ocular-Mikrometer und bekommen auf Verlangen Horrebow-Niveaux an auf der Achse klemmbaren Büchsen [Fig. 113]. Die Niveaux sind besser geschützt und tragen Ablese-Spiegel. — Hinzugekommen sind Beck's Nadir-Instrumente, über die weiterhin berichtet wird.

Die astronomischen Instrumente der Breithaupt'schen Werkstatt haben in den letzten Jahrzehnten wiederholt von sachverständiger Seite Beifall gefunden (Otto Struve im Jahresbericht Pulkowa 1876, Winnecke, A. N. 91, 263).

Neben der Breithaupt'schen Werkstatt entwickelte sich in ähnlicher Weise die 1791 von Joh. Gotth. Studer (einem Schwager von Fried. Wilhelm Breithaupt) in Freiberg gegründete Anstalt, die später die Firma Aug. Lingke & Co. (F. u. A. Lingke) annahm. Sie wurde 1879 von Ernest Schramm erworben und von ihm in Gemeinschaft mit Hildebrand¹⁾ unter der Firma Hildebrand & Schramm fortgeführt; später wurde die Firma Max Hildebrand.

Die Werkstatt des polytechnischen Instituts in Wien hatte nach den unter Christoph Starke für die Sternwarte in Wien ausgeführten Arbeiten noch eine Anzahl von österreichischen und italienischen Sternwarten mit Meridiankreisen, Durchgangs-Instrumenten und Refractoren versehen. Seit 1857 war dort Gustav Starke, Christoph's Sohn, neben dem Vater thätig. Die geodätischen und Feld-Meßwerkzeuge scheinen allmählich eine große Rolle gespielt zu haben. — Nach Christoph's Tode (1866) entschloß man sich dann, die Werkstatt als Staatsanstalt aufzuheben; sie wurde von Gustav Starke übernommen und im Verein mit Kammerer fortgeführt. — Ein großes Universal-Instrument dieser Werkstatt von 1874 [Fig. 114] zeigt einige Ähnlichkeit mit Martins' Instrumenten, in etwas leichterer Ausführung. Die Hebung zum Zwecke der Umlegung geschieht durch einen am Ring des Fußes hinabzuschraubenden Hebel, der unerwünschte Spannung geben muß. Zweckmäßig erscheinen dagegen bei dieser Bauart die beiden Handarme zur Drehung im Azimuth. — Ein kleineres Reise-Instrument der selben Zeit [Fig. 115] hat eine weit durchbohrte horizontale Achse als Fernrohr mit vorgesetztem Prisma, nach Steinheil. Die Kreis-Ablesungen geschehen durch Mikrometer-Mikroskope. Das Instrument ist wesentlich kräftiger gebaut als das größere (Tinter 1873; Tinter 1874, 39, 41).

In Berlin hatte Pistor (I, 118), schon ehe ihm der Meridiankreis bestellt wurde, mit Unterstützung des Handels-Ministeriums eine Kreis-Theilmaschine gebaut (Instrk. 2, 448) und hatte sich 1824 mit Schieck²⁾ associirt. In einem Preisverzeichniß von 1828 (A. N. 7, 93) werden Multiplicationskreise nach Reichenbach, kleine Universal-Instrumente nach

¹⁾ Max Hildebrand, Falkenberg 1839 — Freiberg 1910, Schüler von Martins.

²⁾ Fr. W. Schieck, Herbsleben 1790 — Berlin 1872.

Robinson, Heliotrope nach Gauss und kleine Durchgangs-Instrumente nach Troughton genannt, auch Borda'sche Spiegelkreise und Sextanten. Pistor trennte sich nach einigen Jahren wieder von Schieck (der später unter der Firma F. W. Schieck & Sohn eine eigene optische Werkstatt führte) und vereinigte sich 1841 mit seinem Schwiegersohn Martins¹⁾ unter der Firma Pistor & Martins (V. J. S. 6, 223). Als dann 1847 Pistor gestorben war, trat sein Sohn Georg an seine Stelle neben Martins, der weiterhin die mechanischen Arbeiten der Werkstatt leitete, während Pistor die optischen übernahm; auf Wunsch der Besteller wurden indeß auch Gläser anderer Optiker verwandt.

Der 1837 von dem älteren Pistor vollendete Meridiankreis der Berliner Sternwarte von 4^z Oeffnung, 5^f Brennweite [Fig. 116] war von symmetrischer Anordnung. Er bekam acht Mikroskope, vier zu jeder Seite, die von vierarmigen, an den Pfeilern befestigten Kreuzen getragen werden. Die von Encke²⁾ (Berliner Beobh. 1, IX) als besondere Eigenthümlichkeit hervorgehobene Einrichtung der Rollenträger, wonach sie vor dem Umlegen geöffnet, dann wieder geschlossen werden müssen, ist kein Vorzug, weil sie das Umlegen verzögert; offene Haken wären besser gewesen und waren früher schon benutzt worden. Die seitlich stark ausgebogene und dadurch gegen Torsion etwas empfindliche Klemme wird durch Gewichtzug gegen die Stellschraube gehalten. — Diesem Instrument folgten 1845 ein ähnliches für Bonn und 1849 eins für die nordamerikanische Expedition nach Chili unter Gilliss³⁾.

Inzwischen war im Jahre 1843 ein Preisverzeichniß von Pistor & Martins erschienen (A. N. 20, 318); es nennt Meridiankreise bis zu 7^f Brennweite bei 5-füßigen, von 1' zu 1' getheilten Kreisen; tragbare Meridiankreise mit geradem Fernrohr am Ende der Achse (nach Struve) und mikroskopischer Ablesung, »sogenannte Universal-Instrumente«, theils mit mikroskopischer Ablesung, theils mit Verniers, die Fernrohre meist gebrochen, auf Verlangen auch gerade und am Ende der Achse; Spiegel-sextanten mit doppelten Verniers, »sogenannte Kreis-sextanten« mit einander gegenüberstehenden Verniers, »ganz repetirende Spiegelkreise nach Borda« und repetirende Prismenkreise eigener Construction. — In einem Verzeichniß von 1859 tritt neben die »Passagen-Instrumente« ein »Transit-Instrument«, nach der beigefügten kurzen Erklärung eine Nachahmung des Durchgangs-Instruments im ersten Vertical in Pulkowa, wie eine solche später für die Sternwarte in Washington ausgeführt wurde; auch Refractoren bis zu 21^f Brennweite werden angeboten, »die Construction — je nach »Wunsch — entweder die bekannte Münchener mit Vernier-Ablesung der an den »Enden der Axen befestigten Kreise, oder eine sich durch größere Stabilität und feinere »mikroskopische Ablesung der Kreise auszeichnende«. Bei den Universal-Instrumenten werden jetzt meist gerade Fernrohre am Ende der Achse und mikroskopische Kreis-Ablesungen genannt. — Verzeichnisse von 1866 und 1868 geben wesentlich das selbe; das Transit-Instrument heißt jetzt »Passagen-Instrument im ersten Vertical«.

Zu den bekannteren ausgeführten Instrumenten ist weiter zu bemerken, daß in

1) Carl Otto Albrecht Martins, Berlin 1816—71.

2) Joh. Franz Encke, Hamburg 1791 — Spandau 1865, Dir. Obs. Berlin.

3) James Gilliss, Georgetown, Columbia 1811 — Washington 1865.

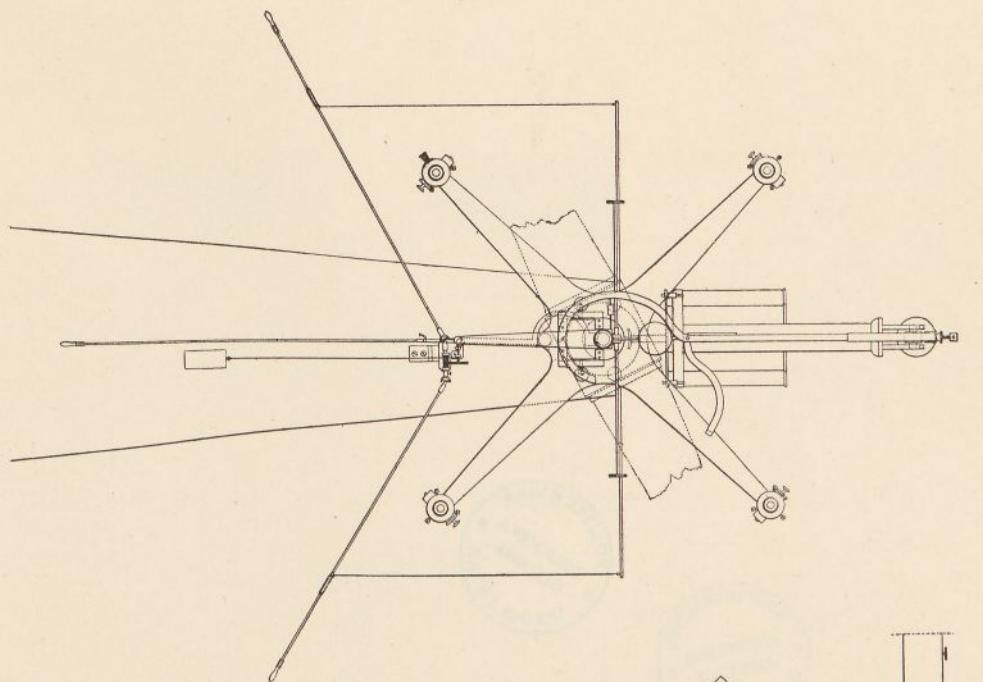
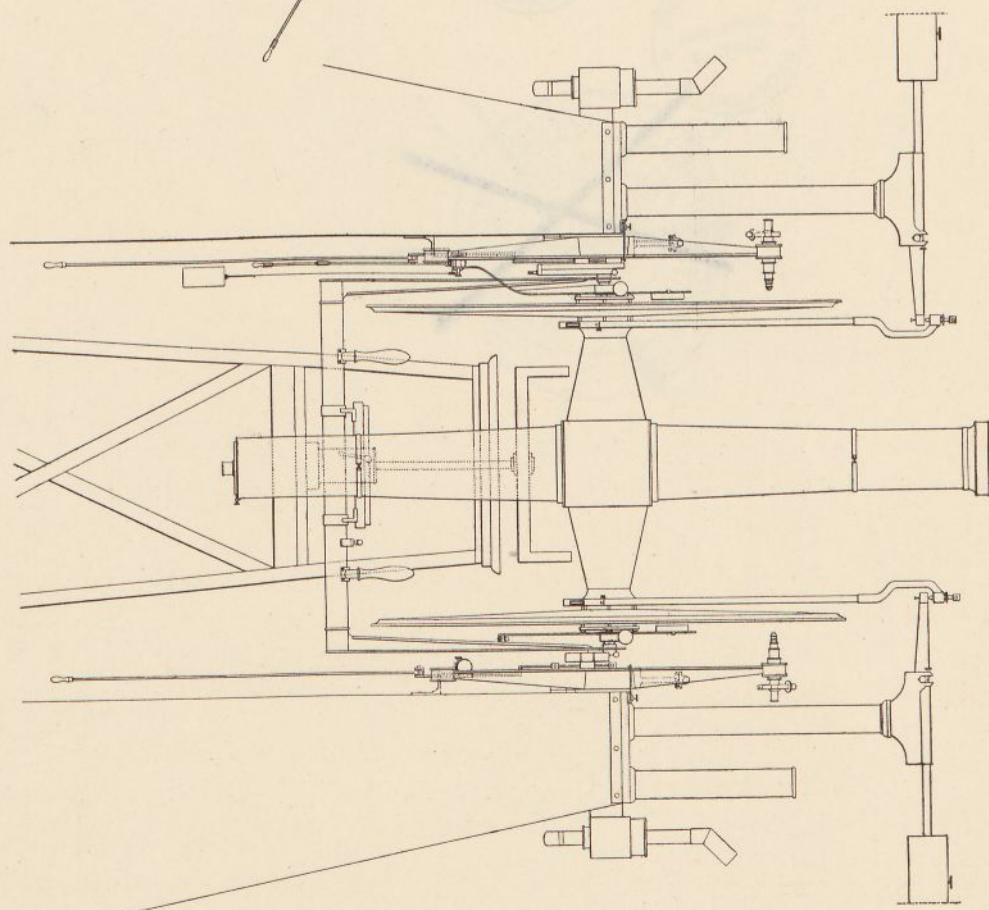


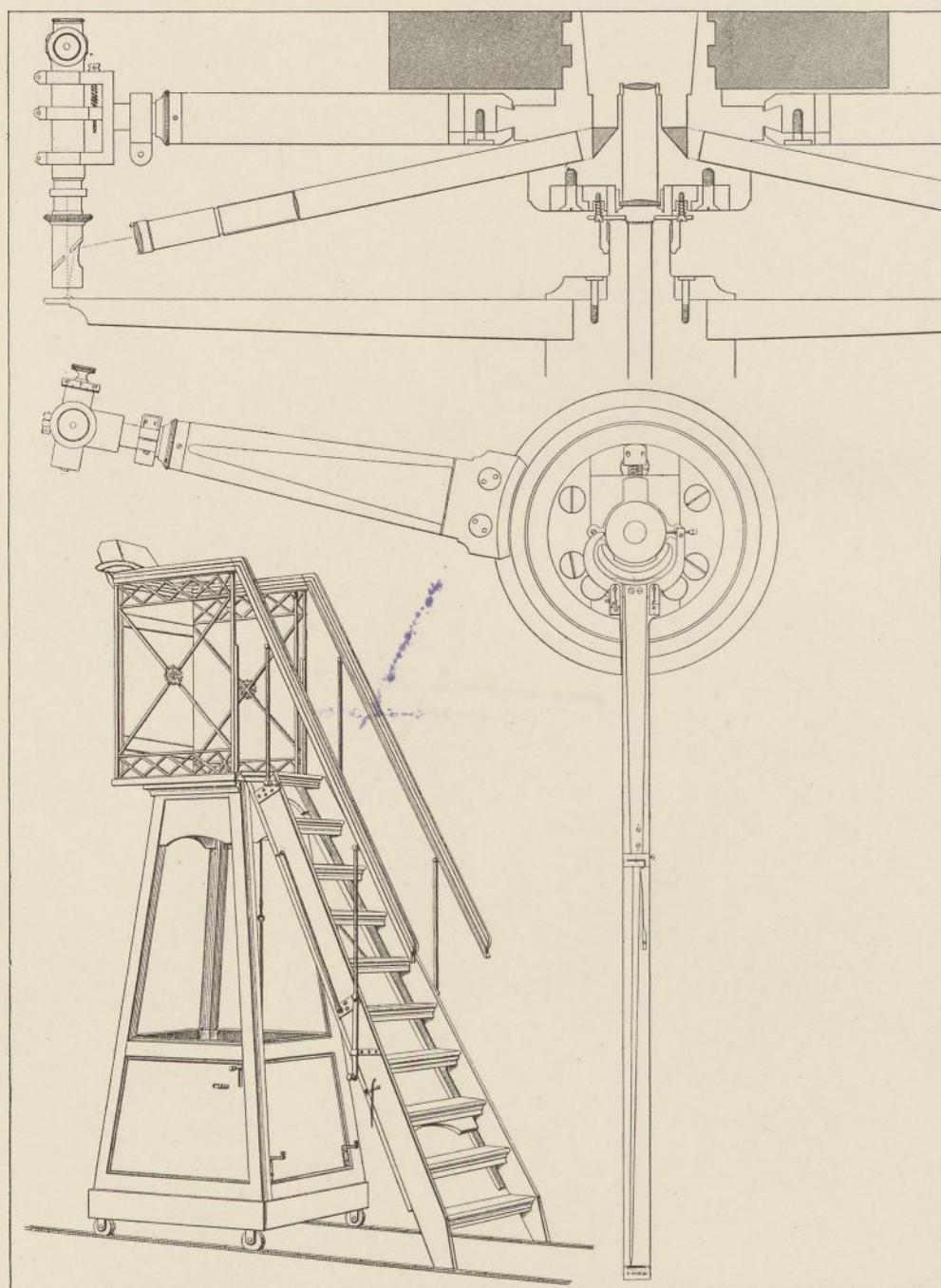
Fig. 116



Meridianskreis, 5^f Brennweite, Berlin 1837,

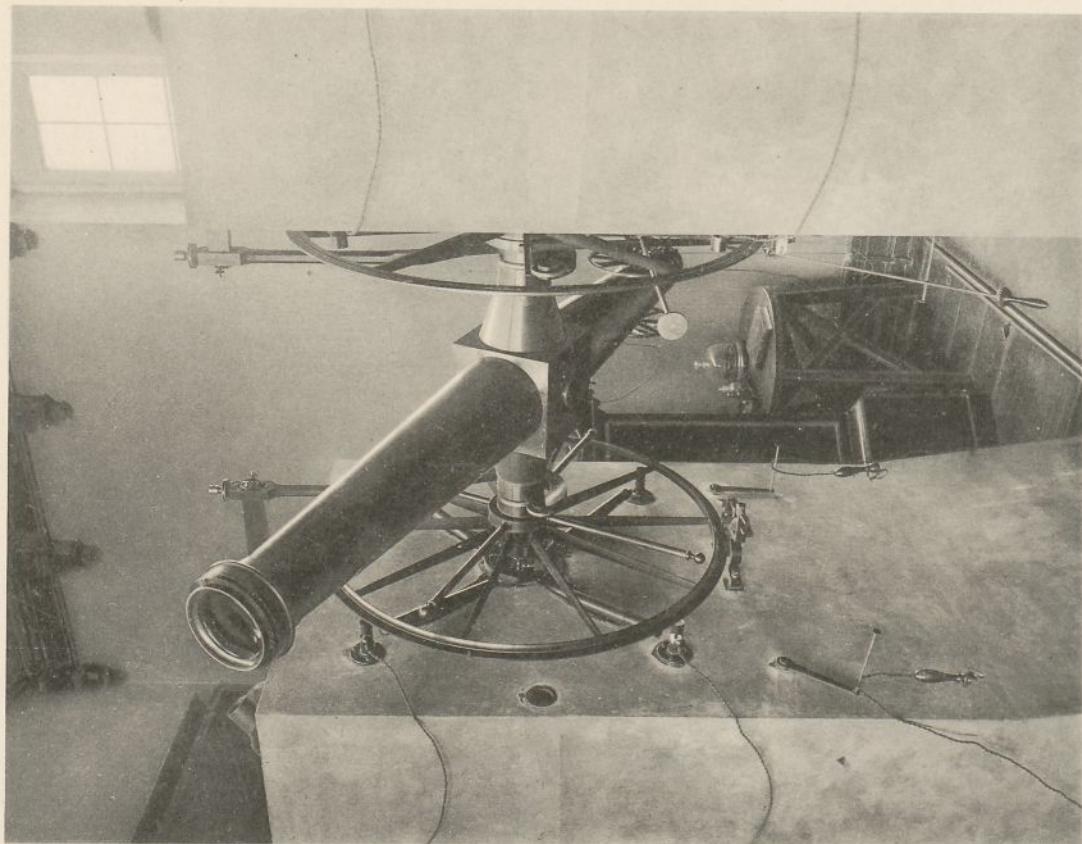
nach Astron. Beob. Berlin 1.

Fig. 117



Zum Meridiankreis Leiden, 1861,
nach Annalen der Sternwarte Leiden, 1.

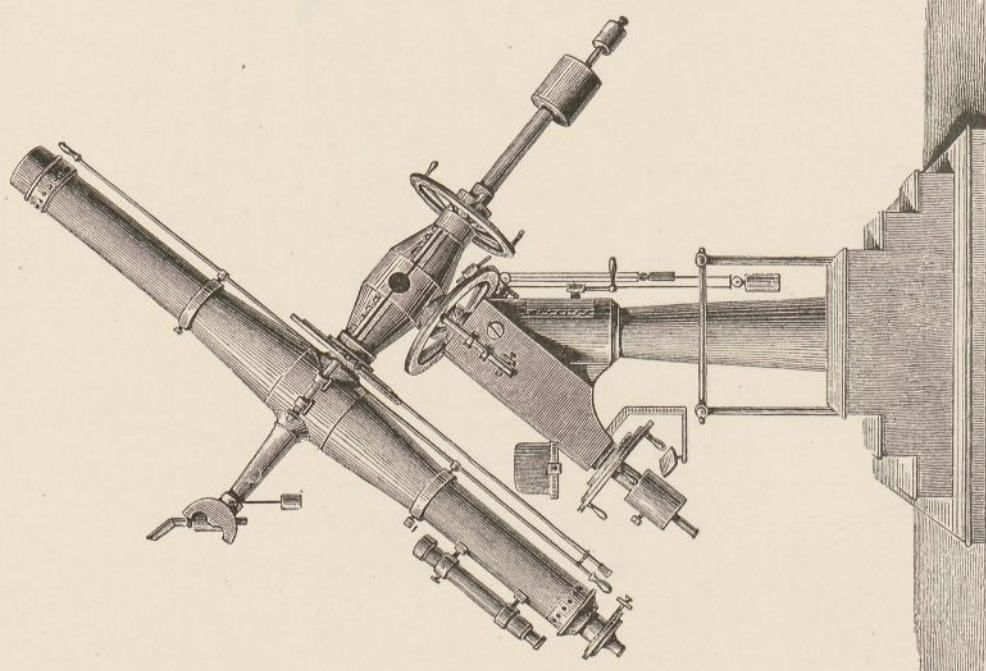
Fig. 118



Mitgetheilt von Herrn Prof. Strömgren.

Meridiankreis, 8^f Brennweite, Kopenhagen 1859.

Fig. 119



Nach Bruhns, Atlas der Astronomie, 1872.

6-füßiges Aequatoreal, Leipzig 1866.

den fünfziger Jahren bei den Meridiankreisen die Mikroskope nicht an einem festen Kreuz gehalten werden, sondern an getrennten Armen, die auf einem starken Ring am Pfeiler verstellbar sind; damit können für Theilungs-Untersuchungen die Mikroskope in verschiedene Abstände gebracht werden, aber die langen freistehenden Arme erscheinen bedenklich. Die Beleuchtung der Mikroskope [Fig. 117] wurde seit etwa 1860 von der außerhalb des Pfeilers stehenden Lampe besorgt, in der Weise, daß das Licht durch eine weite Oeffnung des Pfeilers auf vier Prismen und von diesen in die Illuminatoren der Mikroskope geworfen wurde. Das letzte Bild zeigt auch einen hängend am Pfeiler angebrachten Fühlhebel zur Untersuchung der Form der Zapfen. Zeitweilig wurden die Mikroskope einzeln in Bohrungen der Pfeiler angebracht, ähnlich wie in Greenwich (1856 für Albany, 1859 für Kopenhagen) [Fig. 118]; später wurde aber die frühere Construction wieder aufgenommen, so bei dem 1859 bestellten Meridiankreise in Leiden (Leidener Ann. 1, Tafel IV) und dem in Leipzig von 1865 (A. N. 67, 341) mit 6^z Oeffnung, 8^f Brennweite und 3^f Kreisdurchmesser, wie auch bei dem in Washington von 1864/5 mit 8^{1/2} Oeffnung, 12^f Brennweite, 3^{1/2} Durchmesser, die überhaupt den früheren ähnlich sind. — Kaiser hat die Miren seines Meridiankreises in zweckmäßiger Weise mit Hülfe zweier Spiegel, von denen der eine neben, der andere hinter der durchbohrten Platte steht, durch eine am Fenster des Beobachtungsraumes angebrachte Lampe mit großer Sammellinse beleuchtet.

Im Jahre 1867 machte Martins einen Vorschlag (A. N. 69, 123) zur Vereinfachung des Hansen'schen Ablesungs-Verfahrens (A. N. 17, 49 ff.). Der Alidadenkreis bleibt fort, und es wird nur ein von 5° zu 5° und durch vier dieser Intervalle (in 90°-Abständen) fein getheilter Kreis benutzt, der auf der Achse drehbar, aber leicht feststellbar ist. Es ist dann zunächst das Fernrohr auf den Collimator zu richten und so zu klemmen, dann der Kreis auf der Achse so zu drehen, daß unter den Mikroskopen die den feinen Theilungen um die Höhe des Sternes vorausgehenden 5°-Striche stehen und zu klemmen. Darauf ist am Fernrohr auf den Collimator scharf einzustellen und an den Mikroskopen abzulesen (an 5°-Strichen); und endlich am Fernrohr auf den Stern scharf einzustellen und an den Mikroskopen abzulesen (an den feinen Theilungen). Martins selbst scheint seinen Vorschlag nicht zur Ausführung gebracht zu haben.

Parallaktische Instrumente sind von Pistor & Martins wohl nur in zwei größeren Exemplaren ausgeführt worden, von denen das spätere 1869 auf dem Wege nach seinem Bestimmungsort, Santiago de Chile, durch Schiffbruch verloren ging, bis auf das Positions-Mikrometer. Das andere war 1862 nach Leipzig geliefert worden [Fig. 119]. Es hatte 12^f Brennweite bei 8^z Oeffnung und war bestimmt, als Aequatoreal zu dienen; die Ablesung der Mikroskope des Declinationskreises geschah aber von der Fernrohrseite her und soll selbst in der Meridianlage recht schwierig gewesen sein. Die Declinationsachse war zum Nivelliren eingerichtet. Der Druck der Stundenachse im oberen Lager wurde durch eine rechtwinkelig dagegen laufende Rolle aufgehoben wie bei Fraunhofer. Beide Achsen waren der Länge nach durchbohrt und mit Vorrichtungen zur Vermeidung der Biegungen (wohl annähernd nach Hansen) versehen. Die ganze Aufstellung war wenig stabil, zum Theil in Folge zu langer und zu schwacher Gegen gewichts-Hebel, die Zitterungen veranlaßten. Die Declinationsklemme stand mit dem

Fernrohr durch eine in zwei Kugelgelenken gehende Schraube in Verbindung. Die Stundenklemme glitt an der Peripherie des Uhrkreises. Das Fernrohr bestand aus einem durchgehenden cylindrischen Messingrohr, das in einem schweren äußeren Mittelkörper zwischen acht Correctionsschrauben gehalten wurde; es war mit einem Positions-Mikrometer versehen und hatte eine gute Fadenbeleuchtung. Das im Kopfe der Säule angebrachte Uhrwerk war ungenügend; es sollte 1877 durch ein anderes ersetzt werden (V. J. S. 12, 62). — Das Instrument wurde 1889 außer Dienst gestellt.

Ueber das parallaktische Instrument für Santiago ist nichts bekannt; es ist anzunehmen, daß Martins seine an dem ersten gemachten Erfahrungen hier verwerthet hatte.

Die Universal-Instrumente, denen theilweise das seit 1844 an der Berliner Sternwarte befindliche Repsold'sche als Vorbild gedient haben wird (Kaiser, Sterrekundige Plaatsbepaling in den Indischen Archipel, Amsterdam 1851, 105), unterscheiden sich von diesen in der Form besonders durch den anders gestalteten Lagerbock. Der Ring am Dreifuß trägt nur in der ersten Zeit die Mikroskope, die senkrecht stehen und deshalb gebrochen werden mußten [Fig. 120]. Später werden die Mikroskope durch geschweifte Träger am Lagerbock befestigt; der Ring am Dreifuß bleibt aber bestehen, wie es scheint als Handhabe zum Tragen des Instruments, und bildet ein Kennzeichen für Martins' Instrumente. Das Fernrohr wurde, wie erwähnt, in den fünfziger Jahren ans Ende der Achse verlegt; die Achse wird durch zwei federnde Rollenpaare aufgehoben [Fig. 121].

Die seit etwa 1866 auftretenden tragbaren Durchgangs-Instrumente mit gebrochenem Fernrohr von ca. 30¹ Oeffnung haben Umlegung durch Excenter-Hebel. Die Gewichtsaufhebung der Achse durch getrennte federnde Rollenpaare wurde seit ca. 1880 durch einen auf der Mitte kippenden Träger ins Gleichgewicht gebracht (Instrk. 14, 260). Das Niveau kann auf der Achse hängen bleiben, aber auf derselben nicht umgelegt werden. Die Klemmung geschieht an einem von der Achse ausgehenden Bogen, der zugleich das Gegengewicht des Fernrohrs trägt [Fig. 122].

Sehr anerkannt wurden die seit 1844 von Pistor & Martins hergestellten »Patentkreise«, die sich von Steinheil's Prismenkreisen dadurch unterscheiden, daß in der Mitte des Kreises ein Spiegel beibehalten, vor dem Fernrohr aber ein Prisma angeordnet wurde, welches ungefähr das halbe Objectiv überdeckt; die andere Hälfte sieht unmittelbar zu einem der beiden Objecte (A. N. 23, 313, Beilage) [Fig. 123].

Die kleineren Instrumente von Pistor & Martins wurden später von mehreren Berliner Werkstätten zum Muster genommen (Loewenherz, Die wissensch. Instrumente ... 1880, 52); man findet Abbildungen in L. Ambronn, Handbuch der Instrumentenkunde, Berlin 1899.

6. Das mechanische Institut.

Die Werkstatt von Pistor & Martins wurde nach Martins' Tode (1871) für kurze Zeit von Georg Pistor fortgeführt; dann mußte sie in Folge von Erbstreitigkeiten verkauft werden. Martins' Tod und die Schließung seiner Werkstatt wurde in den Ber-

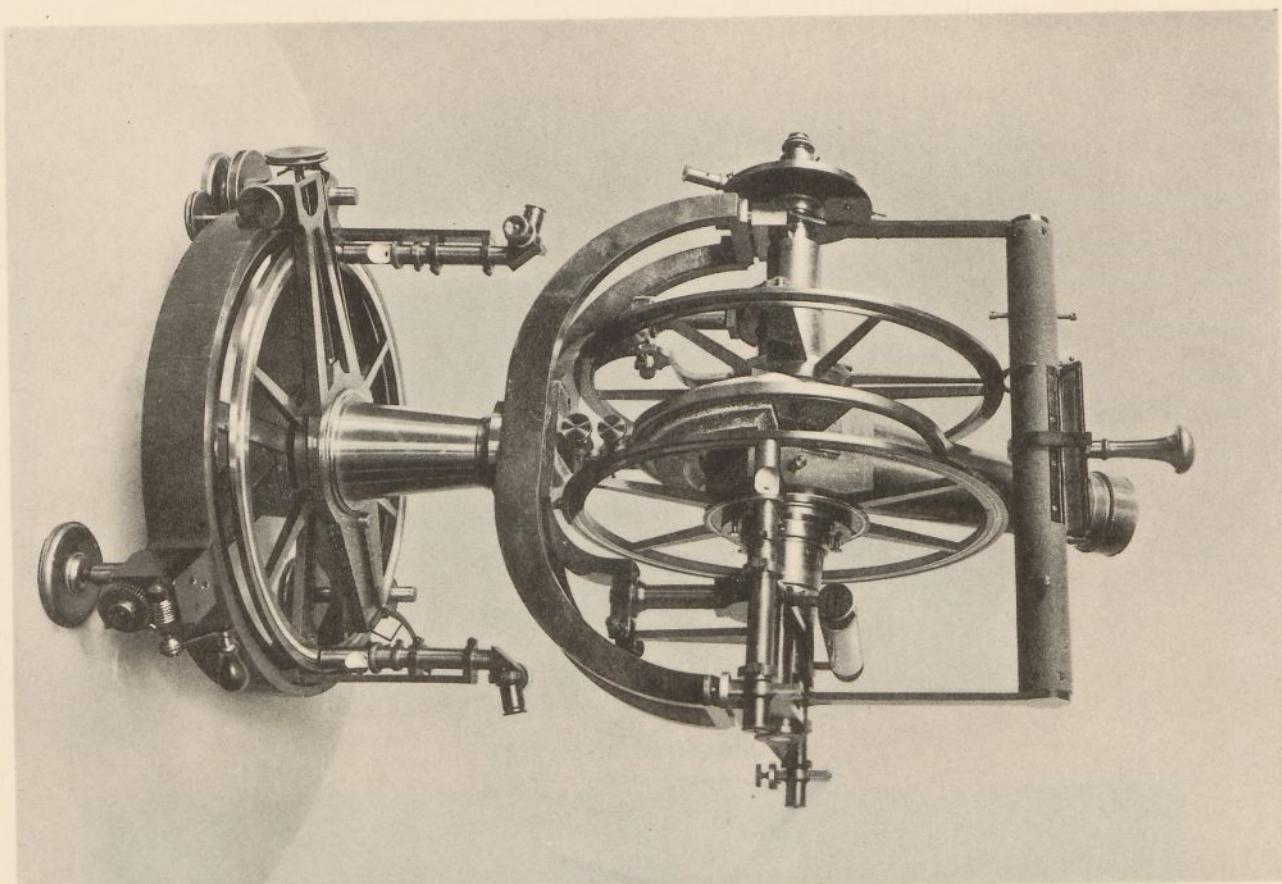


Fig. 120

13^z-Universal-Instrument mit gebrochenem Fernrohr, 1851,

mitgetheilt von Herrn Prof. Dr. Helmert.

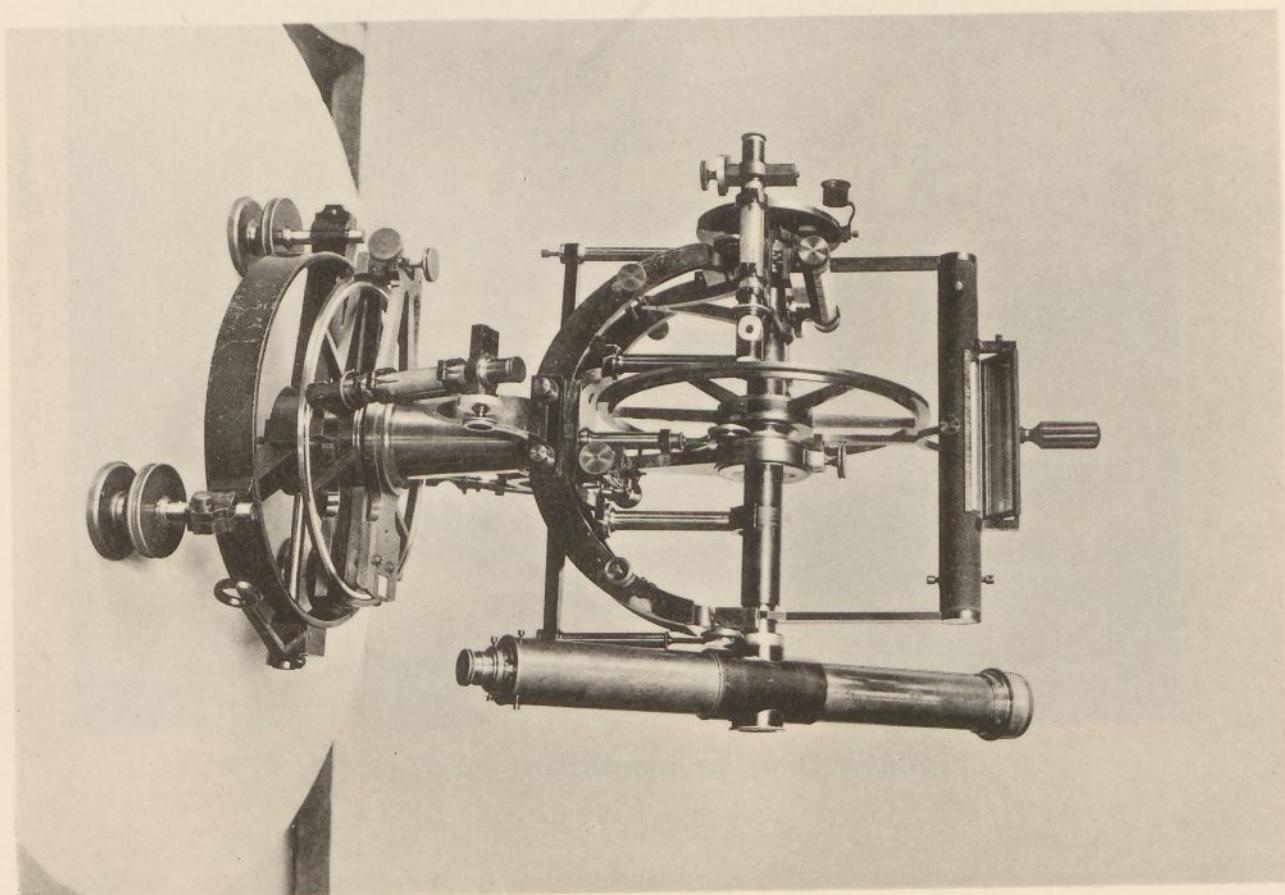


Fig. 121

10^z-Universal-Instrument mit geradem Fernrohr, 1866,

mitgetheilt von Prof. Dr. Peter.

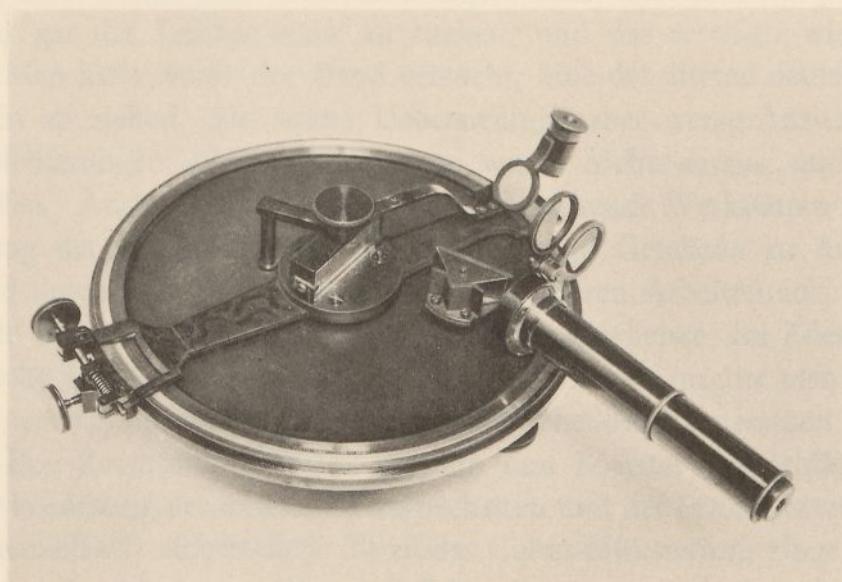


Fig. 123.

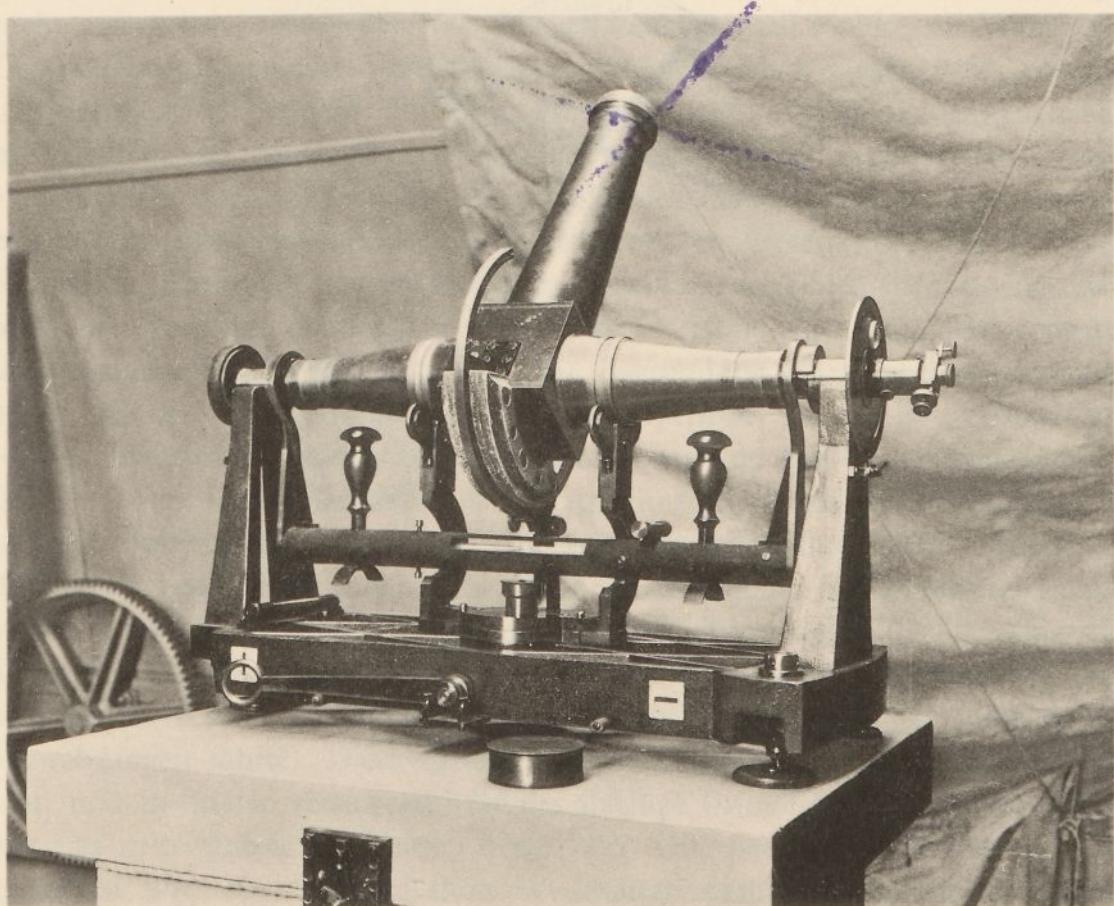
15^{cm}-Prismenkreis.

Fig. 122

Durchgangs-Instrument, ca. 30¹ Oeffnung.

mitgetheilt von Prof. Dr. Helmert.

liner Kreisen, die auf seine Hülfe angewiesen waren, sehr lebhaft empfunden, besonders an der Sternwarte und der vom Generalstabe geleiteten Landesaufnahme. Man war in der That wieder theilweise darauf angewiesen, außerhalb der preußischen Hauptstadt, oder gar des Landes Hülfe zu suchen, und das erschien wie ein unhaltbarer Zustand. Man hatte unter der Hand versucht, eine der älteren deutschen Werkstätten nach Berlin zu ziehen. Da solche Uebersiedlung aber wenig Anziehendes hatte und keine Erleichterungen geboten wurden, so wurde nichts daraus, und man mußte sich anders helfen. Anstatt nun andere, in Berlin bestehende Werkstätten nach eingehender Besprechung der Bedürfnisse der Astronomen und Geodäten zu Aufträgen heranzuziehen und durch gute Preise anzuregen, bei größeren Arbeiten auch größere Betriebe zu Hülfe zu nehmen, wie es in England frühzeitig geschehen, vor Allem aber die durchaus praktische Sache ohne viel Reden praktisch anzufassen, machte man Pläne am grünen Tisch. Es wurden unter dem 30. Juli 1872 von Schellbach, unterstützt durch von Helmholtz, Du Bois-Reymond, Paalzow, Bertram und Foerster »Vorschläge zur Errichtung »eines der Förderung der exacten Wissenschaften und der Präcisionstechnik zu widmen- »den Staatsinstituts« aufgestellt¹⁾), die an das Cultus-Ministerium gingen. Dieses brachte das Project an die Akademie, die es indeß für ebenso utopisch als wohlgemeint erachtete und von der Ausführung durchaus abrieth. — Trotzdem wurde das Gründungsproject nicht aufgegeben; man wußte den General-Feldmarschall Moltke, als Vorsitzenden des Central-Directoriums der Vermessungen im preußischen Staate, dafür einzunehmen, und aus den Berathungen einer von ihm Ende 1873 zusammenberufenen Fachkommission ging im Januar 1874 eine Reihe von »Vorschlägen zur Hebung der wissen- »schaftlichen Mechanik und Instrumentenkunde« hervor (unterzeichnet von v. Morozowicz, Du Bois-Reymond, Defert, Engel, Foerster, Gallenkamp, Geerz, Hauchcorne, Helmholtz, Knorr, Neumayer, Reuleaux, Schellbach und Siemens), welche die Grundlage einer von der preußischen Regierung im Jahre 1876 dem Abgeordnetenhouse übergebenen »Denkschrift, betreffend die Begründung eines mechanischen Instituts« bildete (Haus der Abgeordneten, 12. Legislaturperiode, III. Session, 1876, No. 53, C). — Der Verfasser hat sich nicht freimachen können von dem Druck, den er und Andere in Berlin empfanden; er behauptet einen »zunehmenden Verfall der Präzisionsmechanik«, in Folge dessen die Landesvermessung Schwierigkeiten finde, ihren Bedarf an Instrumenten zu beschaffen, und nimmt nicht Anstand, jenen Verfall leichter Hand als »in »Berlin und in Deutschland überhaupt« bestehend hinzustellen (S. 13). Gegenüber der Thatsache, daß die älteren, anerkannten Werkstätten in München, Hamburg und Cassel unverändert bestanden, war das eine sehr auffällige Ungenauigkeit, die zu lebhaften Verwahrungen führte. Diese hatten in so fern Erfolg, als man sich jetzt darauf besann und in Briefen versicherte, daß das abfällige Urtheil der Denkschrift weiter gefaßt war, als man beabsichtigt hatte; leider aber erst, nachdem es öffentlich bekannt geworden und den Ruf der alten Werkstätten berührt hatte. Diese Berichtigung darf deshalb hier nicht unterbleiben. — Nachdem der Verfasser dann versucht hat,

¹⁾ Nach Werner Siemens' Denkschrift betr. Errichtung einer »physikalisch-technischen Reichsanstalt« vom 20. März 1884 (in Beilage B zur Anlage IV zum Reichshaushalts-Etat für 1887/8).

nachzuweisen, daß Staatshülfe unerlässlich sei, wird vorgeschlagen, das zu gründende mechanische Institut »in Rücksicht auf die sehr erheblichen Kosten« mit der Gewerbe-Akademie zu vereinigen; es werden immerhin die ordentlichen jährlichen Ausgaben noch auf M 46 740 veranschlagt, vielleicht wären sie auf M. 40000 zu reduciren (S. 19). — Betreffs der Einrichtung soll das Institut in einer ersten Abtheilung 1. »nach »Art eines Museums eine Anschauung der geschichtlichen Entwicklung und des damaligen Zustandes der wissenschaftlichen Mechanik und Instrumentenkunde bieten«, 2. durch Anfügung eines Auditoriums Gelegenheit geben, die Instrumente des Museums im Gebrauch vorzuführen, 3. durch »eine permanente Ausstellung« neue Arbeiten bekannt machen. Die Werkstatt, die zweite Abtheilung des Instituts, soll Apparate herstellen »sowohl zu ihrem eignen Gedeihen und Bedarf«, als für das Museum, und soll für Staats-Institute und auch für Private Arbeiten ausführen, die ungewöhnliche Einrichtungen erfordern, wie Theilung von Kreisen und Längenmaassen, Schneiden von Zahnrädern etc. Jüngere Mechaniker, die eine bestimmte Zeit in dem Institut gearbeitet haben, sollen Zeugnisse und ein Vorrecht auf Anstellung an staatlichen Anstalten erhalten. — Die Aufsicht der Anstalt wird einem siebenköpfigen Curatorium unterstellt; der Director steht der ersten Abtheilung, für Museum, Auditorium, Ausstellung, vor und führt die allgemeine Aufsicht; ein technischer Vorstand leitet die zweite Abtheilung.

Was ein solches Institut hätte nützen können, ist schwer verständlich. Es ist durchaus unwahrscheinlich, daß junge Leute dort technisch besser ausgebildet würden, als in einer kleinen Privat-Werkstatt, wo sie lernen, mit geringen Hilfsmitteln auszukommen und Gutes zu schaffen; hier wie dort wird man aus einem ungeschickten Menschen nichts machen und besten Falls ordentliche Handarbeiter erziehen. Es fehlt aber doch hauptsächlich an Unternehmern für Werkstätten, und die erzieht ein solches Institut nicht; denn Museum, Vorführung von Instrumenten und Ausstellungen genügen nicht, eine gute theoretische Ausbildung und in ernstem Gebrauch der Instrumente gewonnene Erfahrungen zu ersetzen. Sie wären vielmehr zu suchen unter jungen Männern, die nach der üblichen praktischen Vorbildung eine technische Hochschule besucht haben und dann Lust und Geschick verspüren, sich mit dem Bau astronomischer und ähnlicher Meßwerkzeuge zu befassen. Wenn ein solcher dann für ein Jahr oder zwei an einer gut geleiteten Sternwarte würde als Assistent gearbeitet haben und er bliebe der praktischen Richtung getreu, so könnte Gutes von ihm erwartet werden. Sein Zusammenarbeiten mit jungen mathematisch-astronomisch vorgebildeten Leuten würde auch für diese von Nutzen sein. Denn leider ist die noch in der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts in gebildeten Familien gepflegte Neigung zur Aneignung einer gewissen Handfertigkeit sehr zurückgegangen, bieten auch die Universitäten dazu wenig Gelegenheit, und im Allgemeinen wird man nicht sagen können, daß jetzt die jungen Astronomen in dieser Beziehung auch nur bescheidenen Ansprüchen genügten. Sie müssen dann oft auf Kosten werthvoller Instrumente das Fehlende nachholen. — Ein in der oben angedeuteten Weise durchgebildeter junger Mann würde im Stande sein, die Pläne zu neuen Instrumenten, unter Beachtung der bisher bewährten, selbständig auszuarbeiten. In Betreff einer eigenen Werkstatt würde

er, bei dem im Allgemeinen geringen und stark wechselnden Bedarf an größeren astronomischen Instrumenten gut thun, sich nicht zu groß einzurichten, vielmehr die großen Theile, je nach der Art, in geeigneten Fabriken nach genauen eignen Zeichnungen so weit thunlich vorarbeiten zu lassen und so von den sehr kostspieligen, nur bei Massenproduction lohnenden Einrichtungen derselben Nutzen zu ziehen, wie er ihn anderweitig schwerlich erreichen könnte. — Bei der Ueberwachung des Zusammenpassens und der Vollendung der kleineren Arbeiten würde die von der technischen Hochschule verlangte praktische Vorbildung ihm nicht genügen, wenn er nicht bei der Benutzung und Prüfung der Instrumente während seiner Sternwarten-Ausbildung Gelegenheit gesucht und gefunden hätte, die kleineren Theile und üblichen Methoden ihrer Herstellung und Berichtigung eingehend kennen zu lernen. Zunächst wird diese Vorbereitung aber wenigstens ausreichen, ihn von seinen Hülfsarbeitern nicht abhängig werden zu lassen; das Weitere bringt die Erfahrung und die überlegene Intelligenz. — Aber der Andrang zu solchen Unternehmungen wird sicher nie groß sein, weil bei den hohen Ansprüchen, welche an deren Erzeugnisse gestellt werden müssen, ihre Leitung eine große Arbeitswilligkeit und Ausdauer verlangt, ohne doch bei der wechselnden Nachfrage eine sichere Aussicht auf einen genügenden gleichmäßigen Erwerb zu bieten, wie es größere, fabrikmäßig betriebene Anlagen thun; anderseits wird es nur in Ausnahmefällen mit Erfolg gelingen, eine solche Anlage mit einer astronomischen Werkstatt zu verbinden, weil keine von beiden als Nebensache betrieben werden kann. Natürlich müßten auch die nöthigen Mittel vorhanden sein. — Um so auffälliger könnte es erscheinen, daß man nicht daran gedacht hat, anstatt des mechanischen Instituts, für das man so große Mittel beantragte, eine Staats-Werkstatt für astronomische und geodätische Instrumente vorzuschlagen. Die zum Theil ungewöhnlichen Werkzeuge, Hülfsmaschinen und Arbeitsmethoden, sowie die zur Aufstellung größerer Objecte erforderlichen weiten Räume, auch der Umstand, daß solche Anstalt größtentheils vom Staate würde in Anspruch genommen werden, sprächen wohl dafür. Aber der Bedarf eines Staates wäre vielleicht zu schwankend, um einen regelmäßigen Betrieb aufrecht zu erhalten, und es ist wohl kaum anzunehmen, daß mehrere Staaten sich über eine gemeinsame Benutzung einigen könnten, während eine private Werkstatt für alle Länder arbeiten und dadurch einen erträglichen Ausgleich zwischen Zeiten ungenügender und übermäßiger Thätigkeit erzielen kann. — Eine Staats-Werkstatt würde überdies als solche eine gewisse Autorität beanspruchen, die ihr aber unter Umständen, z. B. nach unglücklicher Wahl in der Person des Leiters, für längere Zeit gar nicht zustehen könnte; um so eher würde sie rückständig werden und besser geleiteten privaten Werkstätten im Wege sein. — Es bleibt demnach zu wünschen, daß sich stets in freiem Wettbewerb Werkstätten finden und durch längere Zeit erhalten werden, die den Bau größerer astronomischer Instrumente als Hauptsache betreiben. Kleinere Instrumente lassen sich einfügen, und zur Vermeidung der Einseitigkeit werden alle Arbeiten willkommen sein, die ungewöhnliche Genauigkeit erfordern. — Der Staat wird das Fortkommen solcher Unternehmungen erleichtern können durch bereitwillige Anzahlung und Gewährung ausreichender Termine bei Bestellungen. Denn einstweilen hat noch Reichenbach Recht, wenn er sagt: »daß man astronomische

»Instrumente, wenn sie gut sein sollen, nicht aus'm Ermel schüttelt« (I, 105). Es wird nur zu leicht übersehen, daß in der Werkstatt das in gemessener Zeit hergestellt werden muß, was der Beobachter in der Regel mit beliebigem Aufwand an Zeit untersuchen wird.

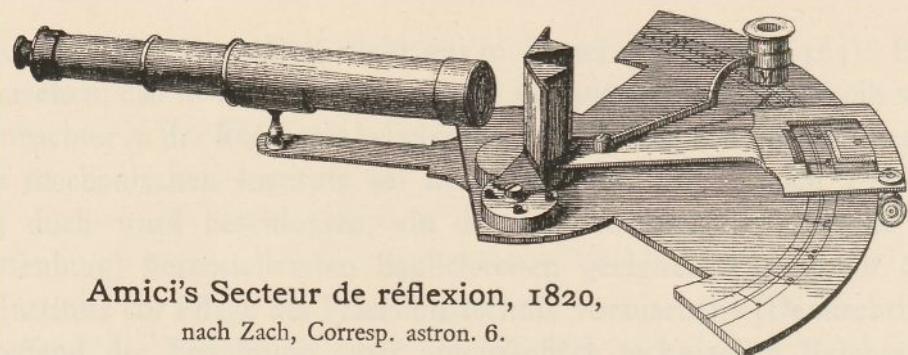
Betreffs des mechanischen Instituts sei noch bemerkt, daß es auch 1876 nicht bewilligt wurde; doch ward beschlossen, »in den für die hiesige technische Hochschule (Charlottenburg) herzustellenden Baulichkeiten geeignete Räume für die Errichtung eines Instituts zur Pflege der Präcisionstechnik vorzusehen« (Denkschrift vom 20./3. 1884 betreffend die Errichtung einer »physikalisch-technischen Reichsanstalt« für die experimentelle Förderung der exacten Naturforschung und der Präcisionstechnik, S. 37). — Nach Vollendung dieses Baues wurde in einer (der Denkschrift vom 20./3. 1884 als Anlage beigegebenen) »Denkschrift vom 16./6. 1883 betreffend die Begründung eines Instituts für die experimentelle Förderung der exacten Naturforschung und der »Präcisionstechnik (Physikalisch-mechanisches Institut)«, unterzeichnet von Schreiber, von Helmholtz, Landolt, Vogel, Doergens, R. Fuess, Werner Siemens, von Goessel, Reuleaux, Paalzow, C. Bamberg und Foerster, ein ganz anderes Project angeregt: Das Institut soll, von unmittelbaren Lehr- und Verwaltungszwecken ganz unabhängig, in erster Stelle solche Untersuchungen unternehmen, für die noch keine ausreichenden Einrichtungen bestehen, und nur solche Bearbeitungen von Materialien und Constructionstheilen sollen in der eigenen Werkstatt ausgeführt werden, die zweckmäßigerweise anderen Werkstätten nicht wohl übergeben werden können (S. 56/7). — Als dann Werner Siemens zur Förderung dieses Projects eine reiche Schenkung darbot und zugleich anregte, sie dem Reiche, nicht nur Preußen, zu machen, stand die preußische Regierung von einer weiteren Verfolgung der Sache ab, bewilligte aber 1884 in sehr anerkennenswerther Weise eine in jener Denkschrift von 1883 (S. 54) angeregte namhafte Subvention zu den Mitteln, derer Schott und Zeiss in Jena bedurften, um ihre eingehenden Versuche zur Herstellung besserer optischer Glassorten durchzuführen (Instrk. 6, 299). — Der im Jahre 1887 ins Leben tretenden physikalisch-technischen Reichsanstalt wurden überdies die in der technischen Hochschule für ein Institut zur Pflege der Präcisionstechnik vorgesehenen Räume als provisorische Zuflucht überlassen. Das mechanische Institut war damit erledigt.

Die Reichsanstalt verfolgt keine Lehrzwecke. Sie bietet freilich einer Anzahl von Mechaniker-Gehülfen einige Gelegenheit zur Fortbildung dadurch, daß sie als Hülfskräfte bei den Arbeiten der wissenschaftlichen Angestellten hinzugezogen werden, wie es sich als zweckmäßig erwiesen hat. In der Regel wird aber ihre theoretische Vorbildung nicht genügen, um sie dadurch wesentlich zu fördern oder sie selbständiger zu machen. Im Uebrigen wird die Reichsanstalt der Entwicklung der astronomischen Meßwerkzeuge gelegentlich in ähnlichem Maaße förderlich sein können, wie anderen Zweigen der Technik.

7. Steinheil.

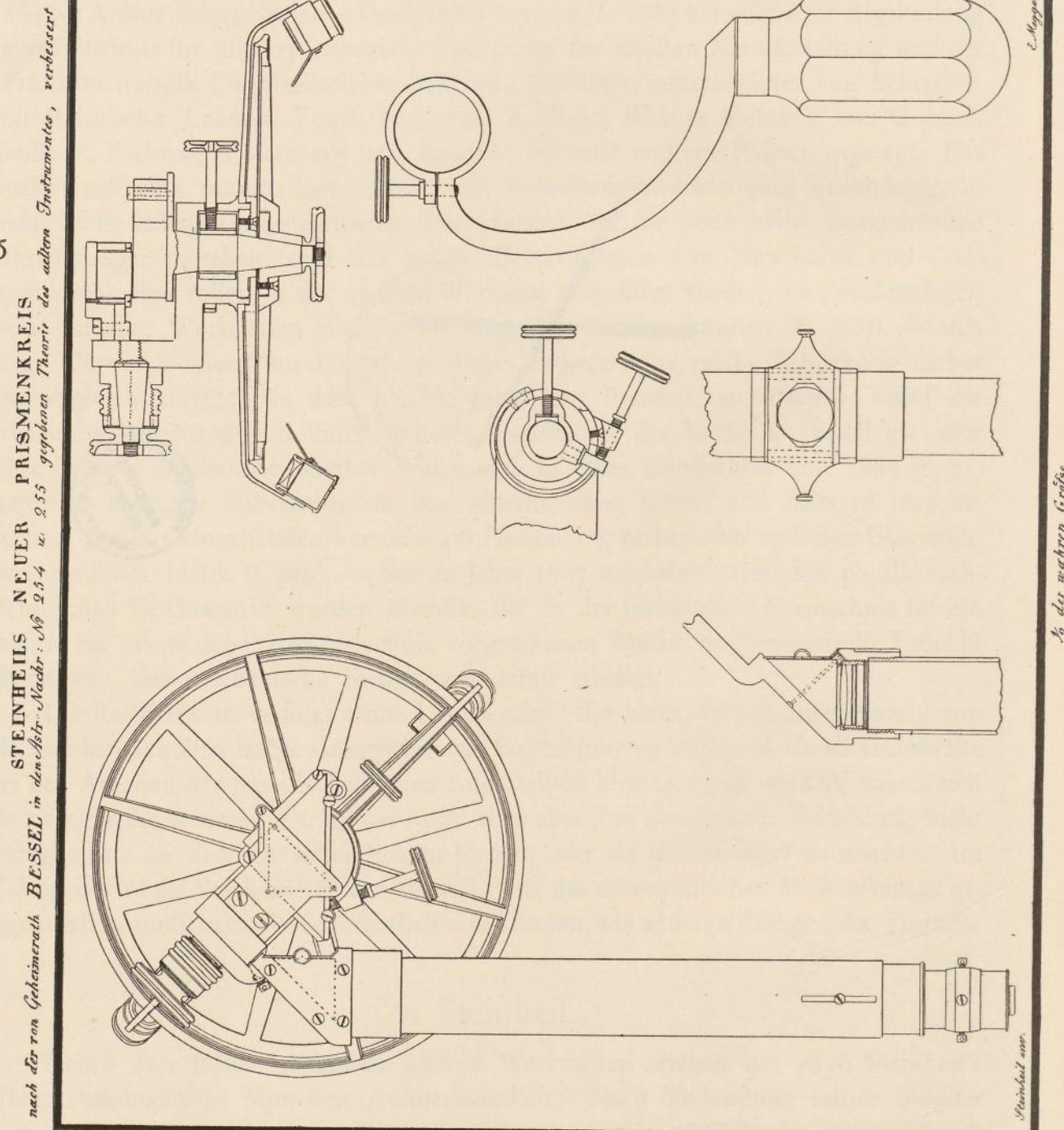
Neben den früher genannten älteren Werkstätten erregen um 1830 Steinheil's Unternehmungen in München Aufmerksamkeit. Nach Vollendung seiner Studien hatte Steinheil unter Gauss und Bessel gearbeitet, wurde 1826 Professor der Physik

Fig. 124



Amici's Secteur de réflexion, 1820,
nach Zach, Corresp. astron. 6.

Fig. 125



in München und baute sich dort eine Werkstatt und eine kleine Sternwarte (A. N. 11, 145). Vorher schon hatte er sich die Aufgabe gestellt, ein vollkommenes reflektirendes Hand-Instrument herzustellen, als es der Sextant war; namentlich sollte es bessere Bilder und einen unbeschränkten Beobachtungswinkel gewähren (A. N. 11, 43ff.), und er ließ nun mit Ertel's Hülfe ein solches Instrument herrichten. Es wurden an demselben keine Spiegel verwandt, sondern zwei total reflectirende Prismen, die jedes zur Hälfte das Objectiv überdecken und unabhängig von einander drehbar sind, eins mit dem Kreise, das andere mit der Alidade. Da jedes einen Reflexionsumfang von reichlich 90° hat, so können sie bis zu 180° messen.

Es scheint Steinheil nicht bekannt gewesen zu sein, daß schon 1820 Amici¹⁾ ein ähnliches, wenngleich nicht auf einen so großen Umfang der Messung berechnetes Reflexions-Instrument mit zwei Prismen hergestellt hatte, das er »secteur de réflexion« nannte (Zach 6, 554ff.) [Fig. 124]. Es besteht indeß ein wenig auffälliger, doch wichtiger Unterschied zwischen den beiden Constructionen zu Gunsten Steinheil's, und zwar liegt er in der Stellung der Prismen. Steinheil hat zwei flache Prismen, deren Kathetenflächen die obere und die untere Hälfte des Objectivs ganz überdecken, drehbar über einander angeordnet, so daß sie die Objectivstrahlen in der Richtung der Messung trennen und so die beste Wirkung geben. Amici aber stellt zwei hohe Prismen von kleiner Grundfläche neben einander und theilt das Objectiv in eine rechte und eine linke Hälfte. Dadurch wurden die Bilder in der Richtung der Messung unvollkommen; und in der That giebt Amici's Instrument mangelhafte Bilder (Zach 8, 611), die wahrscheinlich irrthümlich auf Unvollkommenheit des Glases zurückgeführt wurden, da auch Dollond sich daran versucht hatte.

Steinheil's erster Prismenkreis wurde 1833 von Schumacher geprüft und gab sehr gute Resultate (A. N. 11, 109ff.); Bessel gab 1834 die Theorie (A. N. 11, 229ff.). Die bald darauf von Steinheil hergestellte Zeichnung [Fig. 125] zeigt noch ein drittes, das Objectiv überdeckendes, rechtwinkeliges Prisma, das mit dem Fernrohr fest verbunden ist; wie es scheint, sollte das Instrument dadurch bequemer werden. Später, z. B. bei Prismenkreisen nach Steinheil, die 1843 in der Repsold'schen Werkstatt für Schumacher und Gauss ausgeführt wurden, ist das dritte Prisma nicht vorhanden.

Ueber die Instrumente seiner Sternwarte berichtet Steinheil eingehend im October 1833 (A. N. 11, 147ff.). Das Hauptstück ist ein Meridiankreis (ohne Größenangabe), der zwei in einander entgegengesetzter Lage mit einander verbundene Fernrohre aufweist, wie Marinoni solche verwandt hat (I, 62), zur Bestimmung oder Eliminirung der Biegung. Die Beleuchtung der Fäden im dunklen Felde geschieht durch die Achse mit doppelter Reflexion (wohl der erste Versuch in dieser Richtung!) von der selben Lampe, die auch die langen, an den schweren Lagerplatten gehaltenen Mikroskope beleuchtet. Die Neigung der Achse wird, nach Bohnenberger, ohne Niveau durch Nadir-Beobachtungen bestimmt, sehr wahrscheinlich mit Hülfe einer in 45° vor dem Ocular angebrachten planparallelen Glasplatte zur Beleuchtung; denn nach Bessel (A. N. 18, 218) war dies Verfahren Steinheil eigenthümlich. — Zwei kleine, etwas tiefer

¹⁾ Giovanni Battista Amici, Modena 1786 — Florenz 1863, Prof. math. Modena und Florenz.

als die Achse des Meridiankreises in Nord und Süd aufgestellte Instrumente, ein Theodolit und ein Durchgangs-Instrument, die gerade vorhanden waren, dienen zur Bestimmung der Collimation ohne Umlegung, indem sie sowohl gegen einander, als auch jedes auf den Meridiankreis eingestellt werden¹⁾). Die Zapfen werden vermittelst an den Lagern drehbarer Hebel mit Niveaux untersucht. — Außer einem von Ost nach West aufgestellten Durchgangs-Instrument nennt Steinheil noch eine parallaktische Aufstellung mit einem Apparat zum Zeichnen von Sternkarten, den er als »Astrograph« bezeichnet.

Im Jahre 1845 bringt Steinheil sein »Passage-Prisma« in Vorschlag (A. N. 24, 269), ein Seitenstück zu Bloxam's Dipleidoskop (hinten Fig. 158). Es ist ein fest im Meridian aufgestelltes, rechtwinkeliges Glasprisma, an dem man die Zeit des Durchganges eines Sterns beobachten soll, indem man an der Hypothenusenfläche hin visirt und abwartet, bis das so gesehene directe Bild mit dem zweiten, durch doppelte Brechung im Prisma entstehenden zusammenfällt. Die Beobachtung geschieht durch ein kleines Fernrohr von 2^z Brennweite. Das Instrumentchen muß natürlich sicher aufgestellt und sorgfältig berichtet werden.

Durch ein 1847 erschienenes Preisverzeichniß der »Werkstätte Steinheil« wird diese weiteren Kreisen zugängig. Es brachte viel neue Constructionen (A. N. 26, 133 ff.). Zunächst einen Meridiankreis, dessen optische Achse mit der hohlen Achse der Lagerzapfen zusammenfällt, mit einem »Prismen-Objectiv« (in welchem Crown-Linse und Prisma aus einem Stück bestehen) und einem Theilkreise von Glas an dem einen Ende der Achse, Klemme, Aufsuchkreis und Ocular-Mikrometer am anderen. Zwei lange Mikroskope zur Ablesung des Kreises liegen parallel zu beiden Seiten der Achse [Fig. 126]. Die Achse kann nicht umgelegt werden; die Collimation wird zwischen zwei »Hülfssfernrohren« bestimmt, die Neigung durch Nadir-Beobachtungen in einem Quecksilber-Horizont, der von Nord nach Süd eine beträchtliche Länge hat, um auch für Beobachtung reflectirter Sternbilder dienen zu können. — Das ganze Instrument soll zum Schutze gegen Temperatur-Einflüsse so weit irgend thunlich umhüllt werden (A. N. 29, 177 ff.). — Die Grundidee dieses Instruments, das Zusammenlegen von Achse und Fernrohr, ist nach Lindenau schon 1810 oder früher in England vorgeschlagen worden (I, 124).

Neu ist das Aequatoreal mit Doppel-Prisma (A. N. 26, 134). Die Absehlinie des Fernrohres fällt mit der Stundenachse zusammen, die hohl ist und oben ein Prisma trägt; ein zweites dreht sich vor diesem in Declination. Das ist, was man nach 50 Jahren als »lunette coudée« wieder aufleben ließ, nur sieht man hier nach unten, dort sah man nach oben. Die Kreise werden nach Verniers abgelesen; zur Nachführung dient eine »Fugaluhr«.

1) Dies Verfahren hat Steinheil vielleicht von Gauss übernommen; wenigstens trug Gauss es 1828 oder 1829 vor (nach einem Collegienheft von H. B. Lübsen, Eckwarden 1801 — Altona 1864), mit dem Unterschied, daß er nur ein zweites Instrument tiefer aufstellte und statt des dritten eine ferne Mire benutzte. Er bemerkte bei dieser Gelegenheit, daß in seiner Sternwarte zu diesem Zwecke der mit dem Durchgangs-Instrument in dem selben Meridian stehende Meridiankreis etwas tiefer als jenes aufgestellt wurde, so daß er als Collimator dienen konnte. Das geschah schon 1820.

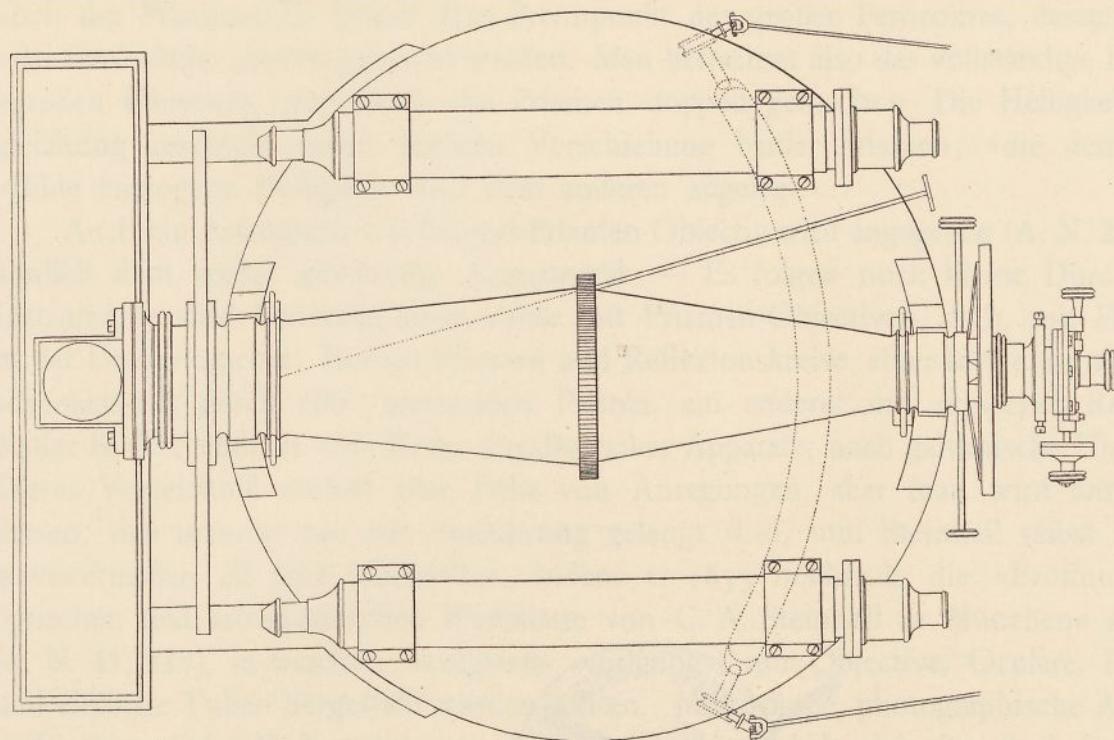
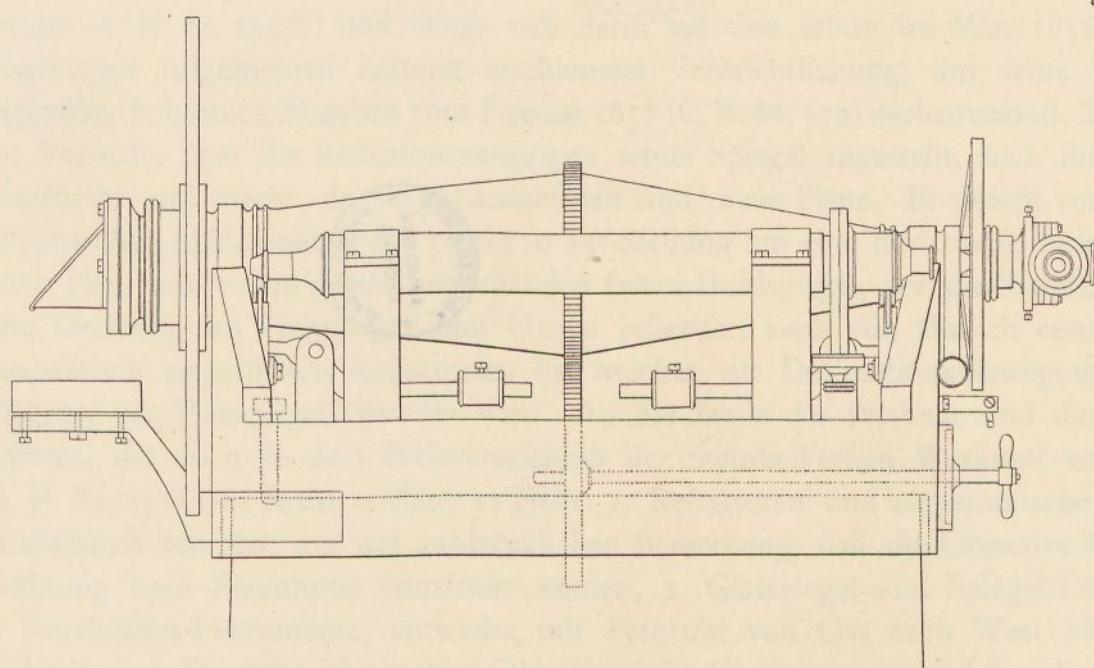


Fig. 126



Meridiankreis mit Prismenobjectiv, 1847,

nach Astron. Nachr. 29.

Weiter folgt ein Ocular-Prismen-Heliometer. In einem Begleitschreiben an Schumacher (A. N. 26, 133) macht Steinheil darauf besonders aufmerksam: »es ist eigentlich der Prismenkreis hinter dem Brennpunkt des großen Fernrohres, dessen Lichtstrahlen wieder parallel gemacht werden. Man betrachtet also das vollständige Bild des großen Objectivs, nur durch die Prismen doppelt gemacht.« Die Helligkeits-Ausgleichung geschieht durch seitliche Verschiebung beider Prismen; »die dem einen Bilde entzogene Helligkeit wird dem anderen zugelegt.«

Auch ein Astrograph mit Doppel-Prismen-Objectiv wird angegeben (A. N. 26, 136), ähnlich dem vorher genannten Aequatoreal. — Es folgen noch kleine Durchgangs-Instrumente und Universal-Instrumente mit Prismen-Objectiven, d. h. mit Fernrohr in der Drehungsachse, Passage-Prismen und Reflexionskreise, einer mit einem gleichschenkeligen, durch 180° messenden Prisma, ein anderer mit doppelter Reflexion beider Bilder; endlich eine Reihe physikalischer Apparate, auch galvanische Uhren. — Dieses Verzeichniß enthält eine Fülle von Anregungen, aber man wird annehmen dürfen, daß manche nie zur Ausführung gelangt sind, und Steinheil selbst ignorirt gewissermaßen all jene Vorschläge, indem er 1855 nochmals die »Eröffnung der optischen und astronomischen Werkstätte von C. A. Steinheil in München« anzeigt (A. N. 41, 217), in welcher, wenigstens »vorläufig«, nur Objective, Oculare, Prismen und einfache Tuben hergestellt werden sollten. Mikroskope, photographische Apparate und »sämmtliche Meßinstrumente für Astronomie« behält sich Steinheil für später vor. Er folgte bei dieser Neugründung seiner Werkstatt einer Anregung des Königs Maximilian II. und zog zur Beihülfe in deren Leitung seinen Sohn Adolph¹⁾ heran.

Im April 1858 macht Steinheil seine ersten Mittheilungen über versilberte Glasspiegel (A. N. 48, 145 ff.) und beruft sich darin auf eine schon im März 1856 in der Augsburger Allgemeinen Zeitung erschienene Veröffentlichung, um seine Priorität gegenüber Foucault's Angaben vom Februar 1857 (C. R. 44, 339) nachzuweisen. Steinheil hat Versuche über das Reflexionsvermögen seiner Spiegel angestellt, auch ihre Form untersucht und macht, da sie gut ausgefallen sind, neue Pläne. Er spricht von einem katoptrischen Meridiankreis mit einem in 45° -Stellung um eine horizontale Achse drehbaren Plan- und einem gegenüberstehenden festen Hohlspiegel, der die Strahlen durch eine Oeffnung im Planspiegel zum Ocular reflectirt; auch von ähnlich construirten parallaktisch aufgestellten Reflectoren, bei welchen die Declinations-Bewegung durch Neigung des Planspiegels bewirkt wird. An die Stelle der Prismen sind die Spiegel getreten, die auch in dem Preisverzeichniß der Steinheil'schen Werkstatt von 1860 (A. N. 52, 171) eine Rolle spielen; es giebt: 1. Refractoren und astronomische Tuben, parallaktisch montirt, mit der ausdrücklichen Bemerkung, daß alle Objective über 24^1 Oeffnung nach Fraunhofer construirt werden, 2. Glasspiegel und Spiegel-Teleskope, 3. Durchgangs-Instrumente, entweder mit Fernrohr von Ost nach West horizontal in den Lagern liegend und vor dem Objectiv einen Glasspiegel tragend (katadioptrisch), oder mit geradem Fernrohr am Ende der Achse, oder endlich mit in 45° geneigtem Planspiegel in der Mitte der durchbrochenen Achse, von dem die Strahlen auf einen

¹⁾ Adolph Hugo Steinheil, München 1832—1893.

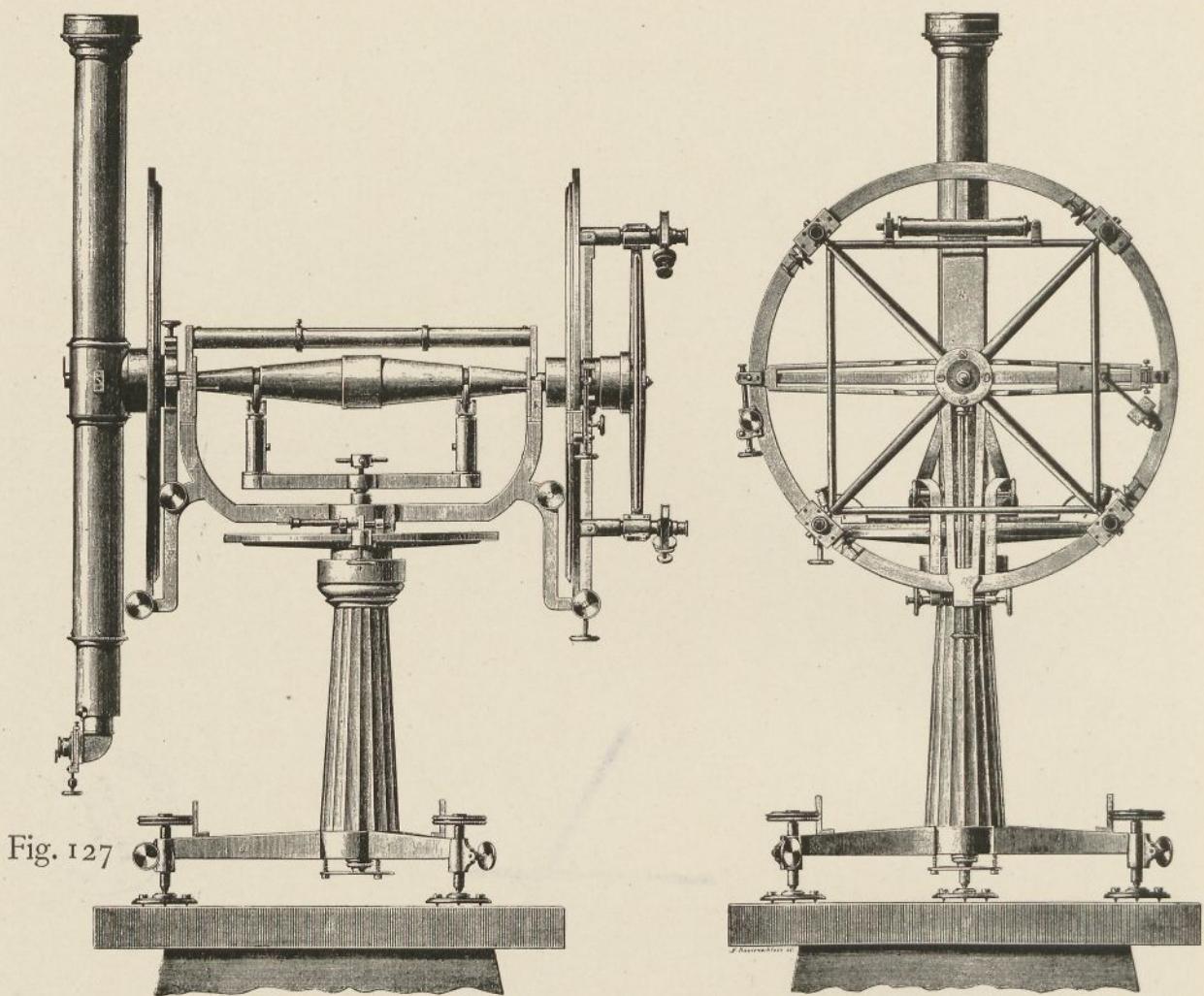
Hohlspiegel an dem einen Ende der Achse und von hier durch eine Oeffnung im Planspiegel zum Ocular geworfen werden; 4. Mikrometer, darunter das Ocular-Heliometer, bei welchem durch ein negatives System die Strahlen des Objectivs parallel gemacht werden, ehe sie auf zwei Prismen fallen, die durch Schrauben meßbar zu verstellen sind; ein kleines Fernrohr macht die Strahlen wieder convergent; 5. Physikalische Apparate, darunter Heliostaten, Photometer, Prismenkreis und Passage-Prisma.

Im Jahre 1860 machte Steinheil auch (in einem Schreiben an M. Hoek in Utrecht) den beachtenswerthen Vorschlag, die Fäden eines Mikrometers in der Weise zu beleuchten, daß das Ocular durch ein Mikroskop ersetzt und dadurch Raum gewonnen wird für einen durchbohrten Reflector in 45° , der das Licht einer seitlichen Lampe von vorn auf die Fäden wirft. Diese Beleuchtung hat den Vorzug, frei zu sein von der Beschattung eines Fadens durch einen anderen, wie sie bei seitlicher Beleuchtung stattfinden kann. Sie verdiente, häufiger benutzt zu werden, besonders bei starken Vergrößerungen.

Im Jahre 1864 bringt Steinheil nochmals seinen Meridiankreis mit Achse als Fernrohr in Anregung (Sitzungsber. der Akademie München 1864, 1, 1 ff.; Carl 1, 149), im Allgemeinen dem früheren ähnlich, doch mit weitgehender Rücksicht auf Umschließung des Ganzen durch ein mit Pelz überzogenes und mit Glimmerfenstern versehenes Gehäuse, um das Instrument so viel als möglich der Körperwärme des Beobachters zu entziehen. Steinheil glaubt aber auch allen schädlichen Biegungen begegnen zu können, indem er Objectiv- und Fadenkreuz senkrecht über die Lager des Rohres bringt; eine etwa im Prisma erscheinende Biegung will er dadurch bestimmen, daß er Reflexbilder der Fäden, die sich an beiden Kathetenflächen bilden, im Mikrometer beobachtet; weil sie sehr schwach sein werden, sollen sie gleichzeitige Sternbeobachtungen nicht stören (werden sie sich aber dann einstellen lassen?). Das Ganze macht den Eindruck eines noch nicht ganz durchgearbeiteten Projects. Umlegung fehlt.

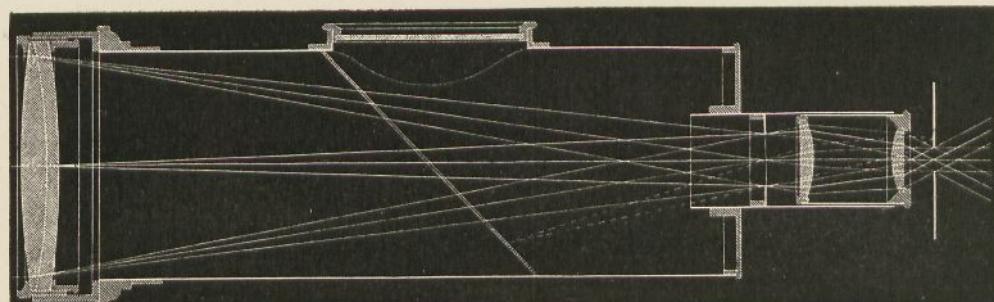
Inzwischen war 1860 auch Eduard Steinheil¹⁾, Adolph's Bruder, in die Leitung des Betriebes aufgenommen worden. Der Vater zog sich allmählich aus den Geschäften zurück und schied 1865 ganz aus, um sich seinen Liebhabereien, besonders der Malerei, zu widmen. Jedoch trat er 1868 noch einmal mit einem Project hervor. Es sollten Eisenbahnen auf lange Strecken mit Hülfe eines Meßrades, des alten Wegzählers, den schon Hulsius ausführlich besprochen hat (Vierter Tractat der mechanischen Instrumenten Levini Hulsi, Gründliche Beschreibung deß Viatorii oder Wegzählers, Franckfurt am Mayn, 1605), in sehr besserter Art ausgemessen werden (A. N. 72, 369), um bei geodätischen Vermessungen sehr lange Grundlinien zu geben. Steinheil stellte selbst Versuche an, die aber nicht fortgesetzt worden zu sein scheinen, vermutlich weil Vorversuche über die Möglichkeit einer Gleitung nicht beruhigen können, sowie wegen der Schwierigkeit, den Umfang des Rades genau zu bestimmen und ihn unverändert zu erhalten. Auch würde man schwerlich eine lange Eisenbahn-Strecke für genügend lange Zeit zur Verfügung bekommen, um eine scharfe Messung und

¹⁾ Eduard Steinheil, München 1830—St. Thomas 1873.



Meyerstein's Meridiankreis, 36¹ Oeffnung, von 1863,
nach Hunaeus, Geometr. Instr., 1864.

Fig. 128



Abbe's Fadenbeleuchtung,
nach Zeitschr. für Instrumentenkunde 1885.

ihre Uebertragung auf weit außerhalb der Bahn gelegene Endpunkte, die doch nothwendig wäre, durchzuführen.

Adolph Steinheil hatte die Werkstatt käuflich übernommen; sie ging einstweilen unter C. A. Steinheil's Namen fort, seit 1868 aber unter der Firma C. A. Steinheil Söhne, die auch Adolph's Sohn und Nachfolger, Rudolph¹), beibehielt. — Ein 1872 erschienenes Preisverzeichniß der Werkstatt unterscheidet sich von den vorigen dadurch, daß es wieder mehr Nachdruck auf die optischen Arbeiten legt; von fremden Objectiv-Constructionen ist nicht mehr die Rede, und Refractoren-Aufstellungen für mehr als 6^f Brennweite werden nur nach besonderer Verabredung übernommen. Das katoptrische Durchgangs-Instrument ist verschwunden, erscheint aber 1879 noch einmal in Form eines von Eduard Steinheil construirten Reise-Universal-Instruments. Später treten mehr und mehr die optischen Arbeiten in den Vordergrund, da Eduard, der als Ingenieur vorgebildet war, früh starb.

8. Weiteres über Werkstätten und Neuerungen in Deutschland und den Nachbarländern.

Neben Pistor war seit etwa 1835 auch Oertling²) gelegentlich für die Sternwarte Berlin thätig gewesen. Er wurde 1843 bekannt durch seine neuen Reflexions-Instrumente, ähnlich dem Sextanten, doch mit vollem Theilkreise und zwei Verniers in 180° Abstand. Zwei lange, schmale, über einander stehende, aber von einander unabhängig mit dem Kreis und mit der Alidade drehbare Spiegel sind inmitten des Kreises angebracht, und ein in der ganzen Höhe belegter Spiegel steht fest vor dem Fernrohr, so daß nur doppelt reflectirte Strahlen ins Objectiv gelangen. In Folge der Drehbarkeit beider Mittelspiegel kann man bis 180° messen (A. N. 21, 199). — Im Jahre 1840 vollendete Oertling eine Kreis-Theilmaschine, die er, neben der Strichtheilung, auch mit einem Schraubengang am Rande des Kreises für ein automatisches Theilungsverfahren versah. Die Maschine wurde vom preußischen Staate angekauft, scheint aber nicht viel zur Geltung gekommen, auch wohl nicht gut in Stand gehalten worden zu sein. Klagen über Fehler der auf derselben ausgeführten Theilungen führten zu einer Untersuchung, und die Folge war, daß die Maschine außer Dienst gestellt wurde. — Oertling's Sohn hat die Werkstatt des Vaters nach dessen Tode übernommen.

In Göttingen gründete Moritz Meyerstein 1833 eine Werkstatt, nachdem er vorher längere Zeit bei Ertel gearbeitet hatte. Er wurde bekannt durch die Ausführung magnetischer Apparate für Gauss und Wilhelm Weber. Ein 1860 ausgegebenes Preisverzeichniß (A. N. 53, 155) nennt Meridiankreise bis zu 5^f Brennweite, Verticalkreise, Durchgangs-Instrumente, Universal-Instrumente, Theodoliten mit und ohne Repetition u. A.; ein ähnliches folgte 1866. Ein tragbares »Durchgangs-Instrument« (Meridiankreis) von Meyerstein zeigt [Fig. 127]. — Meyerstein's astronomische Instrumente scheinen keine

¹⁾ Rudolph Steinheil, geb. München 1865.

²⁾ Aug. Oertling, Berlin 1803—1866.

große Verbreitung gefunden zu haben. Er verkaufte seine Werkstatt 1874 an August Becker, unter dem sie eine andere Richtung erhielt (Berendsen, Die mechanischen Werkstätten in Göttingen, Melle 1900).

Um 1846 bemühte sich der Uhrmacher F. A. Nobert in Greifswald (geb. 1806) mit gutem Erfolg um die Herstellung feiner Glastheilungen (Poggendorff's Annalen 67, 173 ff.; A. N., Ergänzungsheft zu 28, 94). Es gelang ihm, mehr als 100000 Striche auf 1^z zu ziehen; Fraunhofer spricht nur von 32000, die er gezogen (Lommel, Fraunhofers Gesammelte Schriften, München 1888, 124ⁿ); aber er fand selbst bei nur ca. 8000 große Mühe, breitere Gitter von so großer Gleichmäßigkeit der Theilung zu bekommen, wie er sie für seine Versuche über die Beugung des Lichtes brauchte, und hatte daher keine Veranlassung, noch weiter zu gehen. Nobert aber machte zunächst nur Theilungen in kurzen »Gruppen«, an denen die Leistungen von Mikroskopen geprüft werden sollten. In den Annalen spricht er von 10 Gruppen, von denen in der ersten der Abstand von Mitte zu Mitte der Striche = $\frac{1}{2000}$, in der zehnten = $\frac{1}{4000}$ war, also 108000 Striche auf einen Zoll; er hat dann später noch zwei feinere Gruppen eingeführt. Nach Vogel (Newcomb-Engelmann's Populäre Astronomie, 3. Aufl., 1905, 238) hat Nobert aber auch Gitter hergestellt, die »sehr reine Spektra gaben«; die späteren Rutherford'schen werden ihnen an die Seite gestellt.

Ebenfalls im Jahre 1846 gründete Zeiss¹⁾ seine optische Werkstatt in Jena. Anfangs wesentlich der Herstellung von Mikroskopen dienend, wurde sie später der Stamm des mit Abbe's²⁾ Hülfe erweiterten Zeiss'schen Betriebes, der seit etwa 1900 auch ganze astronomische Instrumente in seinen Wirkungskreis zog. Veranlaßt wurde dies großentheils durch die Erfolge, welche die Firma Schott & Genossen in Jena während der Jahre 1882—4 mit Unterstützung der preußischen Regierung in ihren Glasschmelzungs-Versuchen erzielte (Instrk. 6, 299). — Abbe machte um 1885 einen hübschen Vorschlag zur Fadenbeleuchtung in dunklem Felde [Fig. 128]. Zwischen Objectiv und Ocular soll außerhalb des Strahlenbüschels ein concentrisch convergirender Lichtkegel angeordnet werden, der wohl die Fäden sichtbar machen kann, aber durch eine vor dem Ocular, am Orte des sogenannten Augenkreises, angebrachte Blende etwas engeren Durchmessers von dem Auge abgehalten wird, so daß das Feld dunkel bleibt (Instrk. 5, 347 ff.). Die Herrichtung des hohlen Lichtkegels wird zuweilen unbequem sein.

Als Uhrmacher wurde Krille³⁾ sehr geschätzt, der Nachfolger des 1849 gestorbenen Kessels in Altona; auch ein anderer von Kessels' Schülern, Hohwü⁴⁾, der später noch bei Bréguet arbeitete und sich 1840 in Amsterdam niederließ, machte sich einen guten Namen (V. J. S. 21); sein Neffe T. Hohwü war sein Nachfolger. — Krille baute auf C. A. F. Peters' Veranlassung 1858 einen Registrir-Apparat für Durchgangs-Beobachtungen⁵⁾, einen Walzen-Apparat, ähnlich dem von Bond angegebenen, doch nicht mit Dinten-

1) Carl Friedrich Zeiss, Weimar 1816—Jena 1888.

2) Ernst Abbe, Eisenach 1840—Jena 1905.

3) Moritz Krille, ? ? —Altona 1862.

4) Andreas Hohwü, Gravenstein (in Schleswig) 1803—Amsterdam 1885.

5) Die ersten Versuche an elektrischen Registrir-Vorrichtungen in Deutschland, sehr wahrscheinlich in Europa,

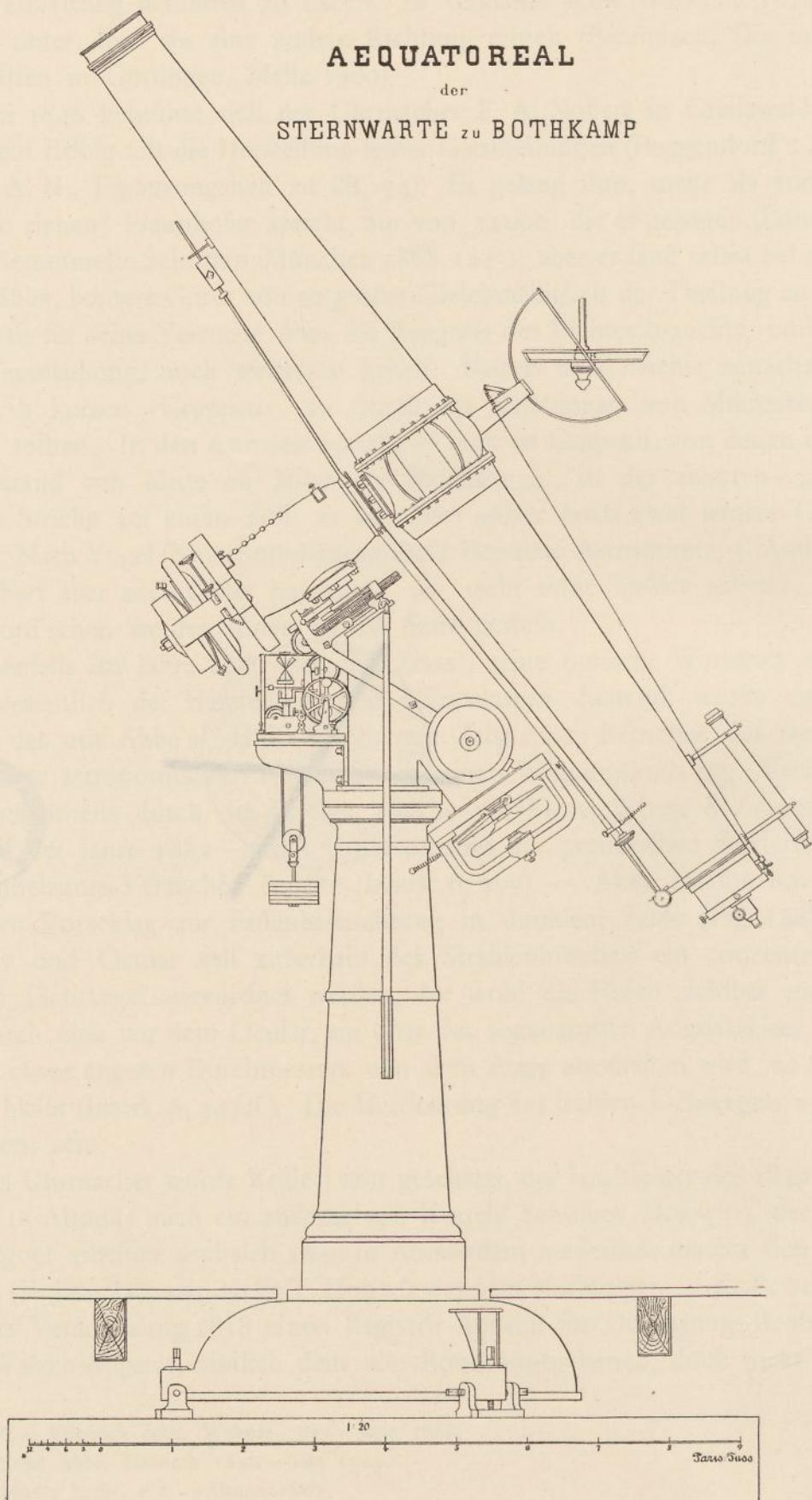


Fig. 129

nach Astron. Nachr. 77.

feder, sondern mit Diamantspitze als Schreibstift, der auf mit Tusche geschwärztem Kreidepapier feine, scharfe Linien zog. Das Uhrwerk wurde durch ein einfaches, nicht immer genügend wirksames Rotationspendel regulirt. Aehnliche Apparate baute auch Krille's Nachfolger Knoblich¹), der 1873 nach Hamburg übersiedelte, um sich mit dem Chronometermacher Dencker²) zu vereinigen, bald aber wieder allein arbeitete. — Mehr als jene Walzen-Apparate wurden in Deutschland dem Zweck entsprechend veränderte Morse-Telegraphen-Apparate verwandt, von Siemens & Halske, auch von Ausfeld in Gotha mit einigen Verbesserungen nach Hansen (Ber. der math.-physikal. Classe der Ges. der Wissenschaften, Leipzig 1859, 8 ff.) und von Mayer & Wolf in Wien, die den Apparat durch einen Elektromotor antrieben und, nach E. Weiss³), eine Auszeichnung der Minutenmarken einführten (Littrow in Sitzungsber. der Akademie Wien 1865 Novbr.) u. A.

Im Jahre 1861 etablierte sich in Hamburg der Optiker Schröder⁴). Er übernahm die Lieferung des 1870 vollendeten Refractors von 293^{mm} Oeffnung, 4,9^m Brennweite für die Sternwarte des Kammerherrn von Bülow auf Bothkamp, damals des mächtigsten Fernrohrs in Deutschland, auch der Aufstellung, deren Construction mit Hülfe des Ingenieurs Nagel⁵) durchgeführt wurde. Sie ist von sehr schweren Formen, besonders die Declinationsbüchse und das Fernrohr-Mittelstück mit seinen hohen Rippen. Die Säule hat einen glockenförmigen Fuß, der aber nur an drei Punkten aufruht. Der Längendruck der Achsen wird durch je eine Chalcedon-Platte aufgenommen [Fig. 129]. Das Uhrwerk ist von Eichens, mit Regulator nach Foucault (A. N. 77, 289). — Um 1880 gab Schröder seine Werkstatt in Hamburg auf und übersiedelte nach Ober-Ursel; später ging er nach England. Dort war er in der optischen Werkstatt von Ross & Co. in London thätig, die auch seine Zeichnungen käuflich erworben hatten.

wird Joh. Lamont (Bracmar in Schottland 1805—Bogenhausen 1879) von 1849 ab in München gemacht haben. Er bezieht sich auf Locke's Erfindung (Loomis 321) und richtet sich selbständig einen Apparat her (Astron. Kalender für 1852, München 1850, 157 und Abhandl. der Akademie d. W. in München, 6, Abthlg. 2, 1851, 416 ff.). Die Signale werden nicht auf einem Papierstreifen eingedrückt, sondern auf einem mit Wachs und Ruß geschwärzten Cylinder von Zinn mit Spitzen abgesetzt »vermittelst eines eigenthümlichen Mechanismus, welcher bewirkt, daß die Puncte vollkommen rund (nicht länglich, wie es sonst der Fall war), fein und deutlich werden. Indem der Cylinder sich dreht, rückt er zugleich in der Richtung seiner Länge vorwärts.« Die Punkte fallen also in eine Spirallinie und können sich nicht überdecken. Die Bewegung der Spitzen bewirkte Lamont durch Elektromagnete, oder auch durch Zug. Die Secunden der Pendeluhr ließ Lamont dadurch aufzeichnen, daß die Endspitze des Pendels durch einen Quecksilbertropfen streicht; in ähnlicher Weise giebt ein Arm des Minutenrades die Minuten an.

Zur selben Zeit machte Lamont auch Versuche zur Registrirung der Declination bei Zonenbeobachtungen. Er verlängerte die Klemme des Meridiankreises durch ein senkreiches Rohr auf ca. 2^m und brachte unten eine seitliche Spalte an, die durch Bewegung eines Excenters gegen einen am Pfeiler angebrachten horizontalen Zinncylinder geführt wurde, um einen Punkt abzusetzen. Beim Rückgang der Spalte bekam der Cylinder eine kleine Drehung, um freies Feld für einen neuen Stich zu geben. — In ähnlicher Weise wollte Lamont durch eine zweite Spalte auf dem Cylinder Punkte in bestimmten verschiedenen Abständen vom Ende absetzen, durch welche die Sterngrößen angegeben werden sollten, von der 7. bis zur 10. Größe (a. a. O., 432). Das sind aber wohl wenig mehr als Projecte gewesen.

¹⁾ Theodor Knoblich, Friedland (in Schlesien) 1827—Hamburg 1892.

²⁾ Ferdinand Daniel Dencker, geb. Lütjenburg (Holstein) 1837.

³⁾ Edmund Weiss, geb. Freiwaldau 1837, ehemals Dir. Obs. Wien.

⁴⁾ Hugo Schröder, Hamburg 1836?—London 1902.

⁵⁾ Theodor Nagel, Hamburg 1838—1885.

In der Schweiz hatten, neben Schenk¹⁾ in Bern und Kern²⁾ in Aarau, die von R. Wolf (I, 14) gelobt werden, keine namhaften astronomischen Werkstätten bestanden (Prix courant de la Société genevoise, Genève 1887, Avant-Propos), bis 1860 in Neuenburg von Hipp³⁾ und 1861 in Genf von der Société genevoise ihre Werkstätten eröffnet wurden. Hipp baute hauptsächlich Telegraphen-Apparate, aber auch Uhren, besonders elektrische, und Registrir-Apparate, sowohl mit Walzen nach Bond, als auch nach Art der Morse-Apparate mit endlosem Papierstreifen. Als seiner Einfachheit wegen vorzüglicher Regulator für Chronographen hat sich Hipp's schwingende Feder erwiesen: eine an dem Gehäuse befestigte Lamelle, deren Schwingungen durch ein verschiebbares Gewicht nach dem Gehör auf das verlangte Zeitmaß eingestellt wird und die dann bei jeder Schwingung einen Zahn des Sperrades durchgehen lässt (Plantamour et Hirsch, Détermination . . . entre Genève et Neuchâtel, Genève et Bale 1862, 18, 22). — Die Hipp'sche Werkstatt ging 1889 in den Besitz der Firma Peyer, Favarger & Cie. über.

Die Werkstatt der Société genevoise wurde Anfangs von Aug. de la Rive und Thury geleitet, später von Th. Turrettini. Hier werden (1887) neben physikalischen Apparaten und Feld-Meßwerkzeugen auch Universal-Instrumente (Théodolites azimutaux) im Wesentlichen deutscher Form, tragbare Durchgangs-Instrumente ähnlich den englischen (für Umlegung scheint ein besonderer Apparat vorgesehen zu sein, wie bei Secretan), Meridiankreise und parallaktische Aufstellungen angeboten, die nichts Ungewöhnliches bieten, auch Registrir-Apparate mit Walze.

In Pulkowa wurde um 1863 von Brauer (1845—66 Mechaniker der Sternwarte) nach Döllen's⁴⁾ Angaben (Die Zeitbestimmung vermittelst des tragbaren Durchgangs-Instruments, St. Petersburg 1863 und 1874) ein Durchgangs-Instrument ausgeführt, für welches verlangt wurde: ein gebrochenes Fernrohr von 30¹ Oeffnung, 30² Brennweite, Ocular-Mikrometer, Umlege-Vorrichtung, ein Hänge-Niveau, welches beim Umlegen auf der Achse bleiben kann, und eine Azimuth-Stellung von einigen Graden. Beschreibung und Abbildung eines solchen Instruments von Brauer finden sich in den Memoiren der militair-topographischen Abtheilung des Generalstabes, St. Petersburg, 37, 9 [Fig. 130]. Zur Umlegung dient ein mit drei Rollen auf einem vorspringenden Ringe der Grundplatte centrisch umlaufender Teller mit zwei durch eine gemeinsame Schraube anzuhebenden Hebelen, die zwei Stützen unter die Achse greifen lassen; eine dauernde Entlastung der Achsenlager scheint nicht vorhanden zu sein. Die unvollkommene Zeichnung lässt die nähere Einrichtung des eigenthümlich zusammengebauten Niveaus nicht erkennen. Die Lampe steht der Achse sehr nahe und muß beseitigt werden, ehe umlegt werden kann.

In München entstand 1865 neben Merz und Steinheil die optische Anstalt von Gottlieb Reinfelder⁵⁾; 1867 vereinigte er sich mit Wilhelm Hertel⁶⁾ in der Firma

¹⁾ Ulrich Schenk, Signau 1786 — Worblaufen bei Bern 1845.

²⁾ Emil Kern, geb. Aarau 1830.

³⁾ Matthias Hipp, Reutlingen 1813—88.

⁴⁾ Joh. Heinr. Wilhelm Döllen, Mitau 1820 — Dorpat 1897, Obs. Pulkowa.

⁵⁾ Gottlieb Reinfelder, Pegnitz 1836 — München 1898.

⁶⁾ Wilhelm Hertel, Nürnberg 1837 — München 1893.

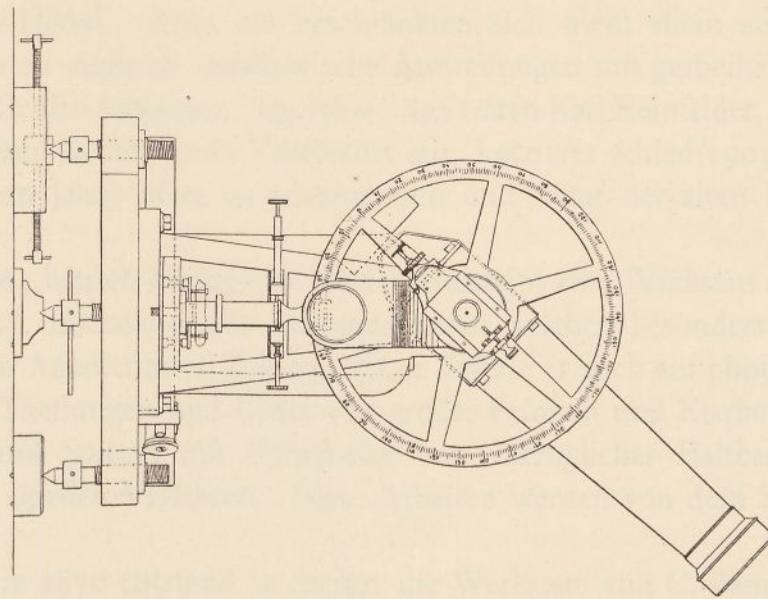
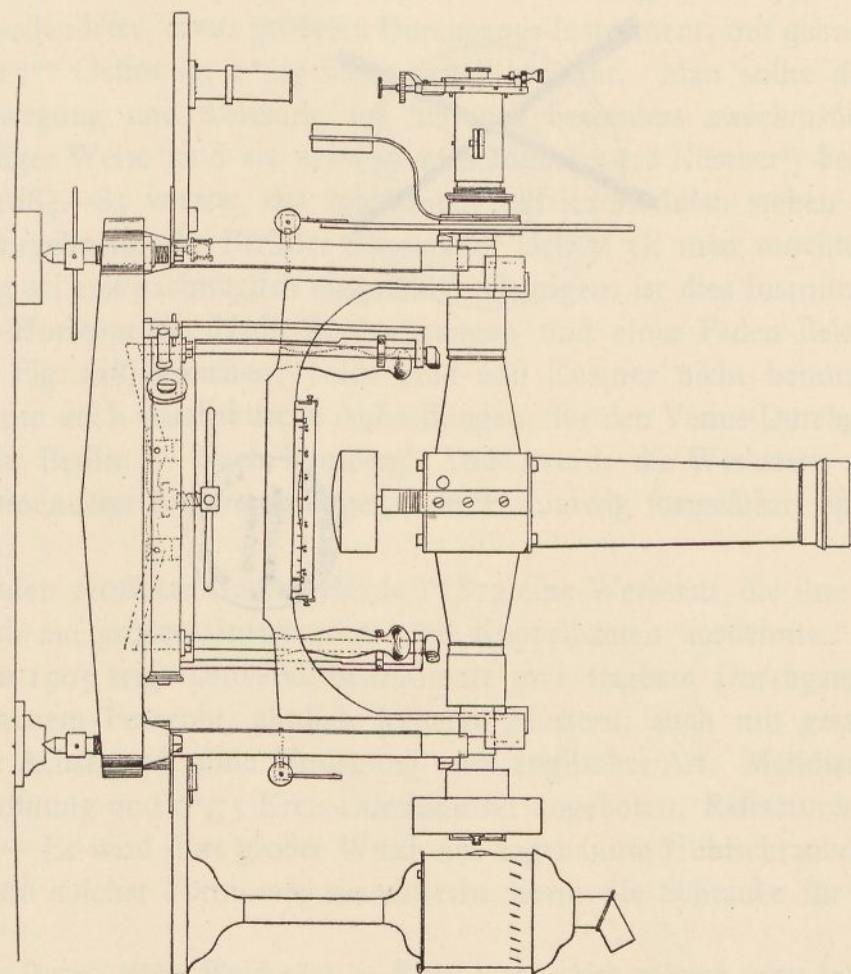


Fig. 130



Durchgangs-Instrument, ca. 1/8 n. Gr.

nach Mem. der milit.-topogr. Abthlg. des russ. Generalstabes, 37.

Reinfelder & Hertel. Auch sie beschränkten sich nicht allein auf optische Arbeiten, sondern bauten zugleich parallaktische Aufstellungen mit getheilten Kreisen, Uhrwerk und vielen Ocular-Apparaten. Im Jahre 1896 traten Karl Reinfelder, geb. 1869, Gottlieb's Sohn, und Paul Zschokke als Theilhaber ein; Letzterer schied 1903 wieder aus, um die Werkstatt von Jakob Merz zu übernehmen und unter der alten Firma G. & S. Merz fortzuführen.

Seit 1864 betrieb Möller¹⁾ in Wedel (Holstein) eine Werkstatt für kleinere optische Arbeiten und mikroskopische Präparate, unter welchen besonders seine Diatomaceenplatten große Anerkennung fanden; später lieferte er auch auf photographischem Wege hergestellte Theilungen und Gitter von großer Feinheit und Klarheit auf Glas, Prismen, Plangläser und Spiegel mit Silberbelag von vorzüglicher Haltbarkeit und Wirkung nach einem eigenen Verfahren. Diese Arbeiten werden von dem Sohne, Hugo Möller, fortgeführt.

Im Jahre 1870 entstand in Berlin die Werkstatt von C. Bamberg,²⁾ die zunächst nautische Instrumente für die Marine herstellte, daneben tragbare Durchgangs-Instrumente und Universal-Instrumente, ähnlich den Martins'schen (vorn Figg. 120—122). Als »Universal-Transit« wurde ein nach Foerster's Angaben 1879 für die Berliner Sternwarte vollendetes, etwas größeres Durchgangs-Instrument, mit gebrochenem Fernrohr von 115^{mm} Oeffnung, 1^m,29 Brennweite, benannt. Man sollte danach denken, daß die Bewegung und Ablesung im Azimüth³⁾ besonders zweckmäßig eingerichtet wäre; auffälliger Weise sind sie aber so umständlich, daß Küstner⁴⁾ bei seinen Beobachtungen 1884—85 vorzog, das Instrument fest im Meridian stehen zu lassen (Beobachtungs-Ergebnisse der Berliner Sternwarte, Heft 3, 3); man möchte fast glauben, die Ablesung sei erst nachträglich eingeführt. Uebrigens ist dies Instrument mit einem Quecksilber-Horizont für Nadir-Beobachtungen und einer Faden-Beleuchtung nach Abbe (vorn Fig. 128) versehen; beide sind von Küstner nicht benutzt worden. — Bamberg baute auch parallaktische Aufstellungen: für den Venus-Durchgang 1874 und die Urania in Berlin. — Nach Bamberg's Tode wurde die Werkstatt, zunächst unter Aufsicht befreundeter Sachverständiger, von P. Ludwig fortgeführt, später von Bamberg's Sohn.

In Dresden eröffnete Gustav Heyde⁴⁾ 1872 eine Werkstatt, die ihre Thätigkeit allmählich auch auf größere Instrumente und Kuppelbauten ausdehnte. Ein Preis-Verzeichniß von 1905 zeigt Universal-Instrumente und tragbare Durchgangs-Instrumente mit gebrochenem Fernrohr, ähnlich früheren Mustern, auch mit geradem Fernrohr in Mitte der Achse und ohne Umlegung nach englischer Art. Meridiankreise werden bis zu 8^z Oeffnung und 0^m,75 Kreis-Durchmesser angeboten, Refractoren bis zu 300^{mm} Oeffnung. — Es wird dort großer Werth auf sogenannte Hohlschrauben gelegt, Stellschrauben von solcher Form, wie sie entsteht, wenn die Schraube für einige Zeit in

¹⁾ Johann Dietrich Möller, Wedel 1844 — Wedel 1907, erhielt während seiner Lehrzeit als Maler in Hamburg einige Anweisung im Gläsernschleifen von Hugo Schröder und bildete sich darin später selbstständig aus.

²⁾ Carl Bamberg, ? 1847 — Berlin 1892.

³⁾ Friedrich Küstner, geb. Görlitz 1856, Dir. Obs. Bonn.

⁴⁾ Carl Gustav Theodor Heyde, geb. Dresden 1876.

einem Gang ohne Ende geschliffen wird. Dies ist der gegebene und oft benutzte Weg, eine Ausgleichung kleiner Fehler zu erreichen; das Neue ist, daß man sich entschloß, der verschliffenen Schraube nicht nur ihre gegen die Regel verstößende Form zu lassen, sondern sie absichtlich in verstärktem Maße herzustellen. — Von einigem Nutzen könnte diese Form der Schraube nur dann sein, wenn große Kräfte an einem verhältnismäßig kleinen Durchmesser des Muttergewindes wirkten. Für messende Schrauben sollte man sie nicht verwenden, weil dadurch die Prüfung und Berichtigung des periodischen Ganges sehr erschwert, vielleicht unmöglich gemacht würde. Dagegen ist anzunehmen, daß das übliche Einarbeiten in den Muttergang eine einmal laufend hergestellte Schraube nicht schädigen wird. — Heyde nahm 1910 seine beiden Söhne, Julius, geb. 1872, und Johannes, geb. 1873, in seinen Betrieb auf und zog sich 1912 aus Gesundheitsrücksichten zurück.

Seit 1873 besteht in Potsdam die Werkstatt von Otto Toepfer (jetzt Otto Toepfer & Sohn)¹⁾, die sich namentlich durch Apparate für astrophysikalische Untersuchungen vortheilhaft ausgezeichnet hat. Das Arbeiten nach unmittelbaren Anweisungen und Prüfungen der Angestellten des astrophysikalischen Observatoriums setzte sie in den Stand, sich den Erfahrungen, die hier fortgesetzt gesammelt werden, anzupassen. Neuerdings werden auch größere Instrumente ausgeführt.

Die 1875 von J. Wanschaff (1844—1903) in Berlin gegründete Werkstatt zeichnete sich durch gute Theilungen aus. Sie lieferte eine Kreis-Theilmaschine für die Physikalisch-Technische Reichs-Anstalt in Charlottenburg. Ueber Interferenz-Gitter berichtet Vogel (Instrk. 1, 48). Universal-Instrumente, wesentlich nach Martins, und Zenith-Instrumente wurden vielfach ausgeführt. — Die Werkstatt wird von dem Sohne, Hermann Wanschaff, fortgeführt; er erbietet sich auch zu größeren Instrumenten.

H. L. Rudolf Fuess (geb. Moringen 1838) übernahm 1876 die Werkstatt für Glas-Instrumente von J. G. Greiner & Geissler in Berlin und gab ihr eine vielseitige Ausbreitung, theilweise auch für astronomische Instrumente. Namentlich Fuess' Chronographen haben vielfach Anwendung gefunden, Cylinder- oder Streifen-Apparate, diese ähnlich den Morse-Apparaten von Siemens & Halske, auch mit Fern-Arretirung und nachgebender Spitze zur Vermeidung des Einreißens des Papiers, oder mit Schreibfedern. Seine Heliostaten [Fig. 131] sind, mit wesentlicher Vereinfachung, Gambey nachgebildet; eine bequem einzurichtende Sonnenuhr zeigt [Fig. 132]. — Im Jahre 1878 führte Fuess nach Knorre's²⁾ Angaben einen Apparat zur Registrirung von Declinations-Differenzen aus, dem der Name »Declinograph« beigelegt wurde. Eine viergängige Schraube bewegt eine Platte mit Ocular und Faden, an der sich auch eine kleine Spitze befindet. Daneben steht eine feste Spitze, und beide können durch einen Fingerdruck auf einen Papierstreifen eingezeichnet werden. Die Abdrücke werden später unter einer Glasscala ausgemessen. Der Apparat war für Zonen-Beobachtungen mäßiger Genauigkeit bestimmt. — Später wurde der Druck nicht unmittelbar durch die Hand, sondern pneumatisch gegeben, und die Ablesungen wurden durch Einfüh-

¹⁾ Otto Toepfer, geb. Berlin 1845, Reinhold Toepfer, geb. Potsdam 1873.

²⁾ Victor Knorre, geb. Nicolajew 1840, ehemals Obs. Berlin.

rung eines Mikroskops verschärft (A. N. 93, 363 ff., 100, 81). — Einen ähnlichen Versuch hatte Eichens 1863 gemacht, indem er eine kleine, mit Dinte gefärbte Spitze gegen die Trommel eines Mikrometers führte, um ihren Stand nach verschiedenen Ablesungen festzustellen und später gegen die Theilung abzulesen (nach Renan in Ann. Observatoire de Paris 19, 55); und Vogel wandte gegen 1880 ein verbessertes Verfahren an, bei dem die gefärbte Spitze seitlich zu verschieben war, so daß ein Zusammenfallen sehr naher Punkte vermieden wurde (Instrk. 1, 391).

Die Herstellung von Niveaux haben sich die seit 1861 in Berlin bestehende Werkstatt von Carl Reichel (1823—1911) und die 1879 in Freiberg von Adolf Pessler gegründete Werkstatt (jetzt Adolph Pessler & Sohn) zur Hauptaufgabe gestellt. Seitdem es in Jena gelungen, Glasrohre herzustellen, bei denen die früher oft so störenden Ausscheidungen an den inneren Wänden nicht mehr auftreten, ist das Zuschmelzen der Rohre wieder üblich geworden und giebt den Niveaux eine größere Beständigkeit und Haltbarkeit. — Reichel's Nachfolger ist Eugen Eberle.

Durchgreifende Neuerungen an Pendeluhrn wurden 1893 von Riefler¹⁾ in München eingeführt. Besonders gab er dem Quecksilber-Pendel eine ganz veränderte Form. Die Pendelstange bestand zunächst aus einem Stahlrohr von etwa 16^{mm} Durchmesser, welches auf etwa zwei Drittheile der Länge mit Quecksilber gefüllt war; dadurch wurde eine vollkommenere Temperatur-Ausgleichung, als bei Graham's Pendel mit weitem Gefäß angestrebt. Die Berechnung der für die Compensation nöthigen Maße geschah mit Einschluß der in der Mitte des Rohres gehaltenen Linse auf Grund genauer Ermittlung des Ausdehnungs-Coëfficienten und konnte später nicht mehr geändert werden (Riefler, Die Präcisions-Uhren . . ., München 1894; A. N. 133, 217). Zur weiteren Vereinfachung des Pendels führte Riefler einige Jahre später Pendelrohre aus der in Sèvres von Guillaume vielfach untersuchten Stahl-Nickel-Legirung von kleinem Ausdehnungs-Coëfficienten (35,7^T Nickel und 64,3^T Stahl) ein; das Quecksilber wurde dadurch unnöthig, denn es genügte zur Compensation ein über das Stahlrohr gecktes Messingrohr, auf dem die Gewicht-Linse ruht. Die Stahlrohre bedürfen aber einer langzeitigen künstlichen Alterung. (Das Nickelstahl-Compensationspendel von S. Riefler, München 1902.)

Für Basismessungen wurde von Jaederin²⁾ in Stockholm ein Maß in Drahtform in Anregung gebracht. Die ersten, 1885 veröffentlichten Messungen von 1882 und 1883 waren unbefriedigend (Instrk. 5, 362 ff.). Im Jahre 1884 wurde man indeß in Pulkowa auf Jaederin's Bemühungen aufmerksam, und in den nächsten Jahren wurden dort Versuche gemacht, die Messung mit zwei Drähten, Stahl und Messing, weiter auszubilden, um die Temperatur berücksichtigen zu können. Besonders wurde auch die Spannung der Drähte aus freier Hand, nach den Angaben einer Federwaage, durch Gewichts-Spannung ersetzt und hierzu ein fahrbarer »Spannbock« nach Döllen's Angabe hergerichtet. In dem Jahresbericht der Sternwarte Pulkowa von 1890 schätzt Döllen die damals erreichbare Genauigkeit auf 1:200 000. Es wurden zur näheren

¹⁾ Siegmund Riefler, Maria Rain 1847 — München 1912.

²⁾ Edvard Jaederin, geb. Stockholm 1852, Prof. Geod. Stockholm.

Prüfung des Verhaltens der Drähte an der Mauerwand eines Corridors feste Marken in 25^m Abstand (Länge der Drähte) angebracht und häufige Vergleichungen der Drähte dagegen vorgenommen. — Später, von 1900 ab, fand der Jaederin'sche Apparat weitere Ausbildung durch Benoit und Guilleaume in Paris. Eine wesentliche Vereinfachung erreichte man durch Einführung der gegen Temperatur wenig empfindlichen, als »Invar« bekannten Eisen-Nickel-Legirung, mit welcher man sich auf einen Draht glaubte beschränken zu dürfen; es werden freilich einstweilen häufig Nachmessungen der Drahtlänge empfohlen (Comptes rendus de la 14. Conférence de l'Association géod. internat., Leide, 1903, deux notes . . . par Benoit et Guilleaume; auch Geodetic Survey of South Africa, 3, XIII). — Ein Maß in Bandform, das gegen das unvermeidliche Aufwickeln in mäßigem Durchmesser weniger empfindlich und Verbiegungen nach seitwärts weniger ausgesetzt sein muß, als ein Draht von cylindrischem Querschnitt, ist später in Nordamerika verwandt worden. Man hat beobachtet, daß die Bandform den Draht gegen den Wind empfindlich macht; es entstehen Schwingungen und dadurch kleine Bewegungen der getheilten Enden. Diesem Uebelstand sucht man durch wiederholte Ablesungen entgegenzuwirken. — Von Seiten der preußischen Landesaufnahme wird neuerdings das Urtheil über den Jaederin'schen Apparat dahin zusammengefaßt, daß er für Messungen möglichst großer Genauigkeit nicht geeignet erscheint, in allen Fällen aber, wo sein geringes Gewicht und seine gute Transportfähigkeit von Bedeutung sind, hervorragende Dienste leistet (Verh. der 17. Conferenz der Internat. Erdmessung 1, 1913, 250).

Die Doppelbrechung in Krystallen, die Winnecke mit Vortheil für die bloße Darstellung von Doppelfäden beliebigen Abstandes benutzt hatte (A. N. 91, 297), suchte V. Wellmann 1889 zur Messung kleiner Abstände zu verwenden, indem er ein mit doppelbrechendem Prisma versehenes Ocular drehbar und nach Position ablesbar machen ließ, von O. Fennel in Cassel. Die Versuche scheinen der umständlichen Reduction der Ablesungen wegen nicht fortgesetzt worden zu sein (A. N. 122, 185 ff.; 126, 85 ff.).

Für die Ausmessung photographischer Sternplatten unmittelbar nach Declination und Stundenwinkel brachte Kapteyn¹⁾ einen Apparat in Vorschlag, von welchem er 1892 auch eine Skizze [Fig. 133] veröffentlichte (Bull. du Comité perm. internat. pour l'exécution de la Carte du Ciel 1, 377 ff.). Er bezeichnet ihn als einen parallaktischen; die Polachse liegt aber in horizontaler Stellung und ist um den Schnittpunkt der beiden Achsen azimuthal drehbar. In diesem Punkt soll sich auch das Objectiv des gebrochenen Fernrohres befinden, welches die, in einem Abstand gleich der Brennweite des zur Aufnahme benutzten photographischen Rohres hergerichtete Platte sichtbar macht. Die Kreise des parallaktischen Systems geben dann, nachdem sie auf einen Anhaltstern bezogen worden sind, Declination und Stundenwinkel der eingestellten Sternbilder, und die horizontale Lage der Stundenachse und die azimuthale Drehbarkeit geben die Möglichkeit, die Platten immer in der Höhe der Achse und an dem selben Ort aufzustellen, aus welcher Himmelsgegend sie auch sein mögen; sie müssen nur

¹⁾ J. C. Kapteyn, geb. Barneveld 1851, Prof. astron. Groningen.

Fig. 134

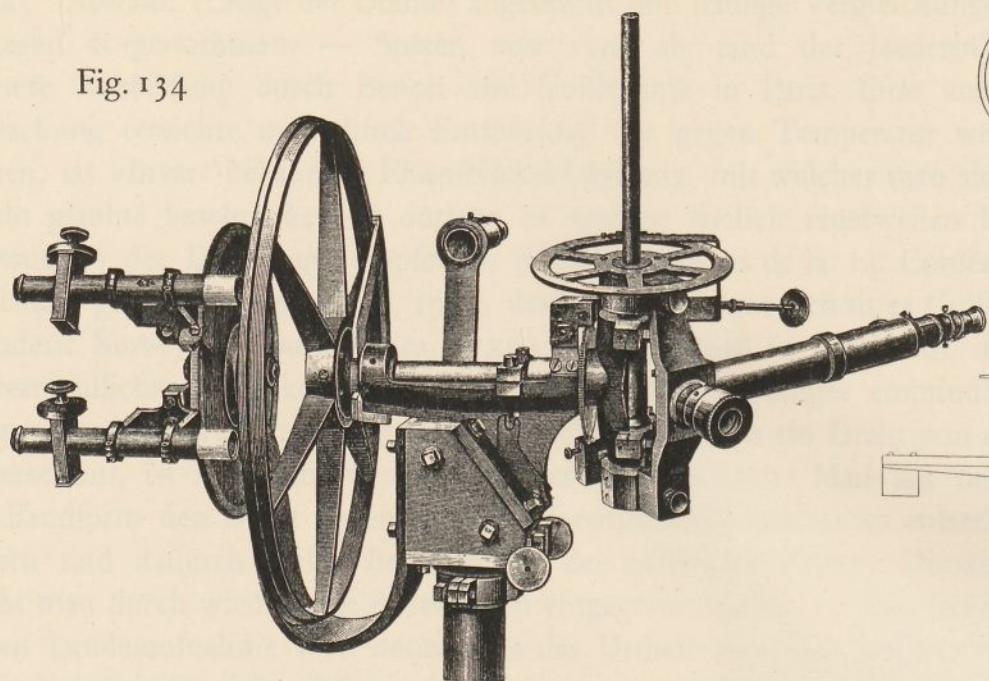
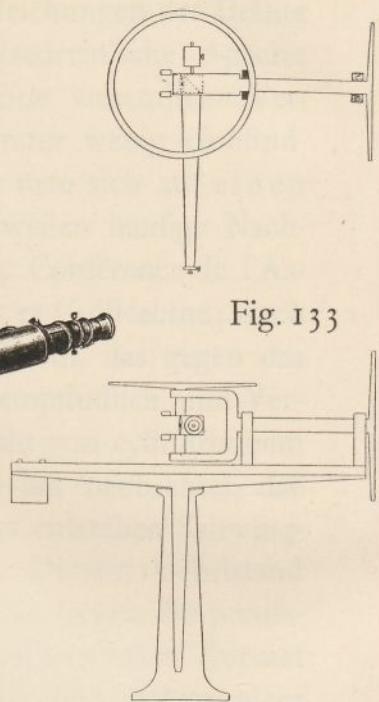


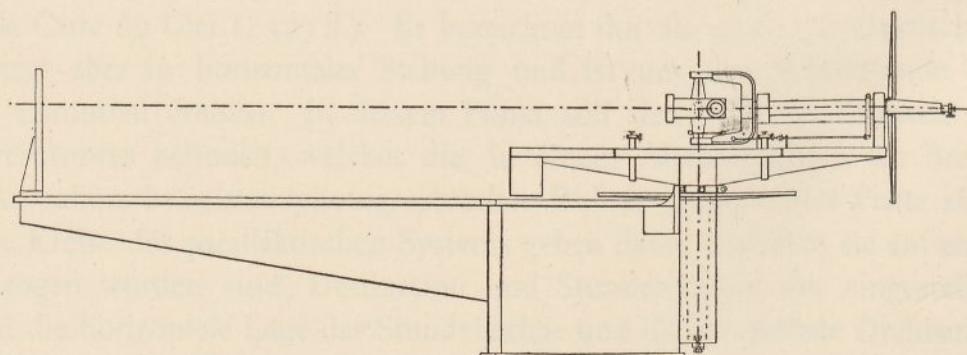
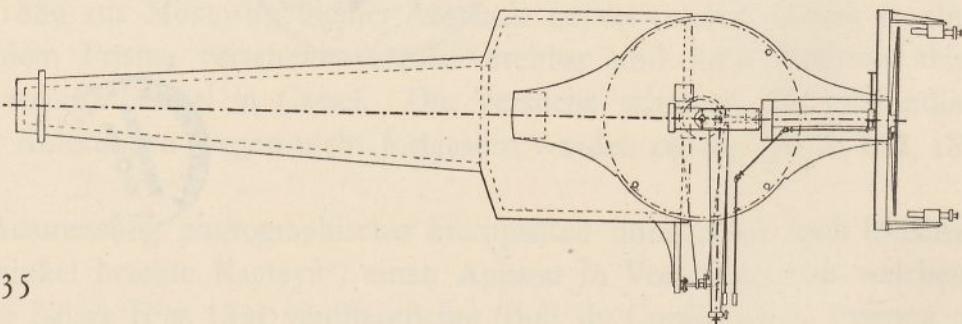
Fig. 133



Kapteyn's parallaktischer Plattenmesser,
nach Annals of the Cape-Observatory 3.

Erster Entwurf dazu, 1892,
nach Bull. Carte du Ciel 1.

Fig. 135



Gautier's Entwurf zu einem parallaktischen Plattenmesser,
nach Bulletin Carte du Ciel 1, 1892.

in Position drehbar sein. Der von Kapteyn benutzte Apparat weicht von jener, Anfang 1887 mit Gill und Anderen eingehend besprochenen Skizze darin wesentlich ab, daß die Drehungssachse für Azimuth nicht durch den Mittelpunkt der Bewegung des parallaktischen Systems geht. Das erklärt sich daraus, daß die Cap-Sternwarte, deren Circumpolar-Katalog Kapteyn auszumessen übernommen hatte, nicht über die Mittel für einen neuen Apparat verfügte. Gill ließ aus vorhandenen Theilen einen Apparat zusammenbauen, wie es sich machen ließ (Gill Liff.). Die Declination wird an einer über 1° reichenden Glas-Scala in der Brennebene des Fernrohres auf $0', 1$ abgelesen, der Stundenwinkel an zwei Mikroskopen auf 1° . Jene Abweichung von der ursprünglich beabsichtigten Construction brachte aber den Uebelstand mit sich, daß bei jeder neuen Azimuthlage der Stundenachse die Platte neu in Abstand einzurichten ist [Fig. 134]. — In einem Vorschlag von Gautier¹⁾ in Paris (Bull. . . Carte du Ciel 1, 383) gehen die drei Achsen wieder durch einen Punkt [Fig. 135] und konnte deshalb der Plattenträger mit dem Meßapparat fest verbunden werden. Gautier bemerkt auch mit Recht, daß das Objectiv nicht in jenem Punkt zu liegen braucht, wenn nur die optische Achse ihn schneidet. Aber er läßt das parallaktische System ohne Declinationskreis, und dieser kann nur im Aequator durch den Azimuthalkreis ersetzt werden. Man hat also im Allgemeinen kein Mittel, Declinationen unmittelbar abzulesen; es müßte denn eine in der Beschreibung nicht erwähnte Scala im Fernrohr benutzt werden; dann wären aber die vier Mikroskope überflüssig. — Ein von Max Wolf²⁾ construirter und von Schwassmann³⁾ in Heidelberg benutzter Apparat (Publ. des astrophysikal. Observatoriums, Heidelberg 1902, 5 ff.) ist dem von Kapteyn benutzten ähnlich. Er ist brauchbar vom Pol bis zu 40° Declination; auch er hat den Uebelstand, daß der Mittelpunkt der parallaktischen Aufstellung nicht in der Azimuthachse liegt. — Die von Wolf vermutete Torsion der Stundenachse (a. a. O., 6) scheint durch das darüber Mitgetheilte nicht zweifellos erwiesen zu sein, da die Klemme und der an dem einen ungenügend befestigten Lager der Achse angebrachte Mikroskopträger dabei betheiligt sein könnten.

Um die Ausbildung eines Instruments für Durchgangs-Beobachtungen in einem dem Horizont parallelen Kreise (Almucantar) zur Bestimmung der Zeit und der Polhöhe (nach Gauss, M. C. 18, 282) bemühte sich seit 1887 Beck⁴⁾ in Riga, später in Zürich. Er verfolgte die selbe Aufgabe, wie etwas früher schon Chandler⁵⁾, aber auf anderem Wege und in Hinsicht auf kleine Instrumente (Fig. 282). Zunächst wurde vor dem Objectiv eines auf einfachem Stativ aufgestellten Fernrohres ein Glasprisma angebracht, welches die Strahlen des in 30° geneigten Rohres nach zweifacher Reflexion unter dem selben Winkel gegen den Horizont austreten ließ. Das Prisma verdeckt nur einen Theil des Objectivs, und die vorbeigehenden Strahlen treffen einen Quecksilber-Horizont, der ein zweites Bild des Sterns giebt. Verschiedene Sterne, deren beiden Bilder beim Durchgang zur Deckung gebracht wurden, sind also zu den Zeiten der Durchgänge in gleicher

¹⁾ Ferdinand Paul Gautier, Paris 1842—1909, Eichens' Nachfolger.

²⁾ Max Wolf, geb. Heidelberg 1863, Dir. Obs. Heidelberg.

³⁾ Arnold Schwassmann, geb. Hamburg 1870, Obs. Bergedorf.

⁴⁾ Alexander Beck, geb. Schaffhausen 1847, ehemals Prof. math. Riga.

⁵⁾ Seth C. Chandler, geb. Boston 1845.

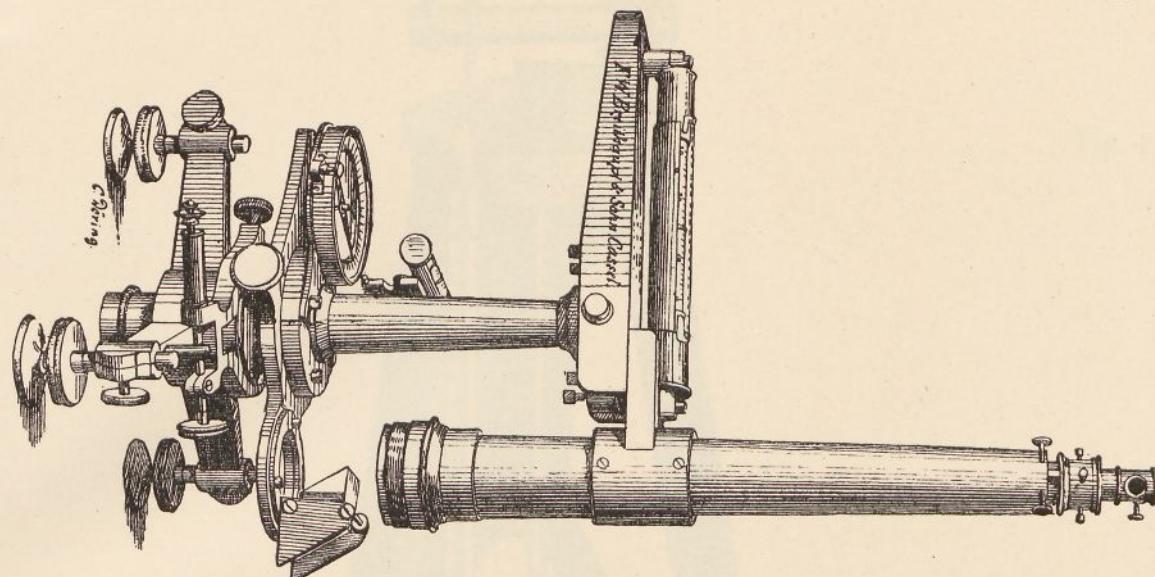
Höhe beobachtet worden, wie die Methode es verlangt (A. N. 126, 385). — Das Beobachten an diesem Apparat war sehr unbequem, weil Fernrohr und Quecksilber-Gefäß nicht mit einander verbunden waren und hin- und hergestellt werden mußten. Diesem Uebelstande hätte man durch gemeinsame Aufstellung beider Theile wohl abhelfen können; aber die Beobachtungen im Quecksilber an sich scheinen als zu schwierig empfunden worden zu sein. Denn trotz guter Erfolge bestellte Beck 1889 bei Breithaupt ein neues Instrument [Fig. 136], bei dem der Quecksilber-Horizont nur noch zur Controlle eines am Fernrohr befestigten Niveaus benutzt wurde (A. N. 126, 386ff.). Vor dem Objectiv des senkrechten Rohres ist ein Prisma angebracht, welches die meisten Strahlen in 60° Zenithabstand ablenkt, daneben aber Nadir-Beobachtungen zuläßt. Das Ganze ist um eine senkrechte Achse drehbar und klemmbar. Beck nennt sein Instrument ein Nadir-Instrument. — Im Jahre 1892 (A. N. 130, 81ff) folgen eingehende Untersuchungen über die günstigsten Formen des zweifach brechenden Prismas, sowohl für den Fall der Brechung im Innern des Glases, als an versilberten Außenflächen, und Beck behandelt auch den besonderen Fall, wo das Fernrohr horizontal liegt und ein vorgesetztes Prisma von 60° die gleichzeitige zweifache Beobachtung desselben Sterns giebt, sowohl nur durch das Prisma als auch noch am Quecksilber reflectirt [Fig. 137]. Er verfolgte aber diese Anordnung nicht weiter¹⁾, sondern behielt bei einer nochmaligen Ausführung eines Instruments dieser Art, die er 1890 Breithaupt übertrug, die senkrechte Lage des Fernrohrs bei und ließ unter dem Objectiv ein versilbertes Prisma von 120° befestigen, welches die aus dem Objectiv tretenden Strahlen nach beiden Seiten in 60° vertheilte (A. N. 136, 225ff. [Fig. 138]). Das Fernrohr dreht sich mit zwei daran befestigten Niveaux und dem hohen Obertheil auf dem Dreifuß, und jede Beobachtung wird in zwei um 180° verschiedenen Lagen angestellt. — Die Behandlung des Instruments mag so bequemer geworden sein, aber der hohe Aufbau und der Verzicht auf die regelmäßige Benutzung des Quecksilbers sind zu bedauern. Es folgte noch ein drittes Instrument ähnlicher Form, welches sich von dem zweiten dadurch unterscheidet, daß unter dem Objectiv ein doppelt spiegelndes Prisma angeordnet wurde, über dem das Fernrohr mit dem Niveau drehbar ist (A. N. 140, 119ff.).

Ein unveränderliches Pendel für Reisezwecke ließ Sterneck²⁾ 1887 von Ernest Schneider in Wien herstellen. Es ist ein einfaches, nicht umzuhängendes $\frac{1}{2}^s$ -Pendel mit Agat-Schneide von ca. 80° Winkel und einem kleinen Planspiegel vor dem einen Ende des Schneidenkörpers. Das Stativ ist ein durchbrochener Hohlkegel, auf dessen abgestumpfter Oberfläche die Agat-Lagerplatte und eine Vorrichtung zum Einhängen, wie bei den Reversions-Pendeln, angebracht sind; die Grundplatte trägt eine Arretirung, durch welche das Pendel in einem bestimmten Ausschlag gehalten und losgelassen wird [Fig. 139]. Die Coïncidenzen werden nicht rechtwinklig zur Schwingungsebene beobachtet, sondern in dieser Ebene selbst, und zwar an einer von dem Spiegel des Pendels reflectirten, von hinten beleuchteten Scala, die in der Regel bis auf einen, die

¹⁾ Diese Anordnung ist später von Claude und Driencourt wieder aufgenommen worden (Verh. der 14. Conferenz der internationalen Erdmessung 1903, 2. Thl., 104ff. u. 1904—7, 2. Thl., Ann. B. XIII).

²⁾ Robert von Sterneck, geb. Prag 1839, damals Oberstleutnant, Wien.

Fig. 136



Nadir-Instrument, 1889,

nach Astron. Nachr. 126.

Fig. 137

Prisma mit zwei totalen Reflexionen
vor einem horizontalen Fernrohr,

nach Astron. Nachr. 130.

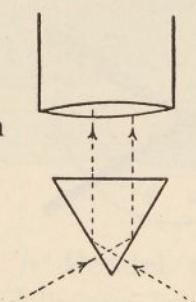
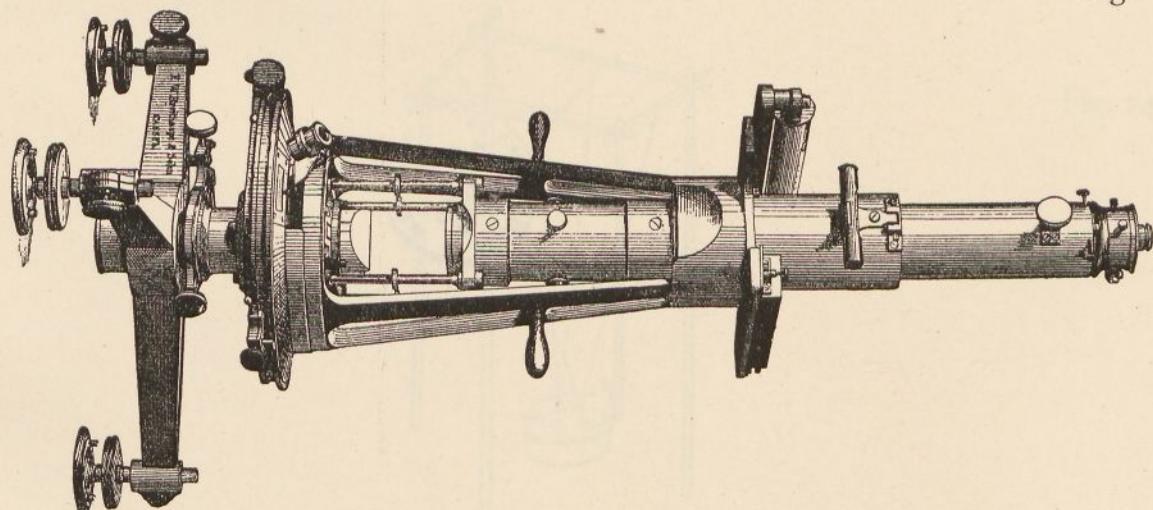
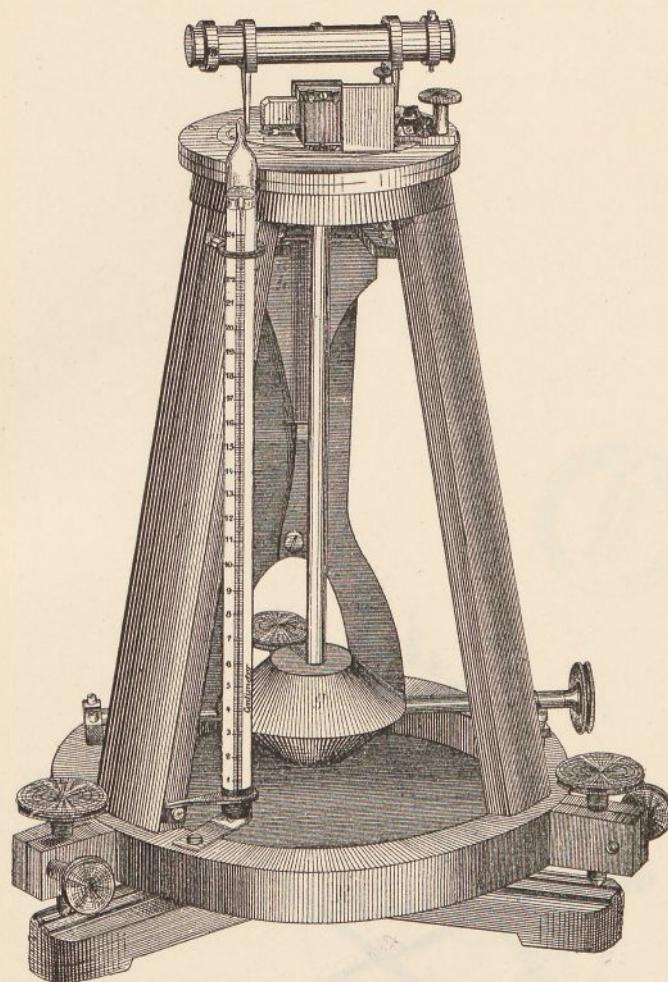


Fig. 138

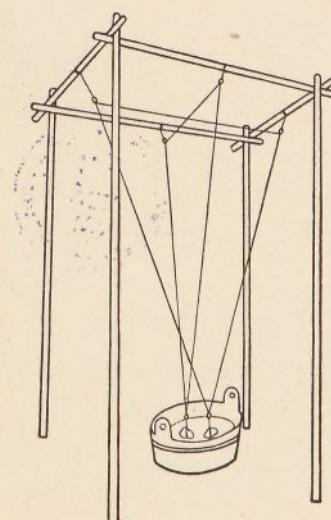


Nadir-Instrument, 1894,

nach Astron. Nachr. 136.



Sterneck's $\frac{1}{2}$ s-Pendel, 1887,
nach Mittheilungen des Militair-Geogr. Instituts, Wien, 1887.



Harzer's Faden-Observatorium, 1897,
nach Petermann's Mittheilungen, Ergz.-Heft No. 123.

Fig. 139

Fig. 140

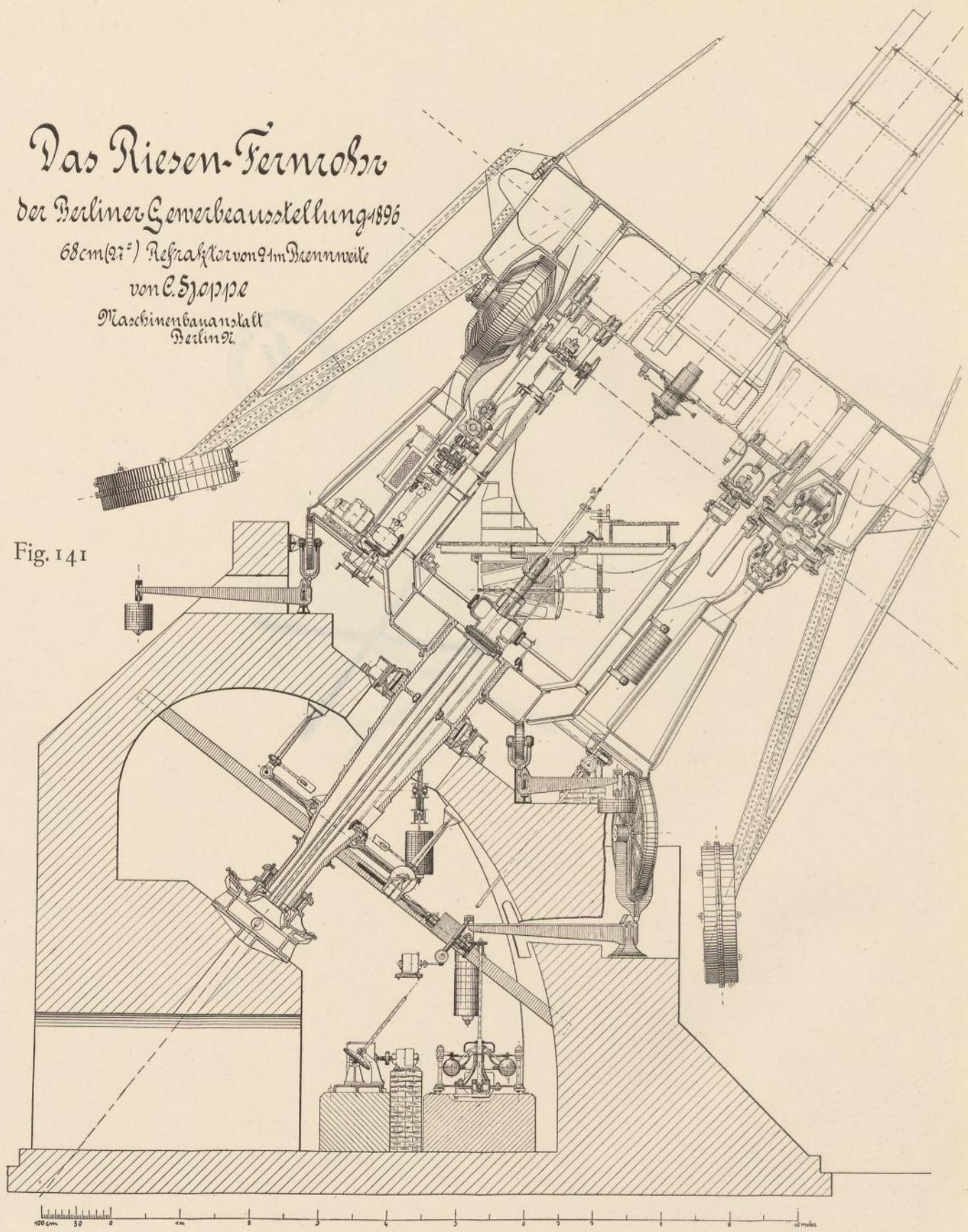
Das Riesen-Fernrohr
der Berliner Gewerbeausstellung 1896

68 cm (27¹/₂) Refraktor von 91 m Brennweite

von C. Hoppe

Maschinenbauanstalt
Berlin

Fig. 141



nach Glaser's Annalen 1901, 49.

Mitte darstellenden Schlitz verdeckt ist. Unmittelbar vor diesem Schlitz wird ein anderer durch einen Elektromagneten mit dem Pendel einer Uhr bewegt. Das Zusammenfallen der beiden Lichtbilder wird in der hergebrachten Weise beobachtet (Mittheilungen des militair-geograph. Instituts, Wien 1887, 83).

Ein Apparat von denkbar einfachster, an den Gnomon (I, 4) in ursprünglicher Gestalt erinnernder Construction, der sich dennoch als für mäßige Ansprüche, z. B. auf Reisen, ausreichend erwiesen hat, ist 1896 von Harzer in den Mittheilungen der Vereinigung von Freunden der Astronomie und kosmischen Physik angegeben und 1897 in Petermann's Mittheilungen, Ergänzungs-Heft No. 123, ausführlich behandelt worden [Fig. 140]. Es wird kein weiteres Material verlangt, als einige rohe Stäbe (Bohnenstangen), die ins Erdreich gesteckt und zu einem einfachen Gerüst verbunden werden, und einige geschlossene Fäden ($\frac{2}{3}$ mm dick), die daran in Schlingen gehalten und durch unten angeknüpfte Gewichte straff gespannt werden. Zur Vermeidung von Schwingungen hängen die Gewichte in Wasser. Jeder so hergerichtete Faden legt eine senkrechte Ebene ihrer Lage nach fest, und an ihm werden, Abends mit Beleuchtung der Fäden, Durchgänge von Sternen und Mond oder Richtungen auf terrestrische Objecte beobachtet. Es lassen sich dadurch Uhr-correction, Breite, Länge und Azimuth bestimmen.

Eine parallaktische Aufstellung ungewöhnlicher Größe und Einrichtung wurde 1896 von Paul Hoppe in Berlin gebaut. Sie wurde von einer Gruppe von Unternehmern als Reclamestück für die Gewerbe-Ausstellung jenes Jahres in Auftrag gegeben und befindet sich noch in Treptow [Fig. 141]. Für das Objectiv (von Steinheil) war ursprünglich 50° Oeffnung bei 35 cm Brennweite in Aussicht genommen; es wurde aber schließlich auf 68 cm Oeffnung bei 21 cm Brennweite beschränkt. Die Aufstellung sollte nicht von einer Kuppel überdeckt sein und sollte das Ocular nahe dem Mittelpunkt der Bewegung, dem Schnittpunkt der beiden Achsen, tragen, so daß ein bewegliches Beobachtungs-Gerüst unnötig war, wie es Porro schon 1857 angestrebt hatte (s. hinten). Außerdem sollte das lange Rohr gegen den Wind durch ein Schutzrohr gesichert und möglichst frei von Biegung hergestellt werden. — Die Form des Ganzen ist der des Lassell'schen Reflectors (hinten Fig. 164) etwas ähnlich: Die Stundenachse trägt den schweren, von Gegengewichts-Rollen unterstützten Lagerbock eines die Declinationsachse vertretenden Querstückes, gegen dessen Oberfläche das Fernrohr und das dieses frei umgebende Schutzrohr mit möglichst weit ausladenden Zugstangen befestigt sind, während es nach unten zwei lange Arme mit Gegengewichten trägt. Die Biegung des inneren Rohres soll durch eine Anzahl ringsum angeordneter Stangen an Winkelhebeln mit Gegengewichten aufgehoben werden, die je nach der Lage auf Zug oder Druck wirken und das Rohr in verschiedenen Längen angreifen. — Die Nachführung in täglicher Bewegung geschieht durch mehrere Elektromotoren, deren Gang schließlich durch einen Reibungs-Regulator berichtigt wird. — Die Drehung in Declination erfolgt durch eine Scheibe mit Gang ohne Ende, deren Schraube durch einen Elektromotor oder auch durch die Hand angetrieben werden kann. In den Lagerbock der Declinationsachse ist ein festes Standbrett für den Beobachter eingebaut (Glaser's Annalen für Gewerbe und Bauwesen 1901, 49, No. 582/3).

9. Aus den englischen Werkstätten von 1830 ab.

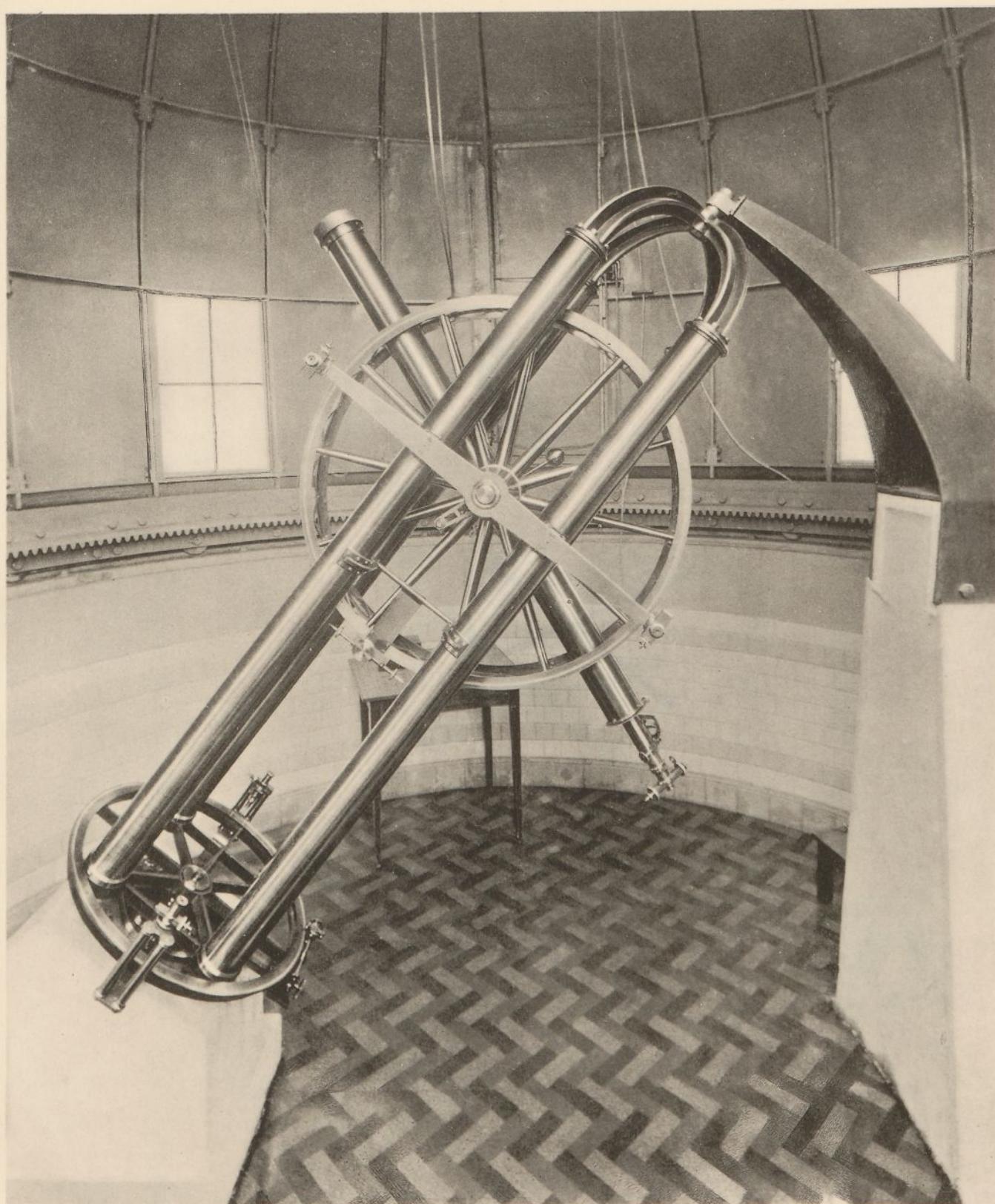
In England hatte Troughton (I, 58ⁿ) seit 1826 die Leitung seiner Werkstatt mit Simms¹⁾ getheilt, der schon einige Zeit selbständig gearbeitet und namentlich für Colby²⁾ mehrere Instrumente mit gutem Erfolg ausgeführt hatte (M. N. 21, 105); besonders große Theodoliten, denen bald weitere Aufträge gefolgt waren. Als Troughton sich 1831 von den Geschäften zurückzog, behielt Simms die Firma Troughton & Simms bei, und er verstand es auch fernerhin, ihren guten Ruf aufrecht zu erhalten. Nach Simms' Tode (1860) übernahm sein Sohn James, geb. 1828, die Werkstatt, unter Beihilfe eines Veters, William Simms, 1817—1907, der 1861 als Theilhaber der Firma aufgenommen wurde, sich aber 1871 zurückzog. James Simms ist seitdem alleiniger Inhaber; seitdem er vor einigen Jahren erblindet, hat er die Leitung der Werkstatt seinen Söhnen William und James übergeben (M. N. 67, 237).

Ueber die Erzeugnisse der Firma um 1829 giebt ein Katalog (A. N. 8. 37 ff.) einige Auskunft. Teleskope werden angeboten »from 5 to 7 feet, variously mounted«, also wohl nach Wunsch mit englischer oder deutscher Aufstellung; daneben »Equatorial Instruments« wie das 1836 in Brüssel aufgestellte von 4ⁱ Öffnung, 5^e Brennweite, mit dreifüßigem Declinations- und zweifüßigem Stundenkreis [Fig. 142], ähnlich Ramsden's Aequatoreal von 1791, doch etwas fester aufgestellt, wie dieses mit »refraction piece« zur Bestimmung des parallaktischen Winkels (I, 84); und ein »Universal Equatorial«, d. i. eine parallaktische Aufstellung mit veränderlicher Polhöhe; ferner Durchgangs-Instrumente von 2^e bis 7^e Brennweite, »improved Altitude and Azimuth Instruments«, an denen der Azimuthalkreis durch Verniers, die Höhe durch Mikrometer-Mikroskope, auf Verlangen auch beide Kreise durch Mikroskope ablesbar sind, mit Fernrohren von 12 bis 15ⁱ Brennweite; 12- und 18-zöllige Borda-Kreise, 6-füßige und größere Mauerkreise; »Circle of 3 feet with Azimuth (circle?) 2 feet, micrometers«, vielleicht ähnlich dem Cary'schen Kreise; Theodoliten verschiedener Größe mit der Bemerkung: »Larger Theodolites made to Order to 450 Guineas« (während die anderen nur zu 42 £ angesetzt sind), darunter ist wahrscheinlich eine Sorte ähnlich dem von Ramsden für Roy hergestellten (I, 86) zu verstehen³⁾; Basis-Apparate, bestehend aus drei Compensations-

1) William Simms, Birmingham 1793—Carlshalton 1860.

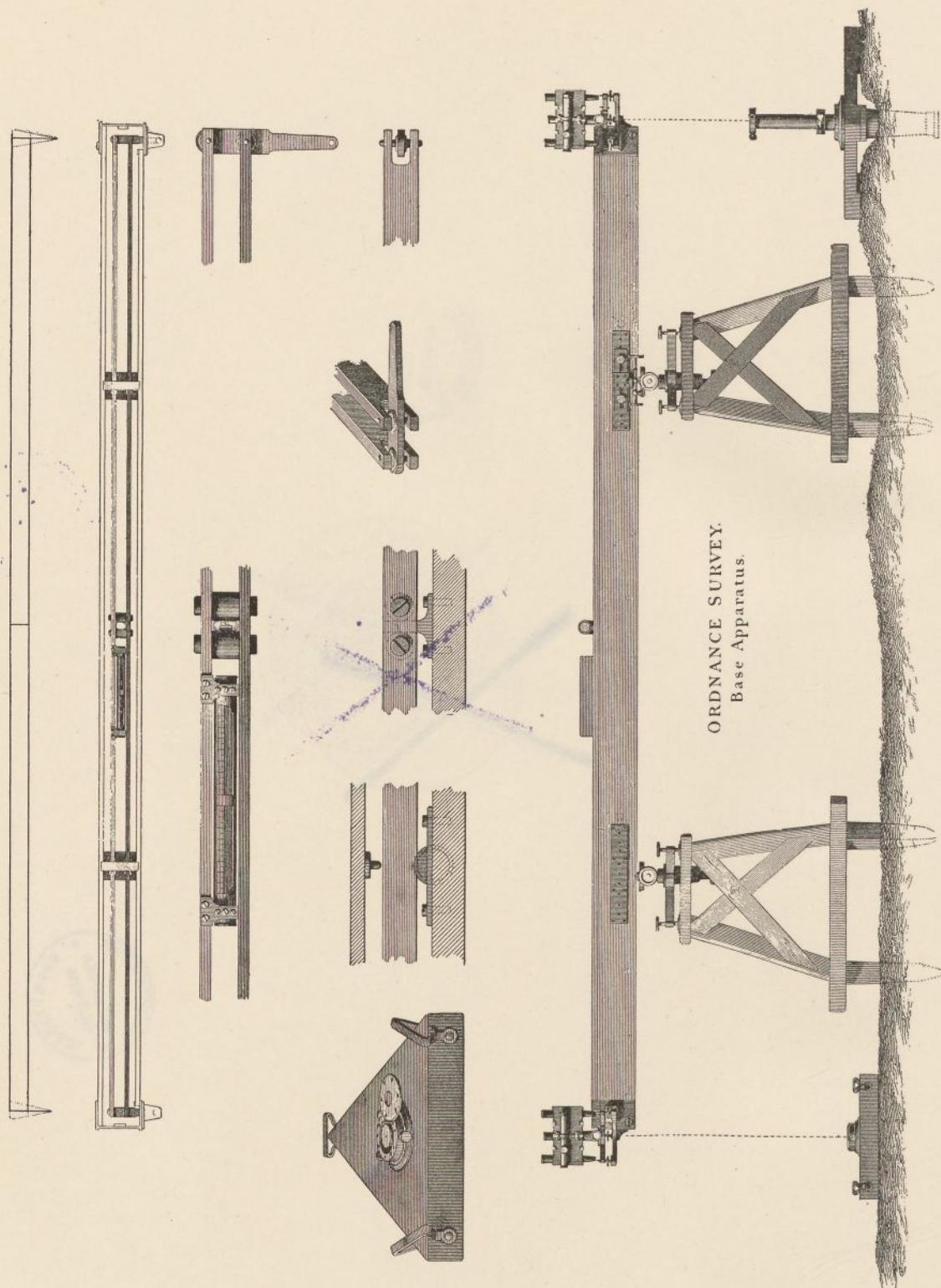
2) Thomas Colby, Rochester 1784—Liverpool 1852, seit 1837 Colonel.

3) Ramsden's Theodolit war im Jahre 1822 von Colby einer Aenderung unterzogen worden, weil Kater gefunden hatte, daß das alte Beobachtungs-Verfahren nicht zweckmäßig war. Man hatte (Kater, Account of Trigonometrical operations, 1828, 193/5) zur Umgehung der Theilungsfehler für jeden Winkel eine achtmalige Versetzung der beiden Mikroskope gegen die Theilung vorgenommen, mußte aber zu diesem Zweck das ganze Instrument ebenso oft umsetzen und wieder einrichten. Zur Vermeidung dieser großen Unbequemlichkeit wurden auf Pond's Vorschlag 5 Mikroskope in gleichen Abständen angebracht und wurde der mit den Lagern des Fernrohrs fest verbundene Kreis nach Einstellung des fernen Objects an allen Mikroskopen abgelesen. Dies Verfahren wiederholte man, nachdem die Achse in den Lagern umgelegt worden war. Jeder Winkel wurde also aus Ablesungen von 20 Punkten der Theilung gefunden. Um zugleich die Excentricität des Kreises zu prüfen, wurde noch ein sechstes, einem der anderen in 180° gegenüberstehendes Mikroskop abgelesen. Kater fand dabei eine große Veränderlichkeit der Mikroskope, die wohl auf den Träger von Mahagoniholz zurückzuführen sein wird. — Nach diesem verbesserten Instrument bauten Troughton & Simms um 1827 eins für die indischen Vermessungen, ein zweites wurde in Indien von Henry Barrow ausgeführt (Proceedings R. Society, London 20, 319).



6°-Equatorial-Instrument, Brüssel 1836,
mitgetheilt von der Kgl. Sternwarte Uccle.

Fig. 143



Basis-Apparat, 1827, ca. $1/25$ n. Gr.,
nach Maclear, Verifications of Lacaille's Arc, London 1866.

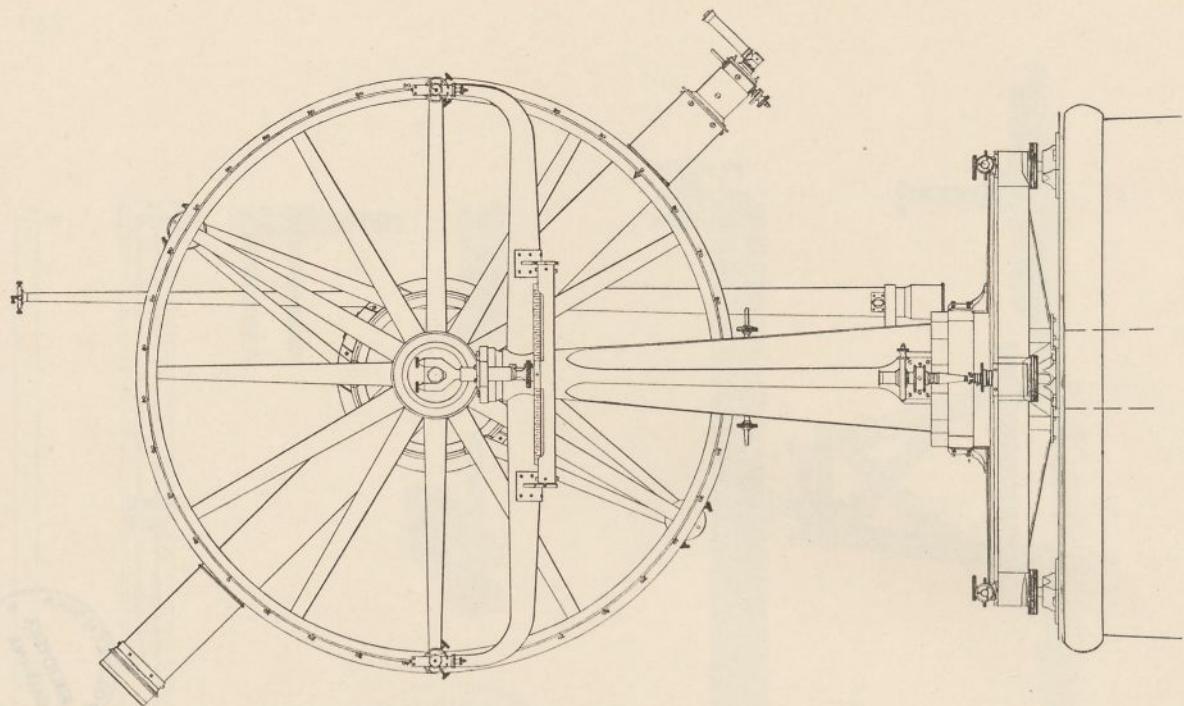
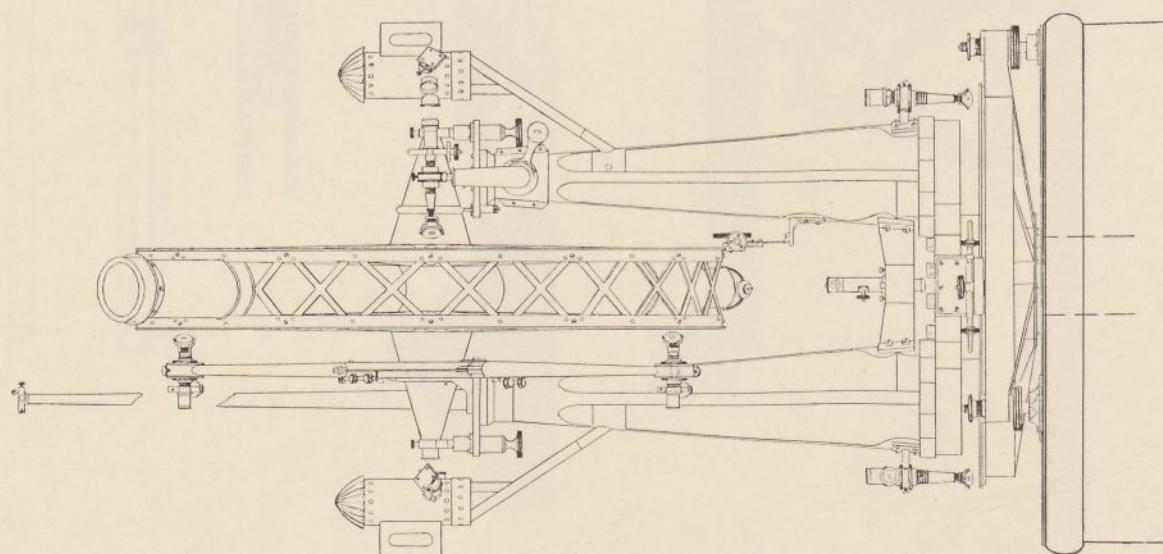


Fig. 144

Sketch of the
ASTRONOMICAL INSTRUMENT
constructed by
Messrs. Troughton & Simms
for the
Hon. E. I. Company,
and altered by
Gen. Col. Sir George Everest,
Surveyor General of India.



Astronomical Circle, 54ⁱ Brennweite, verbessert von Everest, 1836,
nach Survey of India 11.

Stangen und vier Paaren Mikroskope¹); weiter Spiegelkreise, Sextanten und viele meteorologische und physikalische Apparate.

Ueber zwei 1836 von Troughton & Simms für die indischen Vermessungen hergestellte »Astronomical Circles«, tragbare dreifüßige Höhenkreise mit zweifüßigem Horizontalkreis, findet sich Auskunft in den *Accounts of the Great Trigonometrical Survey of India*, 11 [24] ff. [Fig. 144]. Sie sind im Allgemeinen dem Troughton'schen Altazimuth (I, 85) ähnlich. Die senkrechte Achse wird geführt in einer nach unten, in den Pfeiler, verlängerten Büchse und trägt auf einer Kopfplatte zwei hohe Säulen mit den Lagern der Fernrohr-Achse und je zwei Mikroskopen für die beiden Höhenkreise. Diese sind nach alter englischer Art mit einander und dem zwischen ihnen liegenden Fernrohr fest verbunden. Auch der Azimuthalkreis wird durch zwei Mikroskope abgelesen. — Diese beiden Instrumente waren in mehreren Theilen zu schwach gebaut und mußten nach Everest's Angaben in Indien geändert werden, ehe sie diensttauglich wurden.

Ein Katalog von ca. 1850 giebt, mit den früheren verglichen, größere Aequatoreale, bis 9° Oeffnung, mit fein getheilten Kreisen, Uhrwerk und Mikrometer; der große Theodolit fehlt, dagegen sind größere Altazimuthe, bis zu 18° Durchmesser der Kreise und mit Mikroskopen, sowie »Transit Circles« (Meridiankreise) bis zu 4° Brennweite angegeben; »Mural Circles etc. to order«; sie wurden wohl nur noch ausnahmsweise hergestellt.

In »The achromatic Telescope« von William Simms, London 1852, und einem »Treatise of the principal mathematical instruments«, 8. ed., London 1850, von F. W. Simms²), einem Bruder von William Simms, werden einige Instrumente von Troughton & Simms eingehend beschrieben und abgebildet, die also um diese Zeit in England üblich gewesen sein werden. Es sind davon die folgenden hervorzuheben:

1. Das tragbare Durchgangs-Instrument von 2° Brennweite, ganz ähnlich den

¹⁾ Wahrscheinlich sind darunter Apparate zu verstehen, wie ein solcher von Troughton für Colby angefertigt und im Jahre 1827 von diesem zuerst benutzt wurde [Fig. 143]. Er bestand aus fünf Meßstangen, jede aus einem Eisen- und einem Messingstab zusammengesetzt, die in einem Holzkasten zwischen Rollen in einigem Abstand parallel neben einander liegen und in der Mitte fest mit einander verbunden sind. Beide gemeinsam tragen an jedem Ende an Drehungszapfen einen seitlich vorspringenden, horizontal leicht beweglichen Hebel mit einem Punkt auf Silber, dessen Abstände von den beiden Drehungszapfen der Stäbe so bemessen sind, daß er bei Temperatur-Aenderungen seinen Ort nicht ändert, die beiden Punkte also auch von unverändertem Abstand bleiben. — Je zwei Meßstangen werden mit einander in Beziehung gebracht durch zwei Mikroskope an einem System von Stäben, die den Abstand der optischen Achsen (6°) in ähnlicher Weise durch Compensation unveränderlich erhalten, wie es bei den Meßstangen geschieht, und von einem kleinen senkrechten Hohlzylinder mit Dreifuß getragen werden. Dieser Mikroskop-Apparat wird an dem einen Ende des Holzkastens der Meßstange aufgestellt und nach einem Niveau berichtigt. — Der Hohlzylinder enthält ein durch Trieb bewegliches Objektiv und bildet ein Fernrohr zum Absetzen des Endpunktes der Messung auf eine am Erdboden zwischen drei Schrauben zu berichtigende Marke; er trägt zugleich an der einen Seite ein Niveau, an der andern ein Fernrohr zum Einrichten in die Basis. — Die Meßstangen werden im ersten und dritten Viertel ihrer Länge von je zwei Holzböcken mit darauf angebrachten Dreifüßen unterstützt, welche die nötigen Stellvorrichtungen enthalten. Sie werden immer horizontal gerichtet, und wenn die Höhenstellungen dafür nicht genügen, so wird durch Absetzen auf einen zeitweiligen Endpunkt ausgeholfen. Die Messungen wurden unter Zelten ausgeführt (Maclear, Verification and Extension of La Caille's Arc . . ., London 1866, 1).

²⁾ Frederick Walter Simms, London 1803—Torrington Square 1865, Ingenieur.

früheren englischen Instrumenten, mit geradem Fernrohr in der Mitte der Achse (F. Simms, 68) [Fig. 145].

2. Das »Altitude and Azimuth Instrument«; es ist ähnlich dem Westbury Circle (I. Fig. 132), doch tritt die senkrechte Achse nicht in den Pfeiler, sondern steht nach oben gekehrt und führt sich in einer aus dem Lagerbock vorspringenden Büchse [Fig. 146]; auch ist der horizontale Kreis am Dreifuß befestigt und die Mikroskope am Lagerbock (F. Simms, 92).

3. Ein Aequatoreal nach Sisson mit großen, an Verniers abzulesenden Kreisen [Fig. 147], mit Feld-Beleuchtung, Positions-Mikrometer und Uhrwerk (W. Simms, 33).

4. »Fraunhofer's form of Equatorial« [Fig. 148], auf Säule oder Rippengestell, mit Vernier-Ablesung der Kreise, Uhrwerk und Niveau für die Declinations-Achse. Als Hauptvorzug dieser Art der Aufstellung wird angeführt, daß das Fernrohr ohne Unterbrechung jeden Theil des Himmels erreichen kann, während bei Sisson's Form das Feld in der Nähe des Poles behindert ist (W. Simms, 44).

5. Das »Universal Equatorial«, eine parallaktische Aufstellung mit stark veränderlicher Polhöhe [Fig. 149]. Die obren Theile sind denen des vorigen Instruments ähnlich; die Stundenachse aber steckt in einer Büchse mit zwei Querzapfen nahe dem oberen Ende, die in einem Gestell mit zwei hohen Lagern ruhen, und nach einem Gradbogen in beliebiger Polhöhe festgestellt werden kann. Die Grundplatte hat drei Stellschrauben und zwei feste Niveaux; auch an der Declinationsbüchse hängt an kleinen Zapfen ein Niveau zur Einstellung des Instruments (W. Simms, 50).

6. Ein »Parallel Line Position Micrometer«, drehbar durch Trieb und mit zwei beweglichen Drähten (lines), von denen jeder durch eine besondere Mikrometer-schraube verstellt werden kann; ein Kamm im Felde giebt die Umgänge an [Fig. 150] (W. Simms, 57).

7. Der »Box Sextant« [Fig. 151]; ein kleiner, hauptsächlich für Vermessungen bestimmter Sextant, dessen empfindlichen Theile möglichst von einem Gehäuse umschlossen sind; vortretende Schlüssel dienen zur Berichtigung und Bewegung (F. Simms, 61).

8. Der »Dip (=Depressions-) Sector« [Fig. 152]; Sector und Alidade sind je mit einem Spiegel in 45° versehen, die einander gegenüberstehen und die Strahlen eines auf dem Sector befestigten Fernrohres bei 0-Stellung der Alidade parallel zur Absehlinie nach rückwärts reflectiren. Der erste Spiegel läßt die halbe Oeffnung des Objectivs frei, so daß man gleichzeitig auf zwei 180° von einander liegende Punkte des Horizonts einstellen kann. Man bekommt so die Höhe des Standortes über dem Horizont mit Einschluß der Refraction, oder diese allein, wenn die Höhe bekannt ist. Das Instrument wird deßhalb auch als »Refraction Sector« bezeichnet (F. Simms, 65).

9. Als auch für Zeit- und Breiten-Bestimmung brauchbares Instrument wird noch der alte, hoch aufgebaute »Theodolite« genannt [Fig. 153]; der horizontale Kreis ist von $30'$ zu $30'$ getheilt und durch zwei Verniers in 180° auf die Minute oder nach Schätzung auf halbe bis viertel Minuten abzulesen, der Vertical-Halbkreis, von Grad zu Grad getheilt, hat nur eine Loupe zur Ablesung auf Minuten (F. Simms, 15); an dessen Stelle trat aber bald der ebenfalls angeführte

10. Theodolit nach Everest [Fig. 154], der, fest und niedrig gebaut, dem alten

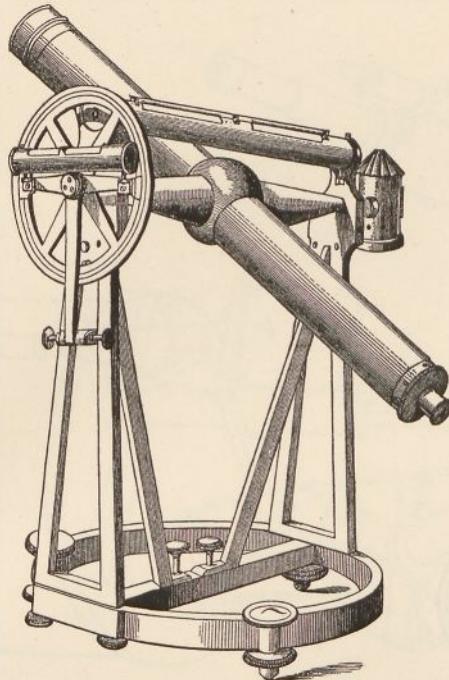


Fig. 145

Durchgangs-Instrument,
nach F. Simms, Treatise, 1850.

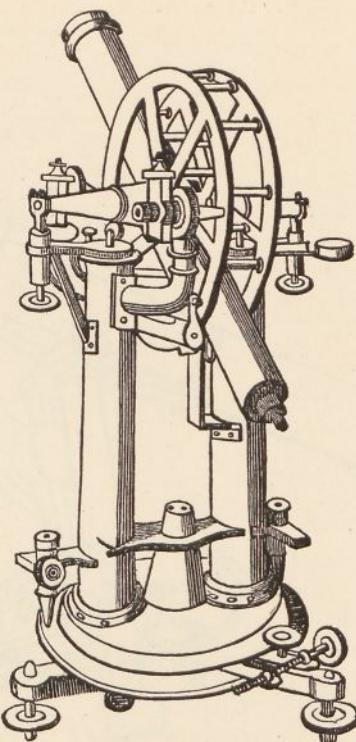


Fig. 146

Altitude and Azimuth Instrument,
nach F. Simms, Treatise, 1850.

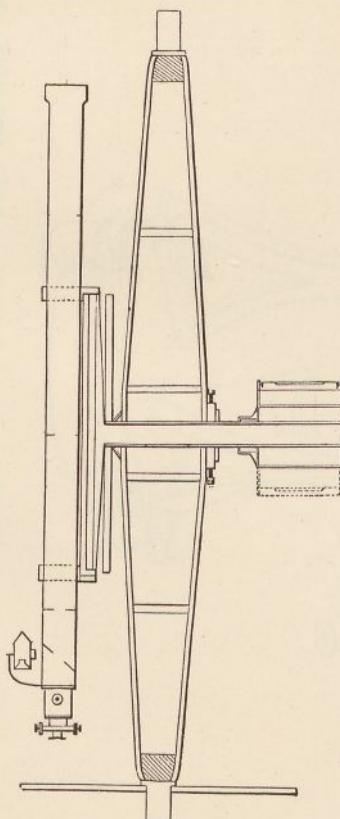
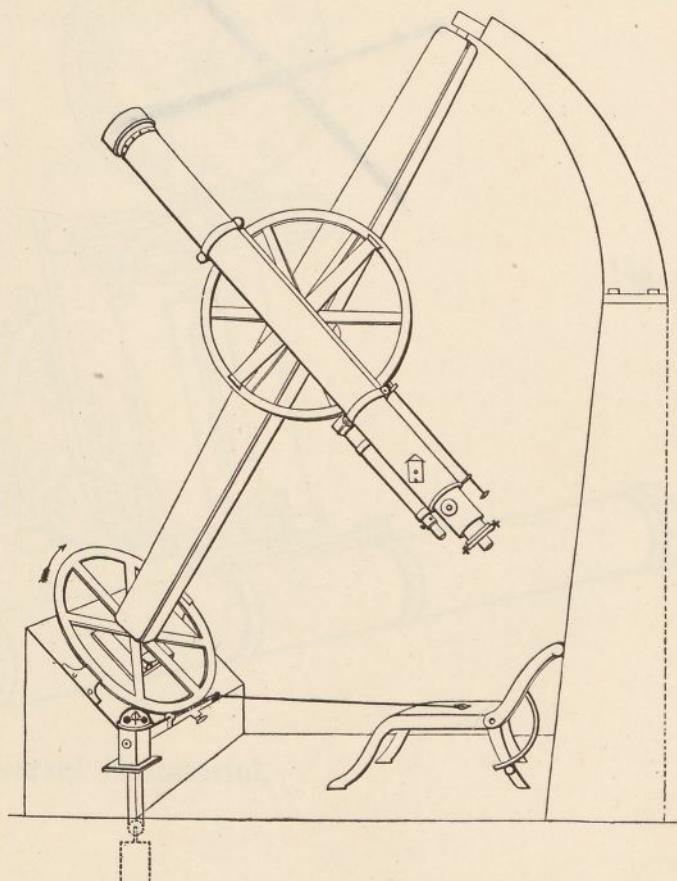
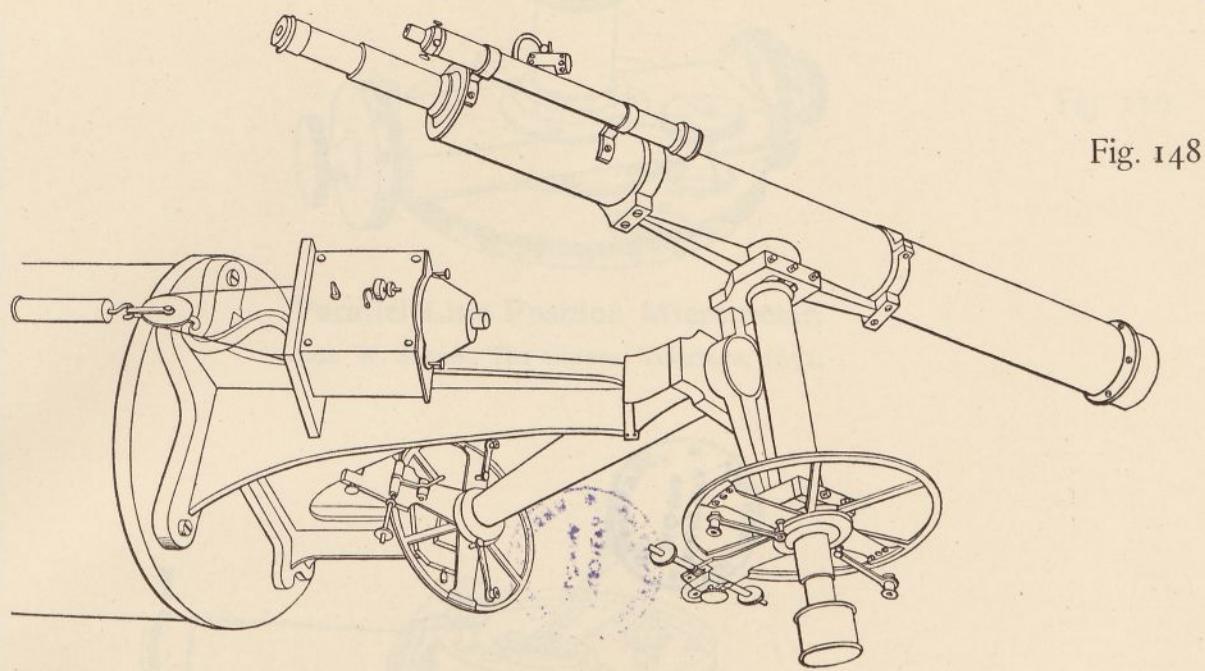


Fig. 147



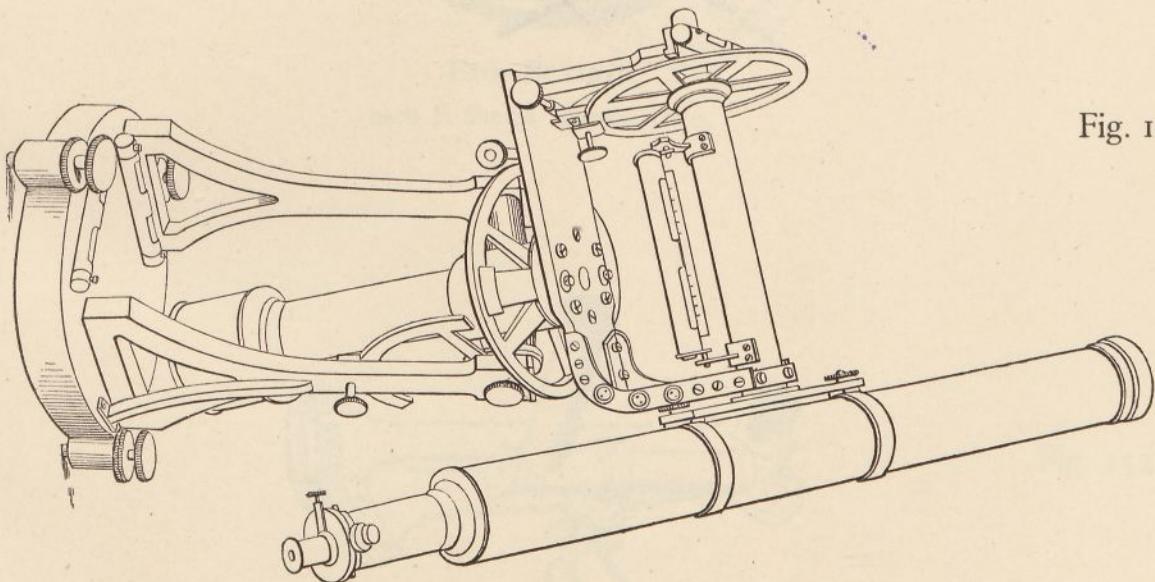
Aequatoreal nach Sisson, nach W. Simms, The achromatic Telescope, 1852.



Fraunhofer's Form of Equatorial,

Fig. 148

nach W. Simms, The achromatic Telescope, 1852



Universal Equatorial,

Fig. 149

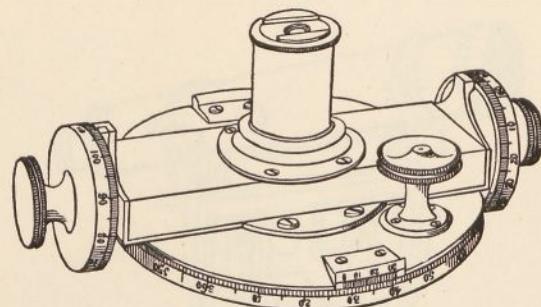


Fig. 150

Parallel Line Position Micrometer,
nach W. Simms, The achrom. Telescope, 1852.

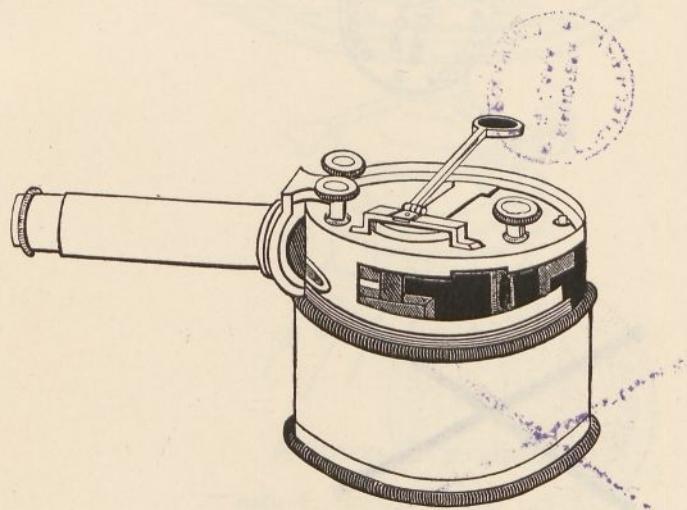


Fig. 151

Box Sextant,
nach F. Simms, Treatise 1850.

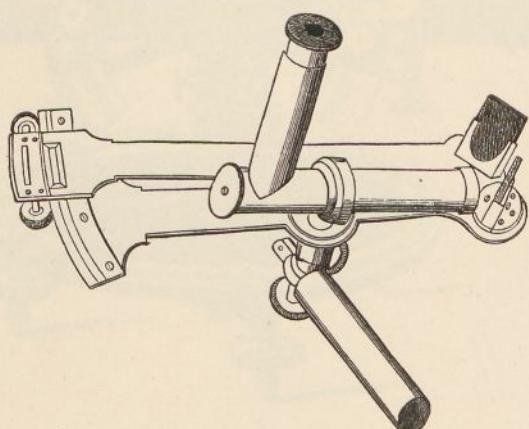
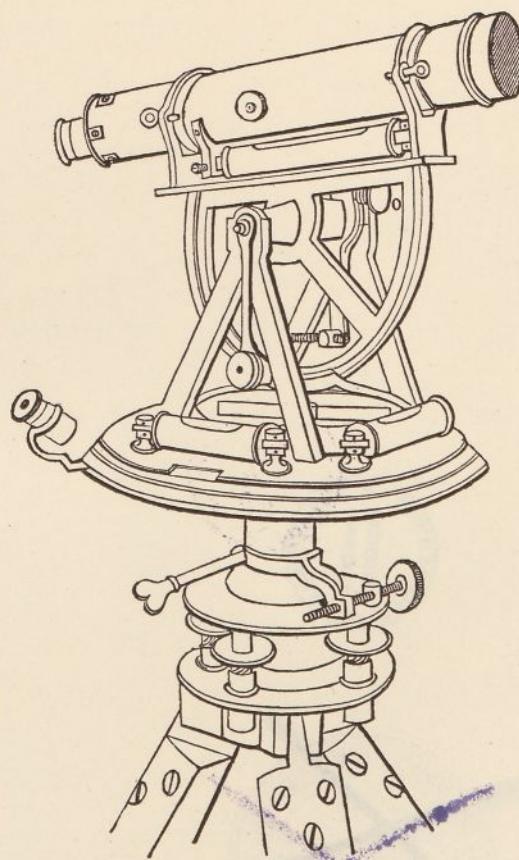


Fig. 152

Dip (Depressions-) Sector,
nach F. Simms, Treatise 1850.

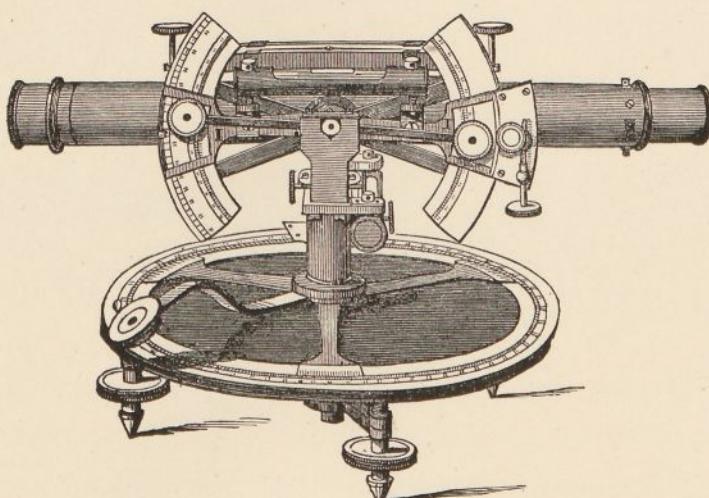
Fig. 153



Aelterer Theodolit,

nach F. Simms, Treatise, 1850.

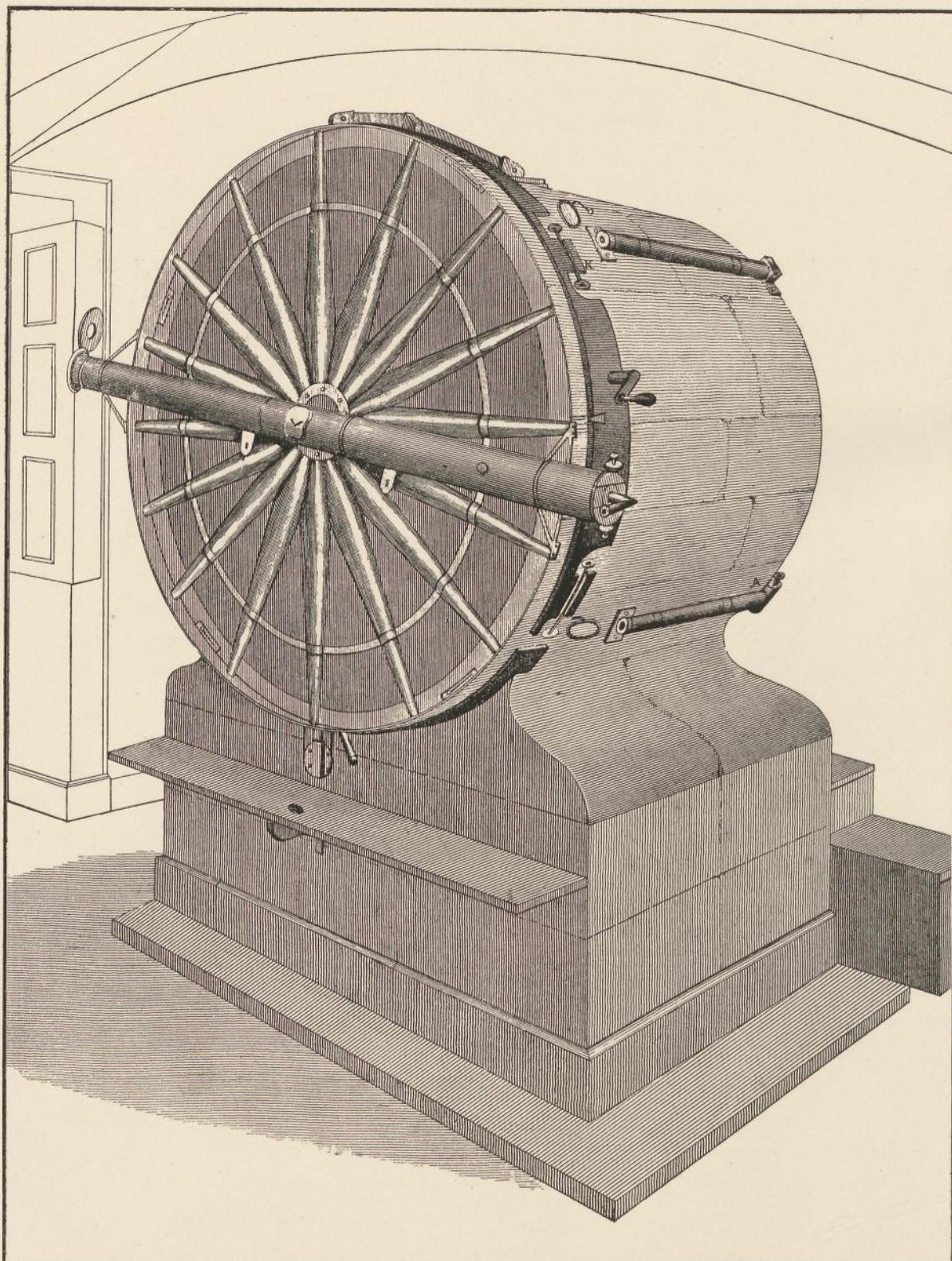
Fig. 154



Theodolit nach Everest,

nach F. Simms, Treatise, 1850.

Fig. 155



Meridian Circle, Armagh-Observatory, 1827, ca. 1/18 n. Gr.,
nach Mem. R. Astr. Society 9.

zweifellos vorzuziehen ist; aber er ist astronomisch kaum zu benutzen. Der Azimuthalkreis wird an drei, der Höhenkreis an zwei Verniers abgelesen (F. Simms, 20).

In ähnlicher Richtung wie Troughton & Simms arbeitete T. Jones (I, 119) bis zu seinem Tode (1852) fort. Dem 1825 von ihm vollendeten Mauerkreise für Greenwich (I, 121) war ein ähnlicher für die Cap-Sternwarte (1829) und ein etwas veränderter für das Armagh-Observatory (1827) gefolgt. Bei diesem letzteren geschieht die Einstellung in Declination durch einen besonderen Zahnkranz und die Ablesung durch vier Mikroskope, die nicht an der Planfläche des Pfeilers befestigt sind, sondern außen an dem cylindrischen Kopf desselben; die Mikrometer sind daher bequemer zu erreichen [Fig. 155] (Memoirs Royal Astron. Society 9, 17 ff.). Die veränderte Bauart dieses Mauerkreises ist von T. R. Robinson angegeben worden. Die Theilung des Kreises wurde erst an dem aufgestellten Instrument ausgeführt.

Im Jahre 1836 baute Jones auch für das Radcliffe-Observatory, Oxford, ein Meridian-Instrument ungewöhnlicher Art, das in seiner ganzen Anordnung etwas an Römer's Rota meridiana (I, 50) erinnert. Das Fernrohr von 6° Brennweite ist nach alter englischer Art mit zwei Kreisen von fast 6° Durchmesser (von denen nur der eine getheilt ist) und einer zwischen zwei Pfeilern gehenden Achse fest verbunden. Die Achse hat cylindrische Zapfen von gleichen Durchmessern, kann aber nicht umgelegt werden, da das Fernrohr einseitig sitzt, so daß der Theilkreis dem einen Pfeiler nahe liegt. Dieser Pfeiler ist sehr breit und oben concentrisch zur Achse abgerundet; er trägt vier Mikrometer-Mikroskope in ähnlicher Anordnung wie bei dem Armagh-Circle. Der andere Pfeiler ist nicht höher, als das Lager es erfordert. Der Kreis ist von $5'$ zu $5'$ getheilt. Das Fernrohr ist mit einem Ocular-Mikrometer versehen. — Dies Instrument soll nach Pond's Angaben gebaut sein; es bildet eine etwas verspätete Uebergangs-Form vom Mauerkreis zum Meridiankreis (Radcliffe Observations 1, XIII ff.). Eine Abbildung war nicht zu erlangen.

Jones' Theilmachine ging in den Besitz der Gebrüder Elliot über (deren Katalog von ca. 1855, 3), die sich im Uebrigen »Successors of Watkins & Hill« nennen und in ihrem Preisverzeichniß neben vielen physikalischen Apparaten auch Durchgangs-Instrumente (Transit Theodolites) [Fig. 156], Everest-Theodolites und Sextanten anführen, ohne nähere Angaben. Es werden auch größere Instrumente angeboten.

Ein Preisverzeichniß von G. Dollond (I, 72) von 1831 (A. N. 8, 41) enthält Durchgangs-Instrumente bis zu 10° Brennweite, »Repeating instruments on the most improved principles, mural and astronomical Circles«, ohne nähere Bezeichnung, daneben kleine Theodoliten und See-Instrumente. Seine »Universal Equatorial Instruments« scheinen ohne Theilkreise gewesen zu sein.

T. C. Robinson nennt um die selbe Zeit (A. N. 8, 47) in erster Linie einen »Altitude and Azimuth Circle for astronomical and surveying purposes contrived by Capt. Kater«, mit Kreisen gleicher Größe für Höhe und Azimuth, von $3\frac{1}{2}$, $4\frac{1}{2}$ und 6° Durchmesser, durch Verniers bis auf $1'$ abzulesen, auf Verlangen auch mit Wiederholung; auf feste Bauart ist besonders Rücksicht genommen. — Es folgen: Positions-Mikrometer mit zwei beweglichen Fäden (double motion line micrometer), Bewegung des Oculars durch Trieb, Positionsrehnung durch eine endlose Schraube; ein Doppel-

bild-Mikrometer für Doppelstern-Messungen, mit Positionskreis, »the motion of its field glass to produce change of magnifying power is read by vernier on a scale to »0,005 of an inch, it is furnished with 3 eye glasses and 3 double refracting crystal »Prisms«; Durchgangs-Instrumente von 12 bis 24ⁱ Brennweite auf eisernem Stativ; endlich Kater's schwimmende Collimatoren, horizontale und verticale (I, 123), und Meridian-Miren mit Linsen großer Brennweite, um sie im Fernrohr ohne Focus-Aenderung sichtbar zu machen (nach Rittenhouse?).

Cary's Werkstatt ging nach dem Tode des jüngeren Cary¹⁾ auf die Firma Gould & Nephew über; sie erbietet sich in einem Verzeichniß von ca. 1860 zu Durchgangs-Instrumenten in alter Form, Altazimuthen, Theodoliten, noch mit Fernrohr über einem Höhenbogen nach alter Art, oder mit Fernrohr in Mitte der Achse und mit Höhenkreis [Fig. 157]; auch Everest-Theodoliten und nautische Instrumente werden angeführt.

Als Uhrmacher zeichneten sich aus: Arnold, Earnshaw, Pennington, Frodsham, Parkinson und namentlich Dent²⁾. Die englische Regierung förderte die Herstellung von Chronometern dadurch, daß sie gute Exemplare zu erhöhten Preisen ankaufte (A. N. 1, 155; 11, 261). — Viel Aufmerksamkeit erregte Dent's Dipleidoskop [Fig. 158], ein höchst einfaches Durchgangs-Instrument (The Dipleidoscope by Edward Dent, London 1843). Es bestand nach der Zeichnung zunächst aus zwei gleichen, in 90° gegen einander stoßenden und je 45° gegen die Meridianebene geneigten Planspiegeln, überdeckt von einer auf ihnen ruhenden planparallelen Glasplatte. Das von den Spiegeln doppelt reflectirte Sonnenbild geht in der Richtung der täglichen Bewegung, das an der Planplatte nur einmal reflectirte aber geht ihr entgegen; wenn die beiden Bilder zusammenfallen, steht daher die Sonne in der Richtung des Instruments und im Meridian, vorausgesetzt natürlich, daß Alles vorher genügend berichtigt worden ist. — Sehr bald muß Dent die Construction dahin geändert haben, daß die beiden Spiegel 60° Neigung gegen einander hatten und mit dem Planglas im Durchschnitt ein gleichseitiges Dreieck bildeten; denn das Exemplar, welches Schumacher im September 1843 von Dent erhielt, war schon so eingerichtet (Gauss-Sch. Nr. 847). Man kann dann den einen Spiegel in die Meridianebene einrichten, und sieht in 60° Neigung hinein; oder auch die Spiegel liegen symmetrisch zum Meridian, und man beobachtet um 10^h Vormittags und 2^h Nachmittags (a. a. O. Nr. 853). Auf Verlangen wurde ein kleines Fernrohr angebracht. — Der Erfinder war übrigens nicht Dent, sondern J. M. Bloxam, der den Apparat Dent zur Patentausnutzung überließ.

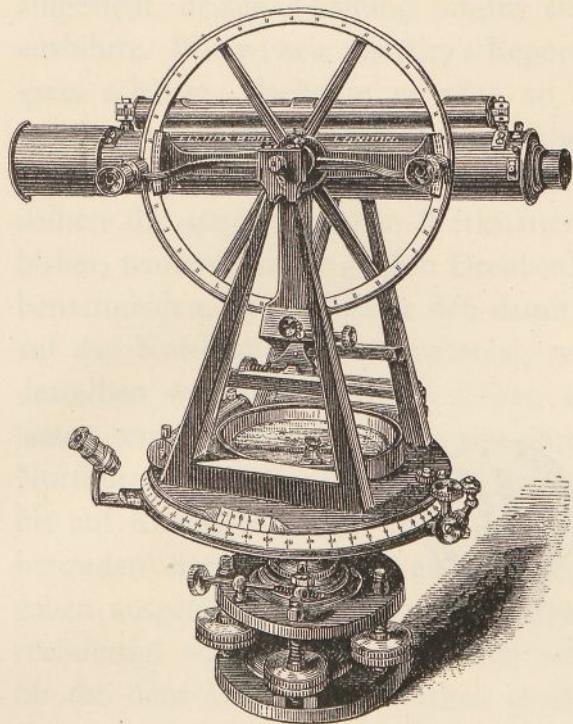
10. Airy.

Betreffs der großen, seltener ausgeführten Meßinstrumente wurde Airy's Einfluß in England ein so großer, daß die hauptsächlichsten der von ihm angeregten Constructionen besonders besprochen werden müssen.

¹⁾ John Cary, 1789—1852.

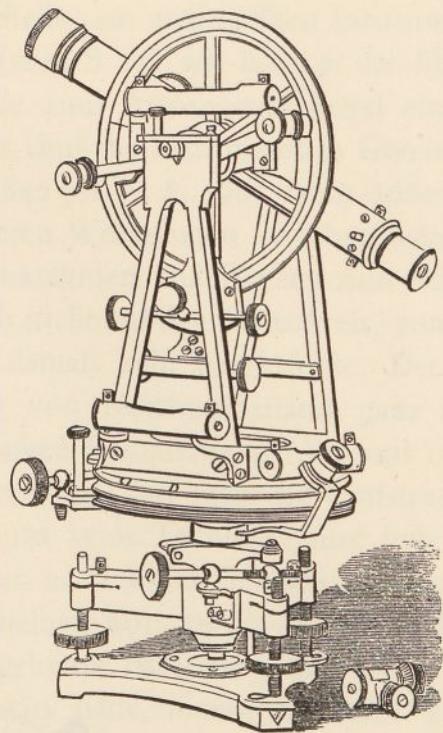
²⁾ Edward J. Dent, ? 1800 — London 1853.

Fig. 156



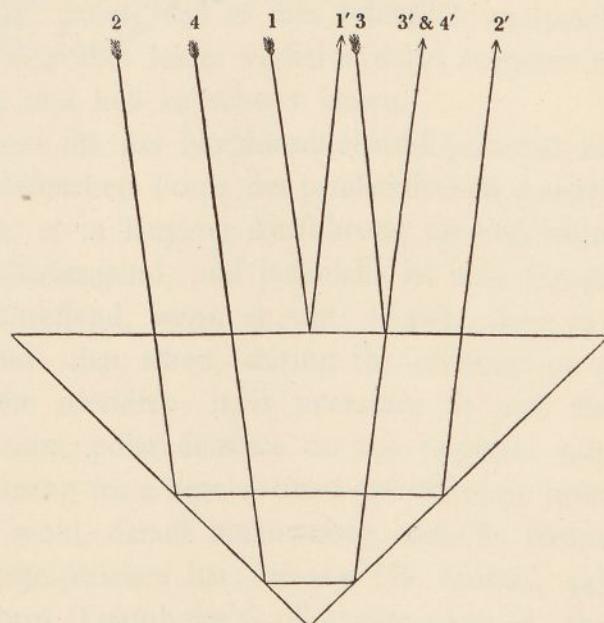
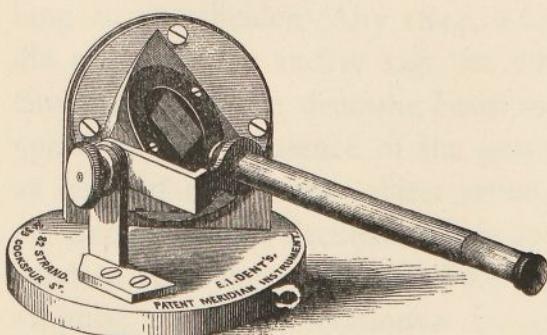
Elliot's Transit Theodolite,
nach Katalog von ca. 1855.

Fig. 157



Cary's Theodolite,
nach Katalog von ca. 1860.

Fig. 158



Dent's Dipleidoscop (nach Bloxam),
nach E. J. Dent, The Dipleidoscope, 1843.

Airy hatte 1828 die Leitung der Sternwarte in Cambridge übernommen und dort nur ein Dollond'sches Durchgangs-Instrument und einige gute Uhren vorgefunden (M. N. 52, 215 ff.). Im Jahre 1832 wurde ein Mauerkreis, ähnlich dem in Greenwich, aufgestellt, dessen Theilung Simms an Ort und Stelle, am aufgestellten Instrumente, ausführte. Wir wissen aus Airy's Report von 1832 (vorn S. 11), wie hoch er den Mauerkreis schätzte. Nachdem er 1835 an Pond's Stelle zum Astronomer Royal ernannt worden war, hatte er vollauf Gelegenheit, auch das ähnliche Instrument in Greenwich kennen zu lernen. Wenn er sich aber im Jahre 1842 (M. N. 5, 196) dahin äußert, es sollten die astronomischen Werkstätten mit stärkeren Werkzeugen versehen sein, als bisher, namentlich mit großen Drehbänken, Hobelmaschinen und Bänken zum Schraubenschneiden, so bezieht er sich damit vermutlich nicht auf den Mauerkreis, sondern auf das Northumberland-Equatoreal, welches ihn damals sehr beschäftigte. Der Bau desselben war ihm von dem Geber, dem Herzog von Northumberland, ganz überlassen worden, und nach der von ihm selbst verfaßten Beschreibung (Account of the Northumberland Equatoreal and Dome, Cambridge 1844) darf man die Construction bis auf Kleinigkeiten auf ihn zurückführen; er nennt keine Techniker und hebt nur besonders hervor, in welchen Punkten Einzelheiten nach seines Gehülfen Challis Angaben ausgeführt worden sind. — Man kann zweifelhaft sein, ob es damals noch geachtet war, daß der Astronom selbst die eingehende Bauleitung übernahm, und ob das dem Werk zum Vortheil gereichte; aber Airy hatte, indem er es that, gewiß Gelegenheit zu erkennen, daß für die Abmessungen dieses Instrumentes (Objectiv Cauchoix von 12^z Oeffnung, 20^f Brennweite) die Einrichtungen der damaligen astronomischen Werkstätten in England nicht ausreichten und daß die aus vielen leichten Stücken zusammengeschraubten Constructionsteile ihrer Instrumente keine genügende Zuverlässigkeit bieten konnten. Er that wohl daran, daß er dies öffentlich aussprach und größere Werkstätten zur Hilfe heranzog; aber leider verfiel er dabei zuweilen in ein Uebermaß nach der andern Richtung und ließ zu schwer bauen.

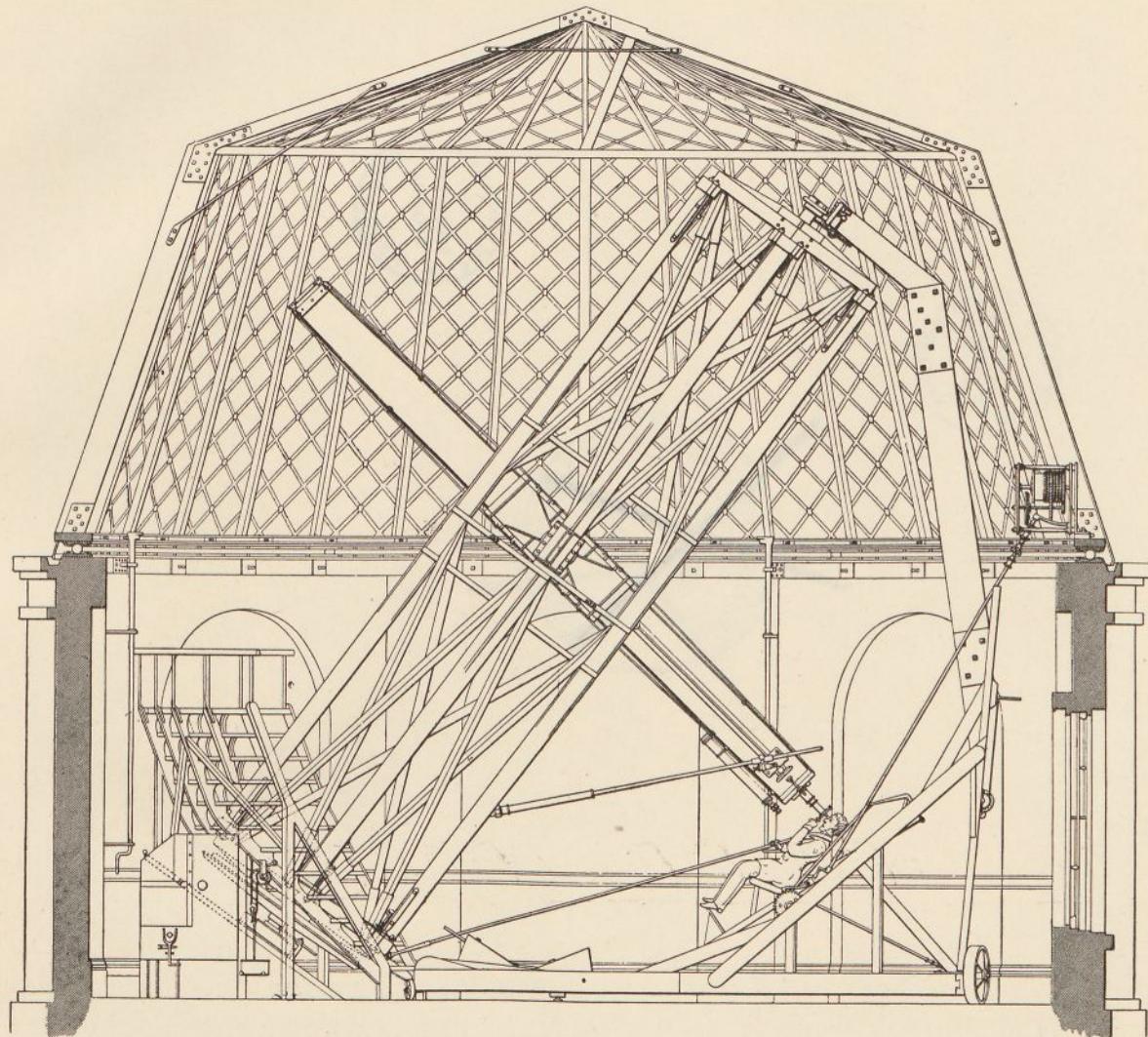
Airy hatte sich bei den Vorbereitungen für das Northumberland-Equatorial zunächst zwischen der englischen und der deutschen Form der parallaktischen Aufstellung zu entscheiden (Airy 1844, 2 f.). Was er in längerer Ausführung für und wider die eine und die andere sagt, ist wenig überzeugend, und jedenfalls ist sein Haupteinwand gegen die deutsche Form nicht zutreffend, wenn er sagt: »Lastly, there is a »practical inconvenience of the gravest kind: that when, during the observation of »a celestial object, the object arrives at the meridian, it is necessary to turn the »telescope on the declination-axis to the same polar distance on the opposite side, »and to turn the polar-axis 180°; thus causing for a time a most troublesome inter- »ruption to the observations.« Es genügt wohl, darauf hinzuweisen, daß W. Simms sich noch 1852 gerade entgegengesetzt ausgesprochen hat; er sagt (W. Simms, 44): »The principal advantage attending this form (Fraunhofer's) of constructing is, that »the telescope will reach every part of the heavens without interruption; whereas, »in Sisson's form, it will be seen that the upper support of the polar axis must inter- »fere to some extent with observation of objects about and below the pole.« Das gilt auch für Airy's Aufstellung, die durch Ramsden auf Sisson zurückzuführen ist,

während eine gute deutsche Aufstellung nach beiden Seiten weit über den Meridian hinausgeht und nöthigenfalls auch leicht in die andere Lage zu bringen ist.

Von Ramsden's Construction ist Airy in manchen Punkten abgewichen [Fig. 159]. Sechs Säulen, welche die Endplatten des Polachsen-Körpers verbinden, werden durch Kreuzverbindungen versteift. An sich zweckmäßig, können diese doch von keinem großen Nutzen sein, weil sie nur je drei Säulen zusammenfassen können und daher der Torsion in beschränktem Maaße entgegenwirken. — Die Ersetzung der Metall-Säulen Ramsden's durch Tannenstämme war damals vielleicht der nöthigen Länge wegen geboten; eine Verbesserung war sie nicht. — Neu und eigenthümlich ist die Einrichtung des von dem Uhrwerk getriebenen Kreises von Glockenmetall. Er dreht sich concentrisch zur Polachse um einen Zapfen des unteren Polygonrahmens, mit welchem er zeitweilig durch eine Klemme verbunden werden kann. Er trägt eine Theilung, die nach einem festen Vernier abzulesen ist, und außen am Rande das Gewinde für die Uhrschraube, die während des ganzen Abends laufen soll, nachdem sie ausgelöst und der Kreis so gestellt worden ist, daß er an dem Vernier die Zeit angibt. Man kann dann an dieser Theilung nach einem am Polygonrahmen angebrachten Vernier einen Stern unmittelbar nach seiner Rectascension einstellen. — Einen Declinationskreis hat die Aufstellung nicht. »Having witnessed the inconvenience and »insecurity of a small declination circle, and finding that a large one would cause »far greater expence than I could sanction, and would give much trouble in its ad- »justment; I determined on adopting chord-rods« (Airy 1844, 6). In erster Linie war es also wohl eine Geldfrage, die Airy zu dieser Einrichtung führte. Die ihm zur Verfügung stehenden Mittel reichten nicht aus, und er wollte sparen. Auch hätten der Declinationskreis, der nicht klein sein durfte, weil er zugleich hätte zur Klemmung dienen sollen, und die Stellvorrichtungen ihm wahrscheinlich Schwierigkeiten bereitet; mehr als einen Nothbehelf können aber die Chordenstangen nicht bedeuten. Es sind dies Stangen verschiedener Länge von etwa 1ⁱ Durchmesser, die an dem einen Ende mit dem Polachsen-Gerüst, am anderen mit dem Fernrohr, nicht weit vom Ocular, verbunden werden, mit diesem aber nicht unmittelbar, sondern vermittelst einer Büchse mit Stellschraube, die in der Richtung der Sehne wirkt. Grobe Theilungen an den Stangen sollten das Einstellen erleichtern. Es waren vier solcher Stangen vorhanden, die durch Auswechselung für Polabstände von 10—126° ausreichten. — Das Uhrwerk zur Fortführung in täglicher Bewegung wurde durch ein Centrifugal-Pendel regulirt, das auf einen Reibungswiderstand wirkt. — Airy beschreibt noch sein dem Instrument beigegebenes Doppelbild-Mikrometer; es hat vier Linsen, von denen die durchschnittene, zur Hälfte durch eine Mikrometerschraube seitlich bewegliche die zweite (vom Auge her) ist, und unterscheidet sich dadurch von dem Dollond'schen Doppelbild-Mikrometer, bei dem die durchschnittene Linse zwischen Ocular und Objectiv liegt (I, 72). Airy's Mikrometer soll achromatisch sein (Airy 1844, 35). — Auch das Drehdach und den Fahrstuhl scheint Airy vorgeschrieben zu haben. Es ist alles darauf berechnet, daß der Beobachter ohne fremde Hilfe arbeiten kann und alles Nöthige jederzeit zur Hand hat.

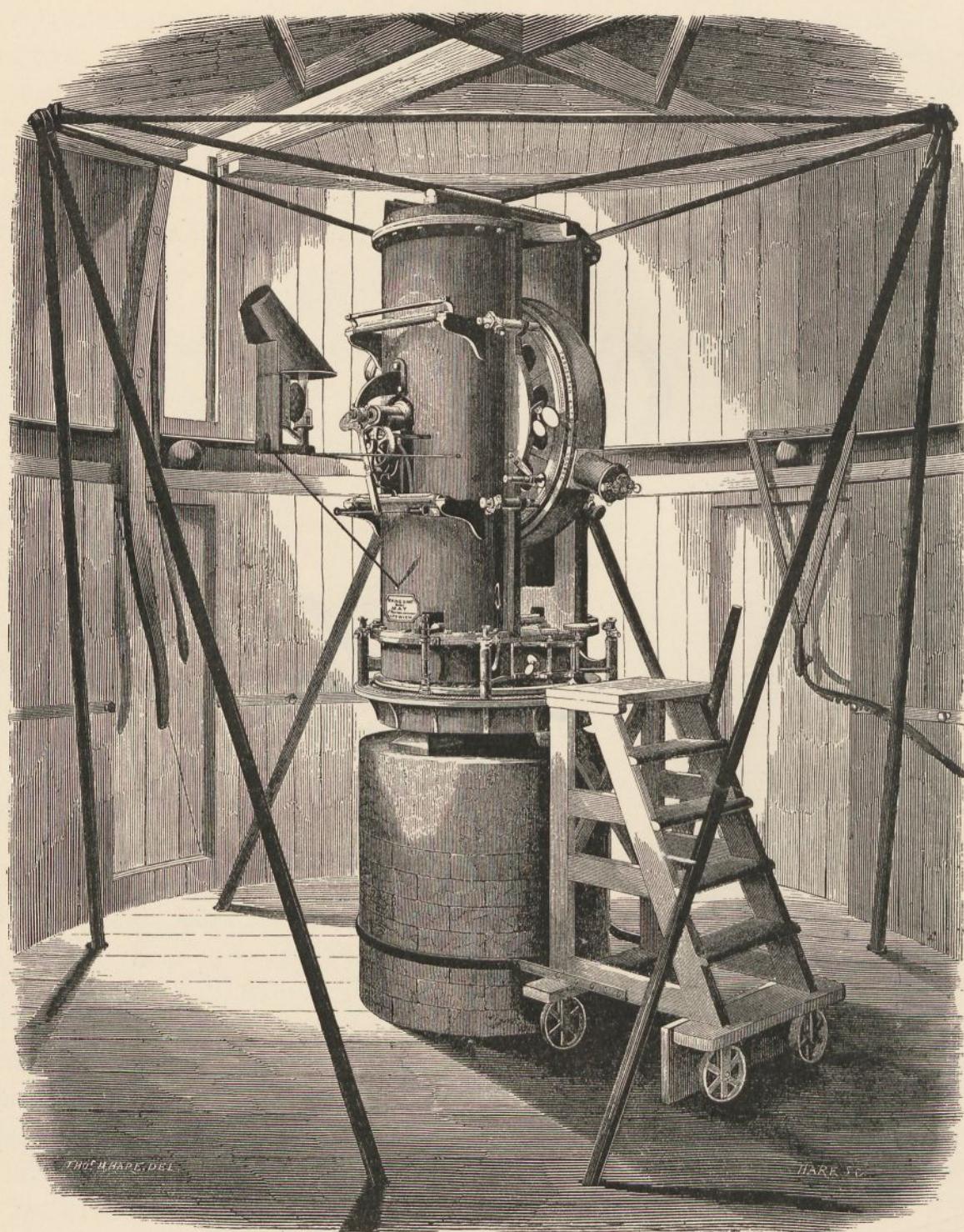
Im Jahre 1843 beginnen Airy's Vorbereitungen für den Bau eines ausschließlich für Mondbeobachtungen bestimmten Altazimuths (M. N. 6, 44); 1847 wurde es auf-

Fig. 159

Northumberland Equatoreal and Dome.**Northumberland Equatoreal, Cambridge 1835, ca. 1/60 n. Gr.,**

nach Airy, Account of the Northumberland Equatoreal and Dome, 1854.

Fig. 160



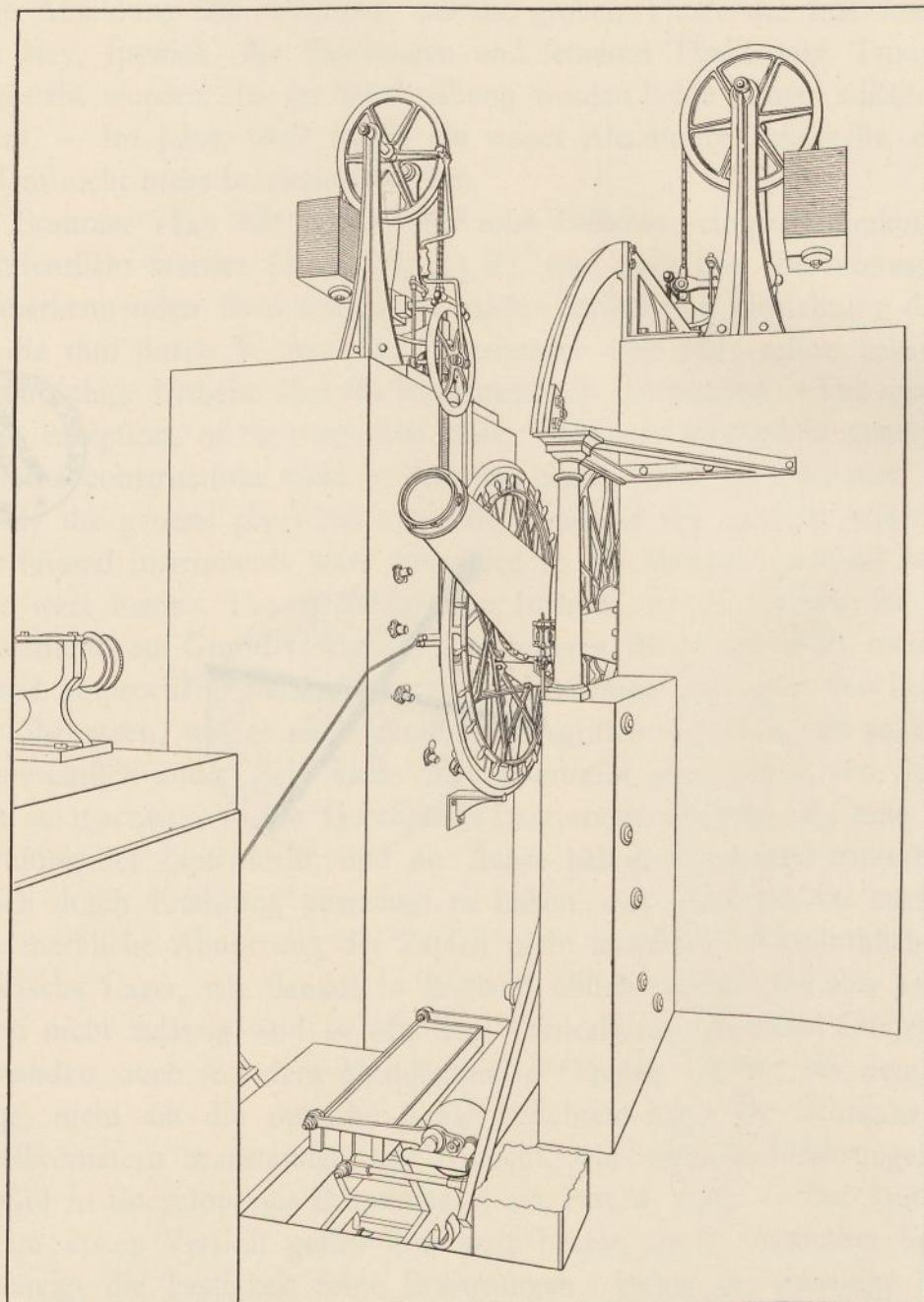
Airy's Altitude and Azimuth Instrument, 1847, ca. $1/20$ n. Gr.,
nach Greenwich Observations, 1847.

gestellt. Der Eindruck, den man von der Abbildung empfängt, ist ein befreindlicher (Airy 1847) [Fig. 160]. Das Instrument ist in den um die senkrechte Drehungsachse beweglichen Theilen sehr schwer gebaut; sie wiegen bei einer Brennweite von 4° ca 2000 engl. Pfund = 900 Kilo und sind aus möglichst wenigen Stücken zusammengesetzt. Der Verticalkreis, das Fernrohr und die Zapfen-Achse bestehen zusammen aus nur zwei nahe dem Umkreise mit einander fest verbundenen Gußstücken; der Lager-Rahmen der horizontalen Achse ist aus vier Theilen zusammengesetzt: einer Fußplatte, einer Kopfplatte und zwei hohlen aufrechten Ständern von halbrundem Querschnitt. Diesen massigen Constructionen widerspricht in auffälliger Weise die Führung des oberen Drehungszapfens an einem verhältnismäßig leichten, aus vielen Theilen zusammengefügten und Temperatur-Aenderungen sehr ausgesetzten Gestänge, das nicht einmal von einem massigen Pfeiler ausgeht, sondern von etwas schwächeren, dem Mittelkörper des Pfeilers angefügten Flügeln (Airy nennt das Ganze »a three-rayed pier«). Dieser Aufbau eines oberen Zapfenlagers ist im Wesentlichen dem in Ramsden's Altitude and Azimuth Circular Instrument (I, 82) ähnlich, dessen Empfindlichkeit aber bei dem leichten Bau der beweglichen Theile dort weniger auffällt. Cary dagegen ließ Wollaston's Transit Circle auf der Grundplatte drehen, eine Anordnung, die in Bezug auf Festigkeit, die Airy in so weitgehender Weise anstrehte, vorzuziehen gewesen wäre und zugleich den Ausblick des Fernrohres völlig unbehindert gelassen hätte. Bei näherer Betrachtung des Airy'schen Altazimuths kann man den Gedanken nicht abweisen, statt der ursprünglich beabsichtigten, eine abgeänderte Ausführung vor sich zu sehen, die erst entstanden ist, nachdem man Cary's Flächendrehung wegen der damit verbundenen, im Voraus aber kaum genügend abzuschätzenden Schwierigkeit des Festsaugens der beiden großen Flächen an einander wieder aufgegeben hatte. — Die Einführung der Drehung um eine senkrechte, unten durch eine Kugelfläche, oben durch einen cylindrischen Zapfen gegebenen Achse, bot keine sehr großen Schwierigkeiten; es war aber eine Umformung der beiden Endplatten des Lagerrahmens nötig, die, zusammen mit der Herstellung und Anpassung des Gestänges, sowie der Aenderung des Pfeilers durch Anfügung der drei Flügel, zeitraubend war, und die (M. N. 7, 221) gegebene Bemerkung, daß die Vollendung »has been seriously delayed by an accident«, erklären könnte. Auch die besondere Einführung des oberen Lager-Aufbaues zu Anfang der Beschreibung, die wiederholte Hervorhebung seiner großen Festigkeit (Airy 1847, I, 4) und die geringe Einschätzung des Uebelstandes, daß die Stangen dem Fernrohr im Wege sein können (a. a. O. 3, 4), sind auffällig und machen etwas den Eindruck einer Entschuldigung. Uebrigens konnte man sich mit fleißiger und aufmerksamer Benutzung der Niveaux von der Veränderlichkeit des Gestänges einigermaßen unabhängig machen. — Die Feinbewegung in beiden Richtungen, Azimuth und Höhe, geschieht durch Trieb und Zahnrad. — Die Mikroskope sind der Festigkeit wegen ohne alle Mittel einer Berichtigung ihrer Stellung angesetzt. — Für die Niveaux hat Airy die deutsche Art der Einlagerung angenommen, d. h. die Glasrohre sind nicht in ein Messingrohr gegypst, und die Berichtigung ist nicht mit der Feile besorgt worden, sondern die Rohre liegen je in zwei Lagern, die durch Stellschrauben zu berichtigen sind. Auch die Illuminatoren der Mikroskope sind nach deutschem Muster

(a. a. O. 9). — Für die Prüfung der Form der horizontalen Zapfen ist an den Endflächen ein feiner Punkt angebracht, auf den ein Mikroskop eingestellt wird. — Daß die Beobachtungstreppe sich mit einem Eisenband an dem Pfeiler führt, ist wohl auf einen Irrthum des Zeichners zurückzuführen. — Die den London Illustrated News entnommene Abbildung läßt erkennen, daß die großen Theile des Instruments von Ransome & May, Ipswich, die Theilungen und feineren Theile von Troughton & Simms hergestellt wurden. In der Beschreibung werden beide Firmen auffälligerweise nicht genannt. — Im Jahre 1898 wurde ein neues Altazimuth aufgestellt; das ältere scheint seitdem nicht mehr benutzt zu werden.

In den Sommer 1847 fällt Airy's Reise nach Pulkowa; einige Bemerkungen, die darüber veröffentlicht wurden (A. N. 26, 353 ff.), sind auch hier von Interesse. Nach einer sehr anerkennenden Besprechung der ganzen Anlage und Einrichtung der Sternwarte dort, die ihm durch W. Struve's »Description« von 1845 schon bekannt war, giebt Airy freimüthige Urtheile über die Instrumente ab. Er beginnt: »The instruments »are, without exception, of the very first class. Although planned in general accordance with the constructions used by German artists for some years past, I believe »that not only the general plans but even the details of the smallest screws at least »for the meridional instruments were submitted to Mr. Struve's approval before the »instruments were made.« Das ist freilich ein Irrthum. Struve hat die für ihn projectirten Instrumente auf Grund vorläufiger Zeichnungen, die er sich erbat, meist mündlich eingehend besprochen, die Ausführung im Einzelnen aber ganz den Leitern der Werkstätten überlassen, wie es nach deutschen Begriffen sein muß und auch in England nicht wesentlich anders sein kann. Airy übertreibt wohl etwas, um Struve ein Compliment zu machen. — Am Durchgangs-Instrument vermißt Airy eine Vorrichtung zur Prüfung der Zapfenform, und die Achse hält er für zu stark conterbalancirt; er meint, sich durch Erfahrung überzeugt zu haben, daß selbst bei viel stärkerer Belastung eine merkliche Abnutzung der Zapfen nicht stattfindet. Vermuthlich setzt er dabei cylindrische Lager, wie damals in England üblich, voraus, die aber bei umlegbaren Achsen nicht zulässig sind. — Mit dem Verticalkreise (Meridian Circle) ist Airy sehr einverstanden, auch mit dem Meridiankreise (Transit Circle), bei dem er aber die einseitige, nicht auf die optische Achse gerichtete Lage der Schraube in den Mikroskop-Mikrometern beanstandet; mit Unrecht, wie vielfache Erfahrungen gezeigt haben (vgl. Gill in Encyclopaedia Britannica, 9. ed. Part. 6, 246). — Das Durchgangs-Instrument im ersten Vertical gefällt ihm weit besser, als er vermutet hatte; besonders übersteigt die Festigkeit seine Erwartungen. Ueber die einseitige Lage des Fernrohrs kann er sich freilich nicht beruhigen, meint aber doch, von Struve's Beobachtungen daran, denen er zweimal beigewohnt hatte, eine fast unbegrenzte Genauigkeit erwarten zu dürfen. Die Umlegevorrichtung »is most happily arranged.« — Merz' großen Refractor hält Airy optisch für »admirable«; die Aufstellung befriedigt ihn aber nicht. Die Wirkung der Klemme scheint ihm ungenügend und das Uhrwerk zu schwach. Es ist bekannt, daß W. Struve und auch O. Struve sich mit diesen Uebelständen geschickt zu behelfen wußten, indem sie durch einen Druck am Ocular-Ende des Fernrohres nachhalfen; vielleicht ist auch Airy's Urtheil etwas streng, denn

Fig. 161



Airy's „Transit Circle“, 1851, ca. 1/40 n. Gr.,

nach Greenwich Observations 1852, App. I.

ein anderer englischer Beobachter von Ruf, Dawes¹⁾), der im Besitz eines Merz'schen Refractors war, freilich nur von $6\frac{1}{2}^z$ Oeffnung, $8\frac{1}{2}^f$ Brennweite, äußert sich um die selbe Zeit darüber sehr zufrieden: die Bewegung sei sehr leicht und das Uhrwerk »extremely steady and uniform« (M. N. 7, 170). — Im Allgemeinen zeigt Airy indeß eine weit vorurtheilsfreiere Anerkennung der deutschen Arbeiten, als in seinem Bericht von 1832; vielleicht hängt das damit zusammen, daß er schon im Begriffe stand, seinen Mauerkreis aufzugeben und den Meridiankreis in Greenwich einzuführen.

In der That hatte Airy im Juni 1847 in einem Bericht an den Board of Visitors darauf hingewiesen, daß die Sternwarte ein Meridian-Instrument mit größerem Objectiv brauche, und hatte in einer Denkschrift an die Mitglieder dieser Körperschaft vom 20. Dezember 1847 einen großen Meridiankreis (a large Transit Circle) vorgeschlagen und eingehend erläutert. Airy's Vorschläge wurden schon im Januar 1848 genehmigt; im Juni legt Airy ein Modell vor, welches Beifall findet, im Herbst desselben Jahres beginnen die Arbeiten bei Ransome & May und bei Simms, und 1851 werden die ersten Beobachtungen gemacht (Airy 1852, Introduction). — In der Astronomical Society sah man den Mauerkreis ungern ausscheiden und erwartete den Meridiankreis mit einiger Sorge (M. N. 8, 83); man tröstete sich aber mit der Erwägung, daß dies eine Instrument das Gleiche leisten werde, wie bisher zwei, indem keine Durchgangs-Beobachtung mehr ohne eine gleichzeitige Beobachtung des Polabstandes gemacht werden werde. In Wirklichkeit wurden aber durch den Meridiankreis drei Instrumente ersetzt; denn nach Airy's Bericht von 1832 wurden einwandfreie Polabstände erst durch die von Pond eingeführte Beobachtung reflectirter Sternbilder an einem zweiten Mauerkreise erhalten (vorn S. 11); daneben diente aber noch für Rectascensions-Beobachtungen das Durchgangs-Instrument.

Airy's Meridiankreis unterschied sich von den bisherigen, in deutschen Werkstätten ausgeführten, durch eine gesteigerte Größe ($8,1^i$ Oeffnung, $11\frac{1}{2}^e$ Brennweite) und eine sehr schwere Bauart, die zur Folge hatte, daß auf das Umlegen der Achse in den Lagern ganz verzichtet wurde [Fig. 161]. Als Ersatz für dies wesentliche Ausgleichungs-Verfahren wurde die Beobachtung reflectirter Sterne in einem großen, unter dem Instrument beweglichen Quecksilber-Trog vorgesehen (vergl. Fig. 126) und zwei horizontal festliegende Collimatoren angeordnet; um diese auf einander einrichten zu können, muß aber zuvor die Fernrohr-Achse durch eine Winde ausgehoben werden. Nachträglich wurde Simms darauf aufmerksam (M. N. 11, 96), daß man das Verfahren durch große Oeffnungen in den Cubusflächen des Fernrohres wesentlich hätte vereinfachen können. Man scheute sich zunächst, solche anzubringen; Airy empfiehlt sie aber mit Recht und ließ sie im Jahre 1866 noch durchführen (M. N. 28, 78). — Der Indexfehler des Kreises wird im Nadir-Horizont bestimmt, die Neigung der Achse ebenfalls, mit Benutzung des durch die Collimatoren bekannten Collimationsfehlers. — Die größeren Theile des Instruments, die Achse, die 6-füßigen Kreise und selbst die mit breiten inneren Versteifungs-Ringen versehenen Rohrhälften des Fernrohres wurden aus Gußeisen hergestellt, und zwar auf Vorschlag von Charles May, Mitglied der Firma Ran-

¹⁾ William Rutter Dawes, London 1799 — Haddenham 1868.

some & May, der, wie Airy diesmal hervorhebt, alle Einzelheiten dieser Theile festgestellt hat, während Simms die Theilungen und die kleineren Arbeiten übernahm. — Gegen die Verwendung des Gußeisens für den Theilkreis hatte Airy Bedenken, bis er sich durch Versuche überzeugt hatte, daß selbst starke Verrostung die Beständigkeit der Theilung nicht beeinflußte (Airy 1852, 16); wegen der verschiedenen Ausdehnung der beiden Metalle scheint er keine Sorge gehabt zu haben. Das Gußeisen hat den Vorzug größerer Festigkeit bei geringerem Gewicht, im Gegensatz zu den Kupferlegirungen; für die Rohre ist es aber wenig geeignet wegen der zweifelhaften Homogenität, die durch Vermehrung der Masse (die sonst nur unerwünscht ist) nicht gebessert werden kann. — Der Achsenkörper besteht, mit Einschluß der Zapfen, aus zwei gleichen, in der Meridianebene gegen einander stoßenden und durch Schrauben verbundenen Hälften, welche je mit den Drehungszapfen ein Stück bilden; die Zapfen selbst wurden in Metallformen hart gegossen (chilled) und nur mit Schmirgel bearbeitet. Der harte Guß scheint aber nicht von gleichmäßiger Härte zu sein, denn »the necessary accuracy in the form of the pivots was only obtained, after many attempts, by carefully rubbing down by hand all places where a delicate spirit-level showed an excrescence« (M. N. 52, 221). Der Theilkreis ist mit Handhaben zum Einstellen versehen; der andere Kreis dient als Klemme in Verbindung mit einer am Pfeiler befestigten Backe. Eine Stellschraube ist nicht vorhanden; Airy meinte, es ließe sich bei dem großen, übrigens durch Gegengewichte stark verminderten Lagerdruck eine feine Bewegung nicht gut durchführen, und nahm an, daß die scharfen Einstellungen in Declination nur am Ocular-Mikrometer gemacht würden. — Die (sechs) Declinations-Mikroskope liegen wie beim Mauerkreise im Pfeiler, auch die von einer Lampe am Pfeiler ausgehenden Beleuchtungstheile. Feld und Fäden werden durch einen Spiegel im Cubus beleuchtet, der sein Licht durch einen der Zapfen bekommt. Er giebt helles Feld bei etwa 45° Neigung, dämpft das Licht durch Drehung, und läßt es in zum Fernrohr normaler Lage verschwinden; dagegen fällt dann von vier Prismen im Cubus das Licht auf vier kleinere hinter den Fäden, so daß diese hell in dunklem Felde erscheinen (vergl. Steinheil, vorn S. 67). — Zum Zwecke der Zapfenprüfung ist die Achse durch eine Linse in dem einen, und ein Diaphragma in dem anderen Zapfen zu einem Collimator eingerichtet, dessen Lage für verschiedene Declinationen in einem festen, 7° langen Fernrohr mit Mikrometer zu bestimmen ist (vergl. I, Fig. 68). — Der Ocularkopf des Hauptröhres ist mit Mikrometern in beiden Richtungen versehen. Das Objectiv wird mit seitlichen Federn in seiner Fassung gehalten, um Schlotterung zu vermeiden; vielleicht ist diese wichtige Sicherung hier zum ersten Male angewandt worden. — Zur Prüfung der Summe der Biegungen des Fernrohres in beiden horizontalen Lagen wurde zeitweilig in der Mitte des Cubus ein Objectiv von $\frac{1}{4}$ der Brennweite des Fernrohres befestigt. Durch dieses erschien ein am großen Objectiv angebrachtes Fadenkreuz neben den Fäden des Mikrometers, mit denen der Ort des Fadenbildes in der einen und der andern horizontalen Lage des Fernrohres bestimmt wurde (a. a. O., 17). — Der Unterschied der Biegungen (die astronomische Biegung) im Horizont wurde gefunden, indem das Fernrohr erst auf den einen, dann auf den andern Collimator eingestellt wurde, nachdem sie vorher genau

auf einander eingerichtet worden waren. Der halbe Unterschied der Ablesungen am Kreise und am Ocular-Mikrometer in den beiden Lagen wurde als Biegung im Horizont angenommen (a. a. O., 22). — Der große Quecksilber-Trog für Nadir- und Reflex-Beobachtungen hängt an langen Hebelen mit Gegengewichten, an denen er concentrisch vor dem Objectiv bewegt werden kann. Die Nadir-Ablesungen werden mit Hülfe eines als Ocular verwandten Mikroskops gemacht, durch welches für eine Beleuchtungs-Glasplatte in 45° unmittelbar vor den Fäden Platz gewonnen wird. — Das Instrument wurde auch für Benutzung eines elektrischen Registrir-Apparats, wie solche kürzlich in Nord-Amerika in Gebrauch genommen waren, eingerichtet. Der Strom wird mit Gleitcontacten durch die Achse und im Innern des Rohres zum Ocularkopf geleitet. Der Registrir-Apparat selbst wurde Bond nachgebildet und war seit 1854 in Benutzung. Airy findet ihn etwas zeitraubend und mühsam im Gebrauch, und im Frühjahr 1854 wurde noch, bei einer Längendifferenz-Bestimmung auf elektrischem Wege zwischen Greenwich und Paris, nach durch den Ausschlag einer galvanischen Nadel gegebenen Signalen beobachtet, wie es 1852 zwischen Greenwich und Cambridge und 1853 zwischen Greenwich und Brüssel geschehen war (M. N. 15, 124; Loomis 353, 355).

Seit 1849 hatte Airy, zusammen mit dem Telegraphen-Ingenieur Charles V. Walker, Versuche über elektrische Zeit-Uebertragungen unternommen. Es stellte sich bald heraus (M. N. 21, 72 ff.), daß die von Secunde zu Secunde durch den Strom angetriebenen Zifferblätter auf die Dauer nicht zuverlässig gingen; Walker versah sie deshalb mit Pendeln und Echappements. Airy giebt (M. N. 21, 162) Anweisungen für die zweckmäßigste Anwendung der Elektromagnete in diesen, auch auf Sternwarten viel verwandten, sogenannten sympathetischen Uhren.

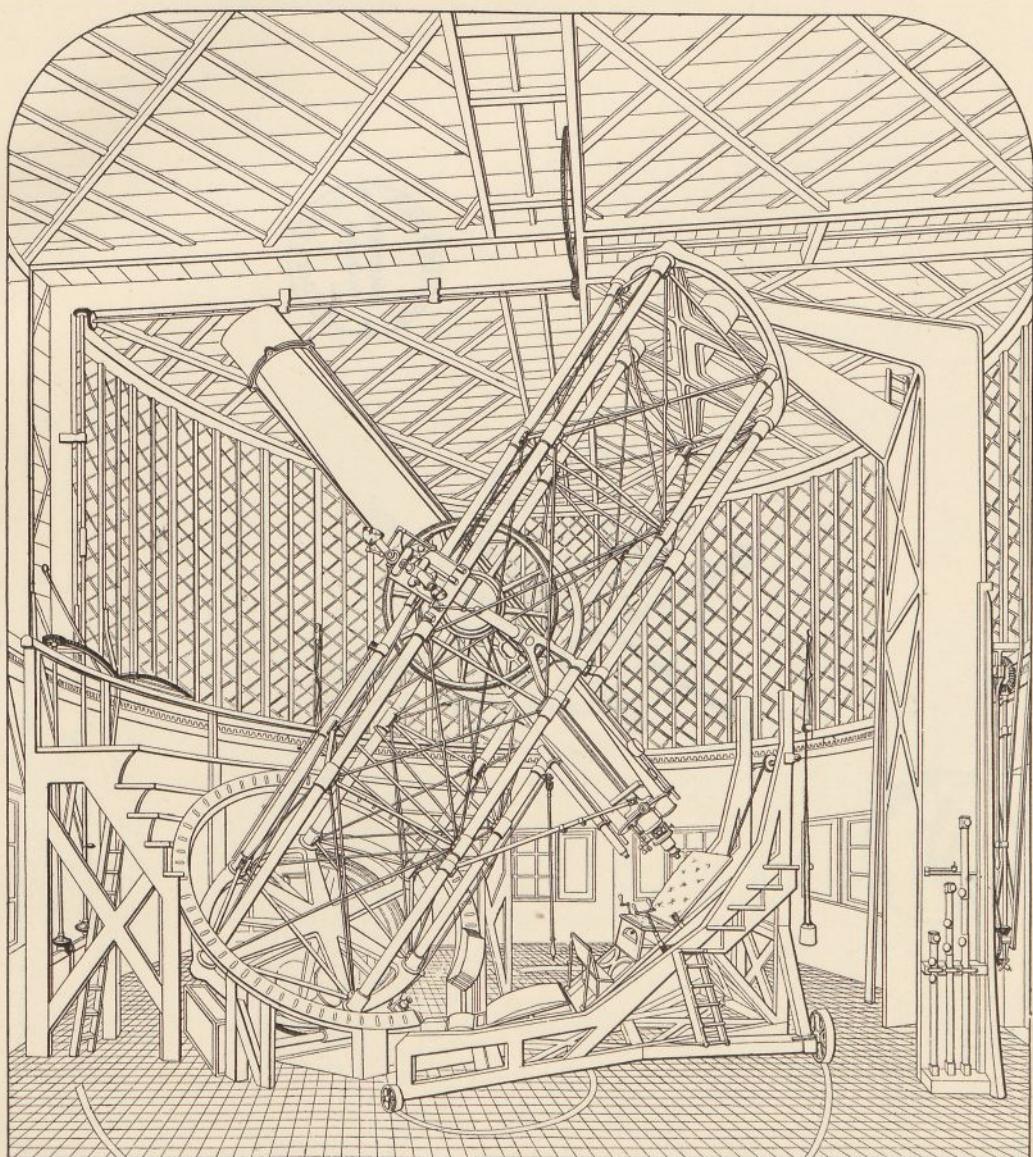
Im Jahre 1848 schon hatte Airy ein neues, größeres Project in Angriff genommen. Troughton hatte, noch auf Pond's Veranlassung, ein hängendes, um eine senkrechte Achse drehbares 25-füßiges Zenithrohr hergestellt. Es war erst nach Pond's Rücktritt beendigt und dann in mehreren Punkten verändert worden, hatte aber nie befriedigende Resultate gegeben. Airy suchte nun nach einer möglichst einfachen Construction, die er 1848 (Greenwich Observations 1847) unter dem Namen »Zenith Sector« (später Reflex Zenith-Tube) in Vorschlag brachte und 1851 fertigstellte: Ein Troughton'sches Objectiv von 10° Brennweite wurde mit einem nahe darüber liegenden Ocular-Mikrometer fest verbunden und über einem Quecksilber-Horizont wagerecht drehbar aufgestellt, so daß die Strahlen eines durch den Meridian gehenden zenithnahen Sternes, durch das Objectiv gehend, am Quecksilber reflectirt und durch das Objectiv zurückgehend, im Mikrometer sichtbar wurden. Um den Nullpunkt des Mikrometers nicht bestimmen zu müssen, wurde die Beobachtung nach 180° Drehung wiederholt. Das Mikrometer war natürlich so schmal wie möglich gebaut, um dem Objectiv wenig Licht zu nehmen, und ein langes gebrochenes Ocular gestattete die Ablesung von seitwärts, ohne daß der Beobachter sich selbst im Lichte stand. — Der Werth der Schraube wurde durch Beobachtung von Stern-Durchgängen gefunden, also bei um 90° Grad verdrehter Stellung des Fernrohres. — Die mehrfach verbesserte und umgestaltete Aufstellung des Instruments hat nicht genügt, die erwartete hohe Genauigkeit der Beobachtung zu erreichen (A. N. 102, 143; M. N. 46, 205).

In einem Addendum zu seiner Schrift von 1848 giebt Airy ein bequemes Mittel an, den Ort des optischen Mittelpunktes eines Objectivs (d. h. des Punktes in seiner optischen Achse, um den es sich neigen darf, ohne daß eine seitliche Verschiebung des Bildpunktes eintritt) zu bestimmen: Das Objectiv wird in der optischen Achse eines horizontalen Collimators aufgestellt, in einer Fassung, die auf dem Kopfe eines senkrechten drehbaren Zapfens in jener Achse etwas verschiebbar ist. Das im Brennpunkte des Objectivs entstehende Bild des Collimator-Fadens wird neben einem festen, mit dem Beobachtungs-Ocular verbundenen Faden betrachtet, während das Objectiv um den Zapfen gedreht und über demselben verschoben wird. Wenn dann in dem (nachzuführenden) Ocular der Collimator-Faden deutlich erscheint und sich bei der Drehung nicht mehr seitlich verschiebt, so liegt der optische Mittelpunkt in der Achse des Zapfens.

Neben den Meridian-Instrumenten, auf die Airy für Greenwich den größten Werth legte, wurde dort doch auch ein mächtigeres parallaktisches Instrument Bedürfniß, und Airy beantragte deshalb 1855 die Herstellung eines solchen mit einem Merz'schen Objectiv von $12\frac{3}{4}$ ⁱ Oeffnung, $19,5^\circ$ Brennweite. Für die Aufstellung diente im Allgemeinen das ähnlich große Northumberland-Equatoreal als Muster (Airy 1868); im Einzelnen wurde Manches geändert [Fig. 162]. — Um den Pol zugängig zu machen, wurde das Fernrohr aus der Mitte des Polachsen-Gerüstes gerückt und die obere ovale Verbindungsplatte einseitig tief eingeschnitten, beides natürlich auf Kosten der Biegungsfestigkeit der Aufstellung; die Holzstämme des Gerüstes sind durch Eisenrohre ersetzt, und die Declinations-Achse ist mit zwei Kreisen versehen, einem Theilkreis mit mikroskopischer Ablesung und einem Klemmkreis; die zum Ocular führenden Lenkstangen (chord rods) sind aber zur rohen Einstellung beibehalten worden. — Für die Beleuchtungen wurden Gasleitungen durch das Instrument gelegt, und durch elektrische Leitungen werden eine kleine Pendeluhr an der Grundlager-Platte der Polachse und ein nahe dem Ocular angebrachtes Chronometer mit der Normaluhr in Verbindung gehalten. — Die Uhrschraube wird getrieben durch eine Wasseruhr, die nach dem Princip des »Siemens chronometric governor« regulirt wird; der Gang soll von Stunde zu Stunde bis auf einen kleinen Bruchtheil einer Secunde gleichmäßig sein. — Für Ortsbestimmungen durch Kreisablesungen war dies Instrument, wie frühere ähnliche, wohl nicht geeignet und auch nicht bestimmt, obgleich die Bezeichnung als Aequatoreal dies nach deutscher Auffassung erwarten ließe. — Die schweren Theile wurden wieder von Ransome & Simms (früher Ransome & May) ausgeführt, die Kreistheilungen, Mikrometer etc. von Troughton & Simms. — Das Instrument wurde 1860 zum Beobachten fertig. — Im Jahre 1892 wurde das $12\frac{3}{4}$ ⁱ-Objectiv durch ein Grubb'sches von 28^i Oeffnung bei 38° Brennweite ersetzt, das auch für photographische Zwecke benutzt wird (M. N. 46, 206).

Fig. 162

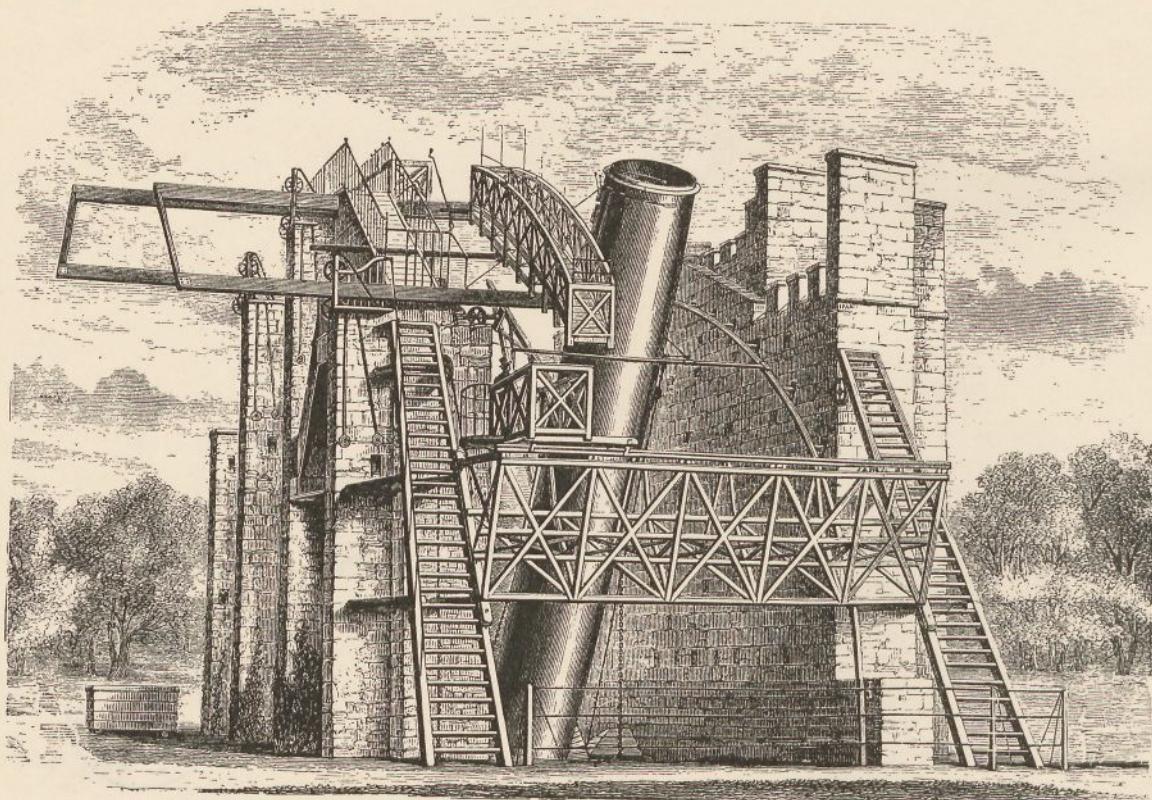
ROYAL OBSERVATORY, GREENWICH. GREAT EQUATOREAL.



Airy's „Great Equatoreal“, 1860, ca. $1/70$ n. Gr.,

nach Greenwich Observations 1868, App. 3.

Fig. 163



6^f-Reflector des Earl of Rosse, 1845, ca. 1/180 n. Gr.,
nach Chambers, Handbook of Astronomy, Oxford 1890.

II. Englische Privat-Sternwarten.

Es ist von Interesse, daß May¹⁾), der selbst Liebhaber-Astronom war, als Ingenieur aber die technische Seite der Fernrohr-Aufstellungen am besten zu beurtheilen verstand und an Airy's Instrumenten so großen Antheil gehabt hatte (M. N. 21, 102), im Gegensatze zu der soeben besprochenen Construction für die des 1851 vollendeten 16-füßigen Refractors der Privat-Sternwarte zu Elchies (M. N., 23, 4 ff.) die deutsche Aufstellung wählte. Es zeigt sich aber auch hier, mehr noch als bei den Instrumenten in Greenwich, ein auffälliges Ueberschlagen von der zu leichten Construction der Zeit Ramsden's in das ausgesprochene Gegentheil. Daß die Achsen stark sind, ist nicht zu tadeln, solange dadurch nicht andere Uebelstände, z. B. übergroße Reibung, entstehen. Aber man liest doch mit einigem Befremden, wie Piazzi Smyth²⁾), der Berichterstatter, die »majesty of form, size and substance« röhmt, »more like a steam-engine, than ordinary telescope-fittings«, und wenn er bewundert, daß einer der Gußtheile des Pfeilers (stand) »weighs no less than eleven tons (ca. 10000 Kilo), and is the greatest quantity »of iron cast into a single piece for any astronomical instrument of any age or in »any country«.

Wir finden in mehreren andern englischen Privat-Sternwarten Fernrohr-Aufstellungen von sehr ungewöhnlichen Dimensionen und Einrichtungen. — Im Jahre 1845 war der Reflector von 6^e Durchmesser des Spiegels und 52^e Brennweite entstanden, den der Earl of Rosse³⁾ bauen ließ in der Hoffnung, die mehr und mehr vergrößerten Objective an Wirkung zu überbieten. Er hatte mit großer Sachkenntnis und Ausdauer durch die Herstellung eines 3-füßigen Spiegels schon ausgiebige Erfahrungen gesammelt, so daß ihm in einer für seinen Zweck besonders errichteten Gießerei 1842 der Guß des großen Spiegels bald gelang und dieser sich nach 16 Wochen Kühlung als tadellos erwies (Thomas Woods, *The Monster Telescopes erected by the Earl of Rosse, Parsonstown 1845; Ph. Tr. 1840, 1861*). — Eine Hauptsorge war, dem Spiegel eine solche Unterlage zu geben, daß keine Spannungen eintraten. Es wurde dazu ein »equilibrium bed« hergerichtet, eine große Fassung mit 27 getrennten Platten, die durch dreifache Hebelvertheilung (3 × 3 × 3) alle mit gleichem Druck durch ein Gegengewicht angehoben werden, und zwar jede unter ihrem Schwerpunkte. — Das 56^e lange Holzrohr ist durch innere Eisenringe versteift. Es ruht mit dem unteren Ende auf einem Lager mitten zwischen zwei starken, in 24^e gegenseitigem Abstand im Meridian errichteten Mauern, zwischen denen es mit Ketten und Winden am oberen Ende mehr oder weniger geneigt und um etwa eine Stunde aus dem Meridian bewegt werden kann; später (1869) wurde es auch mit einem Uhrwerk versehen. Der Beobachter steht, je nach Bedarf, auf einer der drei verschiebbaren Brücken, die auf den Mauern ruhen. Auf Messungen ist dieser Reflector nicht eingerichtet, er ist meist für Zeichnungen von Planeten und Nebeln verwandt worden [Fig. 163].

¹⁾ Charles May, Alton, Hampshire, 1800 — London 1861, Ingenieur.

²⁾ Charles Piazzi Smyth, Neapel 1819 — Clova 1900, Dir. Obs. Edinburg.

³⁾ William Parsons, Lord Oxmantown, Earl of Rosse, Parsonstown 1800 — 1867.

In ähnlich selbständiger Weise betätigte sich W. Lassell¹⁾). Obgleich fleißiger Geschäftsmann, unternahm er schon mit 21 Jahren Versuche, Reflectoren herzustellen; zunächst waren es ein Newton'scher von 7ⁱ Oeffnung und ein ebenso großer nach Gregory. Der Erfolg ermuthigte ihn zur Ausführung eines anderen von 9ⁱ Oeffnung, den er mit einer parallaktischen Aufstellung versah und vielfach zu Beobachtungen benutzte. Um 1844 entschloß sich Lassell zu einem Reflector von 2^e Durchmesser, und 1857 schritt er sogar zur Herstellung eines solchen von 4^e, mit 37^e Brennweite. Der Guß des Spiegels gelang Anfang 1858; er hatte 4,6ⁱ Dicke und war vorn und hinten nach concentrischen Bögen von $r = 76^e$ geformt. Die Rückseite war mit 38 Vorsprüngen versehen, gegen welche eben so viel Gegengewichts-Hebel wirken sollten, um die Biegung zu vermeiden. — Das Fernrohr ist gitterförmig aus flachen Eisenstäben mit verbindenden Ringen hergestellt, damit Luftströmungen im Innern möglichst verhütet werden. — Die parallaktische Aufstellung ist eine ungewöhnliche: [Fig. 164]. Die schwere Polachse ist stark conisch, ruht am unteren Ende in einem Lager, am oberen Ende des Kegels aber auf zwei starken Rollen und trägt eine große Aequator-Platte, von welcher zwei Lagerböcke in Form einer Gabel vorstehen. Eine besondere Declinationsachse ist nicht vorhanden; sie wird ersetzt durch ein großes vier-eckiges Gehäuse mit zwei vorspringenden, in die Gabel eingelagerten Zapfen, in dem das Fernrohr zwischen Rollen drehbar ist. Ein Uhrwerk ist nicht vorhanden; das Instrument wird von einem Gehülfen durch eine Schraube mit Kurbel nach dem Takte einer Uhr nachgeführt. Beobachtet wurden meist Planeten, zum Theil mit Benutzung eines Doppelbild-Mikrometers. — Der Beobachter erreicht das Ocular von einem thurm-artigen Aufbau aus, der mit einer großen Drehscheibe, die ihn trägt, azimuthal beweglich ist. (A. N. 63, 369; M. N. 18, 107).

Eine parallaktische Aufstellung nach ähnlichen Grundzügen, aber von anderer Form, ließ der jüngere Earl of Rosse²⁾ 1874 für seinen 3-füßigen Reflector ausführen, von W. Spence in Dublin, nach Zeichnungen von W. G. Strype (Ph. Tr., 1880, 1). Die Polachse ist festliegend, und um ihre vorspringenden Endzapfen dreht sich eine aus Eisenblech genietete Gabel, welche die Lager der beiden Polzapfen sowohl, als auch die Declinationszapfen in einer Ebene liegend enthält; es ist so die bei Lassell zu schwache Verbindung der Declinations-Lagerböcke mit der Kopfplatte der Polachse vermieden. Man hat eine starre Verbindung der beiden Drehungsachsen und kleine Zapfen mit wenig Reibung erreicht, ist dagegen auf eine Stundendrehung von 12^h beschränkt [Fig. 165]. Das Fernrohr besteht aus einem Diagonal-Gitterwerk von Flacheisen, das an beiden Enden und im Schwerpunkt durch Ringe versteift ist; der mittlere Ring ist von Gußeisen, breit und stark, und enthält die Lagerbüchsen der Declinationszapfen. — Die grobe Einstellung nach Aufsuchkreisen geschieht in beiden Richtungen durch je eine Schraube ohne Ende; für Declination kann eine schärfere Einstellung dadurch erreicht werden, daß eine feinere Schraube die ganze Haltung der groben Schraube verschiebt; eine Schnur, welche eine Scheibe an der feinen Schraube

¹⁾ William Lassell, Bolton in Lancastershire 1799 — Maidenhaid 1880.

²⁾ Lawrence Parsons, 4. Earl of Rosse, Birr Castle 1840—1908.

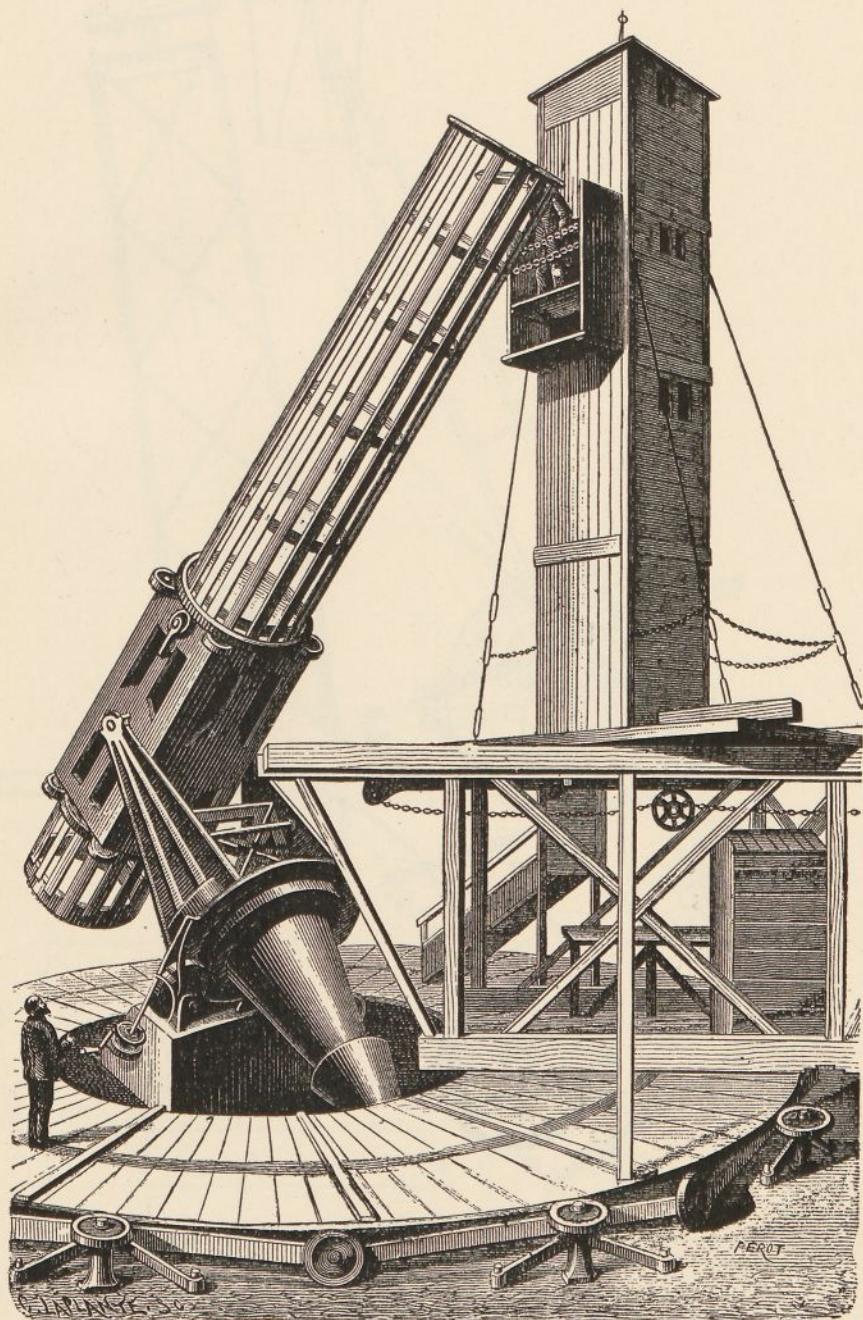


Fig. 164

Lassell's 4^f-Reflector, 1861, ca. 1/90 n. Gr.,

nach André und Rayet, L'astronomie pratique 1, 1874.

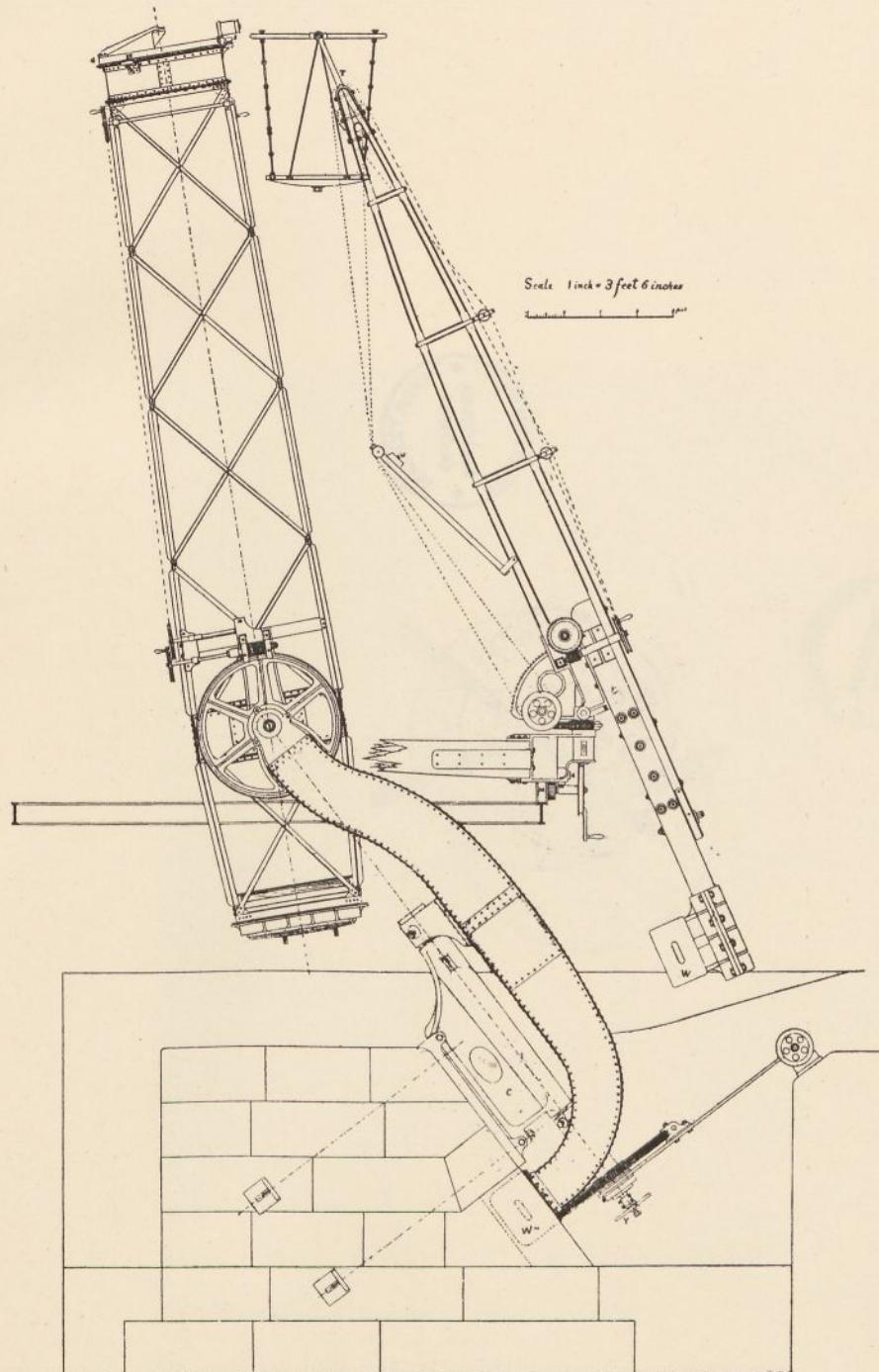
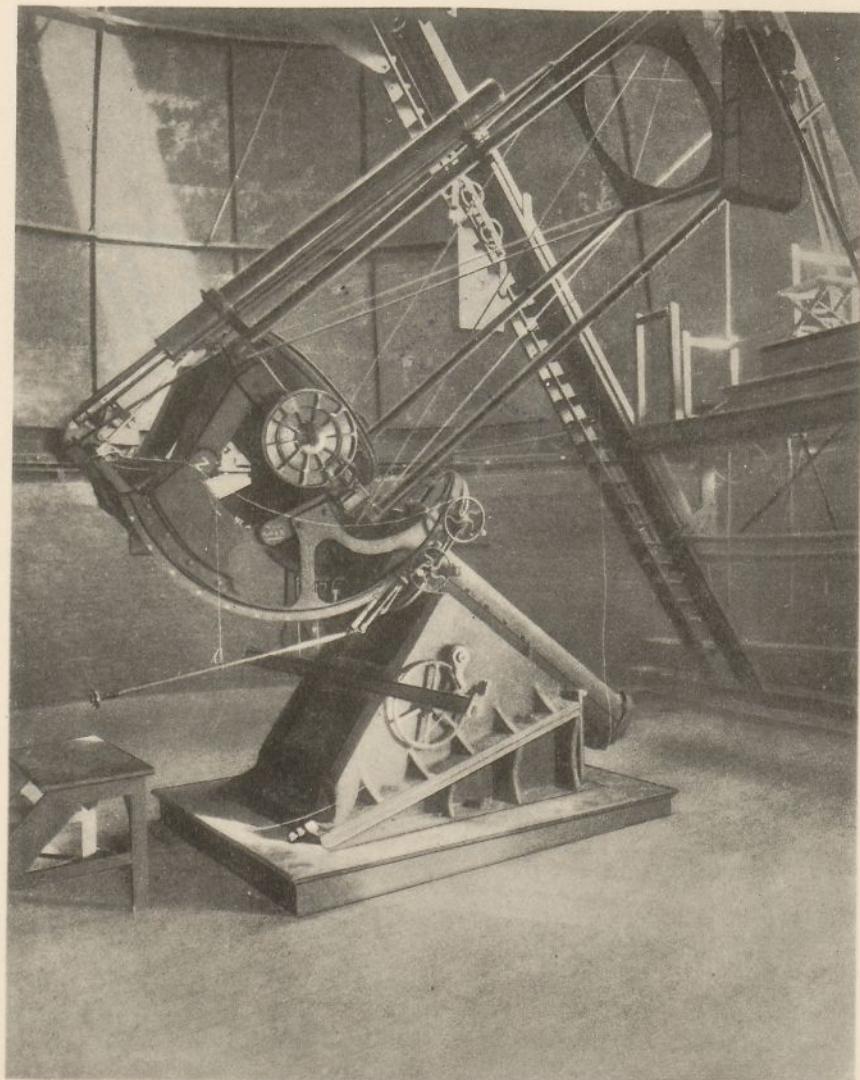


Fig. 165

3^f-Reflector des Earl of Rosse, Birr Castle, 1874,

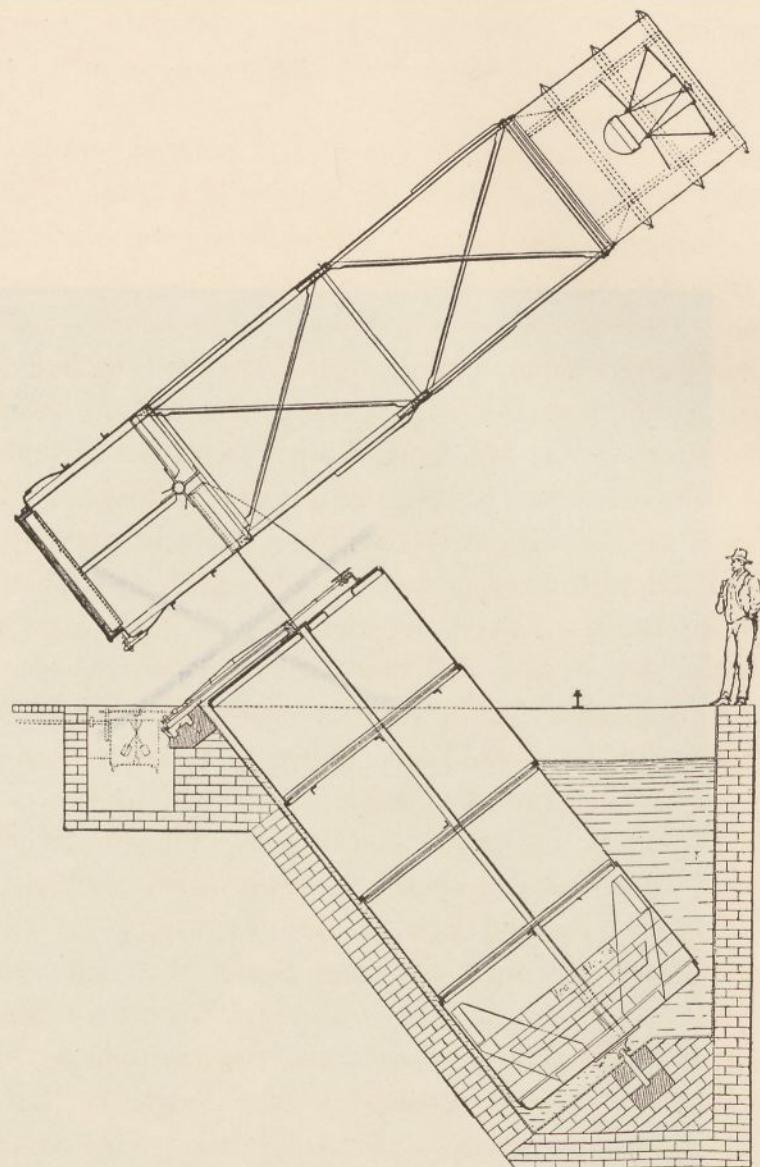
nach Phil. Trans. 1880, 1.

Fig. 166



Crossley-Reflector, 3° Oeffnung, Lick-Observatory,
gebaut 1879 von Common, geschenkt 1895 von Crossley,
nach Lick-Publications 8.

Fig. 167



A. A. Common's 5-füßiges Equatoreal Reflecting Telescope, 1891,

ca. 1/90 n. Gr.,

nach Mem. Royal Astron. Society 50, 1892.

mit einer Handscheibe nahe dem Ocular verbindet, ermöglicht die Einstellung beim Beobachten. — Die Uhrschraube wird durch ein Triebwerk mit Reibungs-Regulator bewegt; sie greift aber nicht in den Sector, sondern ist mit ihm durch ein straff gehaltenes Messingband verbunden, welches sich von dem glatten Sector-Umfang abwickelt. Diese Einrichtung scheint dem Clark'schen Refractor in Haddenham (Fig. 256) entnommen zu sein. — Für den Beobachter ist auf einer Rundbahn ein Krahm hergerichtet, an dem er in einem korbartigen Behälter Aufstellung nimmt; der Krahm kann fast von 0 bis 90° Höhe an einem Schneckenbogen verstellt werden und hat eine beträchtliche Positionsrotation.

Eine sehr eigenthümliche Aufstellung gab A. A. Common¹⁾ 1879 einem 3-füßigen versilberten Glasspiegel von G. Calver (M. N. 40, 57) [Fig. 166]. Das Fernrohr liegt inmitten der Declinationsachse und so hoch, daß der Spiegel oberhalb derselben bleibt. Er mußte daher, obgleich das Fernrohr nur aus vier schwachen Rohren besteht, ein sehr erhebliches Gegengewicht an der hinteren, durch einen Theilungsbogen beschränkten Seite angebracht werden, und die ganze von der Stundenachse zu tragende Last ist deshalb sehr groß. Um die Drehung zu erleichtern, ist die oben in einem Lager, unten auf einem festen, in den Achsenkörper tretenden Zapfen geführte Achse von einem dichten Hohlraum umschlossen, der mit Quecksilber ausgefüllt wurde. Dadurch sollte die Achse annähernd zum Schwimmen gebracht werden; es scheint aber dabei nicht genügend beachtet worden zu sein, daß wegen der hohen Lage der stark belasteten Declinationsachse auch der Schwerpunkt sehr hoch liegt, weit über dem oberen Lager, während der Anhub des Quecksilbers zwischen den beiden Lagern wirkt. Die Folge ist, daß der ohnehin stark beanspruchte untere Lagerzapfen noch mehr Druck bekommt und das obere Lager zu wenig entlastet wird, also eine große Achsenreibung bleibt. Das Instrument gelangte durch Kauf in den Besitz von Crossley²⁾ und dann durch Schenkung an die Lick-Sternwarte, wo der damalige Leiter, James Edward Keeler, es zu photographischen Aufnahmen verwandte (Publications Lick-Observatory, 8, 13 ff.). Es fand sich bei der Aufstellung auf Mount Hamilton, daß der untere Zapfen stark abgenutzt war, und Keeler that sehr wohl daran, statt Quecksilber, ein reichliches Quantum Oel in die Lagerbüchse zu geben. Es fanden sich auch sonst mancherlei Unzuträglichkeiten, unter andern eine starke Beschränkung der Bewegung in Declination und plötzliche Versetzungen, die die Arbeit sehr erschweren. — Bei der Aufstellung eines größeren Spiegels (5° Durchmesser), die 1891 vollendet wurde, hat Common die Schwimmer-Construction dadurch verbessert, daß der Körper der Stundenachse verhältnismäßig größer gestaltet wurde. Damit ist nicht nur der Gesamtschwerpunkt des Instrumentes weiter heruntergerückt, sondern wurde auch Platz gewonnen für ein sehr schweres Gegengewicht im Innern des Schwimmers, durch welches dieser, in Wasser treibend, die richtige Lage einnimmt. (Memoirs of the R. Astron. Society 50, 113 ff.) [Fig. 167].

So anerkennenswerth diese mit großer Energie und Beharrlichkeit durchgeführten

¹⁾ Andrew Ainslie Common, Newcastle-on-Tyne 1841 — London 1903.

²⁾ Edward Crossley, Halifax 1841—1905.

Liebhaber-Unternehmungen sind, so erfreulich war es anderseits, daß zugleich neue Werkstätten entstanden, in denen man durch sachkundige Benutzung wiederholter Erfahrungen zu vollkommeneren Constructionen größerer Instrumente gelangte.

12. Cooke.

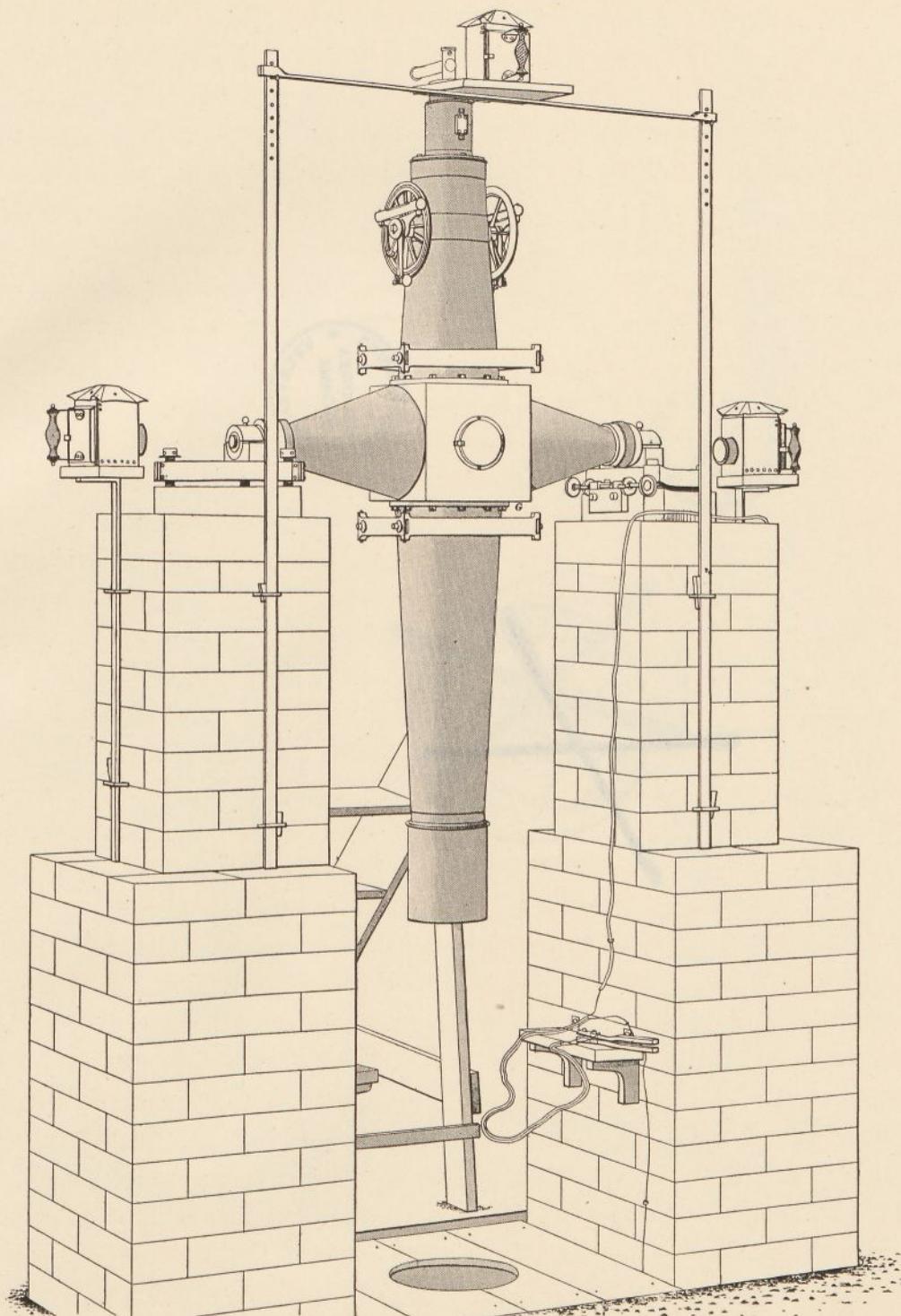
In erster Linie ist Thomas Cooke¹⁾ zu nennen. Auch er war freilich sein eigener Lehrmeister. Er stammte aus unbemittelte Familie und hatte durch eigne Hülfe die Stellung eines Lehrers in York erlangt, daneben aber, seinem Hange folgend, sich mathematische Kenntnisse und mechanische Handfertigkeit erworben. Um 1840 übernahm er zögernd den Auftrag eines Liebhabers der Astronomie, William Gray, zur Herstellung eines achromatischen Fernrohres von $4\frac{1}{2}$ ⁱ Oeffnung mit parallaktischer Aufstellung; 1851 folgte eines von 7ⁱ Oeffnung, und 1855 hatte er nicht nur eine Werkstatt mit 5—6 Gehülfen in York, sondern konnte auch in demselben Jahre mehrere Fernrohre auf die Ausstellung in Paris bringen (M. N. 29, 130 ff.; Cooke's Katalog 1871, 2). Um 1863 baute sich Cooke eine Kreis-Theilmaschine, um auch Meßinstrumente herstellen zu können, und er scheint der Erste gewesen zu sein, der (auf Anregung von Strange²⁾) die Bezifferung der Theilkreise mit Hülfe eines Schreib-Apparates herstellte, vermutlich dem einige Jahre später unabhängig in Deutschland eingeführten ähnlich, weil beiderseits der einfachste Weg gesucht wurde (vorn S. 22). — Als erste Meridian-Instrumente von Bedeutung aus Cooke's Werkstatt (1864—65) werden genannt (M. N. 25, 178 ff; 29, 134) zwei tragbare, aber je auf zwei hohen Steinpfeilern aufzustellende Durchgangs-Instrumente von 5° Brennweite, 5ⁱ Oeffnung, deren Einrichtung für Längendifferenz-Bestimmungen bei den indischen Vermessungen mit Strange verabredet wurde [Fig. 168]. Zur Vermeidung jeder Spannung sollten die den Achsenzapfen halbrund angepaßten Lagerkörper unten halbkugelig geformt sein und in entsprechenden Höhlungen der auf den Pfeilern ruhenden Grundplatten liegen; man hielt »any form but that adopted in Greenwich« für unzulässig (M. N. 25, 179), fand die Einrichtung später aber doch unbrauchbar und ersetzte sie 1885 durch winkelige Lager (Survey of India 15, 5). Man wollte sich auch Anfangs nicht mit einem an den Achsenzapfen hängenden Niveau begnügen, sondern, um etwaige Biegungen in Achse und Fernrohr zu berücksichtigen, vier auf Cylindern am Cubus hängende Niveaux und noch je eines an den Enden des Fernrohres anbringen. Bei der Beschreibung in der Survey of India wird von Niveaux aber garnicht gesprochen; man scheint sie schließlich alle fortgelassen und nur den Quecksilber-Horizont benutzt zu haben, der schon vorgesehen war. Daneben wurden zwei Collimatoren verwandt. — Eine Umlege-Vorrichtung ist nicht angegeben. — Die Zapfen liegen mit vollem Druck in den Lagern, obgleich diese nicht mehr halbrund sind.

Cooke hatte schon im Jahre 1868 die Herstellung eines Refractors mit Einschluß

¹⁾ Thomas Cooke, Allerthorpe 1807 — York 1868.

²⁾ Thomas Strange, Westminster 1818 — London 1876, Oberst.

Fig. 168



5^e-Durchgangs-Instrument (Transit-Telescope) nach Strange, 1865,
nach Survey of India, 10.

Fig. 169

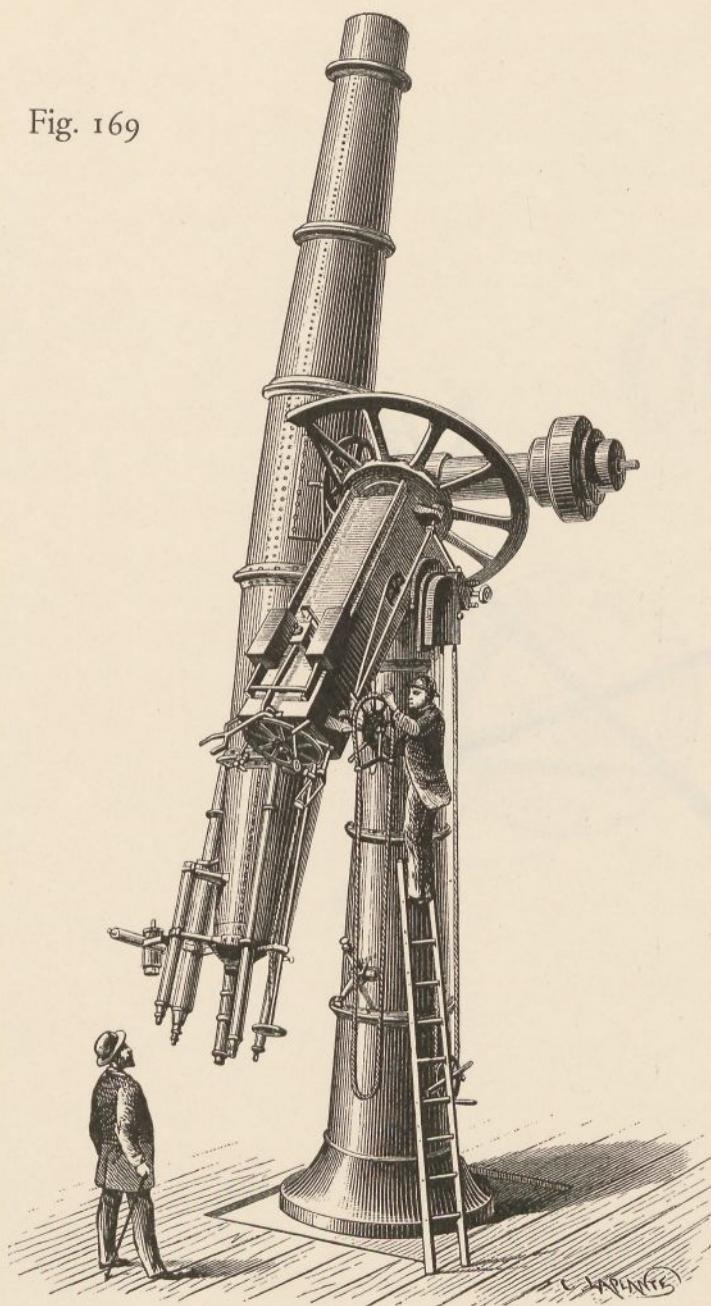
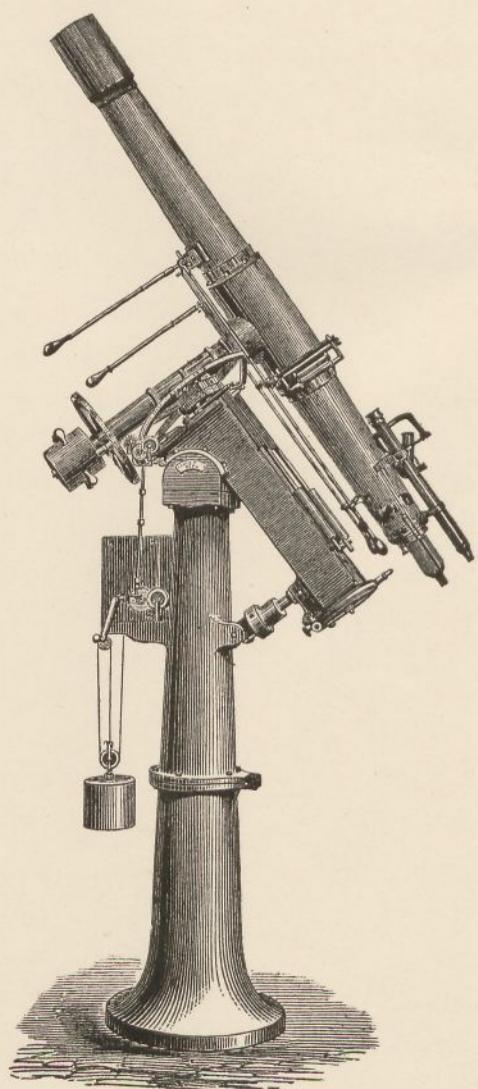


Fig. 170



29°-Refractor, Newall 1871,

nach André und Rayet *L'astronomie pratique* 1.

ca. 12°-Fixed Equatorial Telescope,

nach Katalog von 1871.

des Objectivs von 25^i Oeffnung, 29^e Brennweite für Newall¹⁾ in Gateshead übernommen; es war dies damals das größte bestehende dioptrische Fernrohr [Fig. 169]. Cooke erlebte die Vollendung seines Werkes nicht; es wurde 1871 von seinen Söhnen beendigt, die schon einige Jahre mit ihm gearbeitet hatten: Thomas, der die optischen, und Frederick, der die mechanischen Arbeiten leitete (M. N. 28, 95; 30, 112). Die Aufstellung ist von deutscher Form, das Stahlblech-Fernrohr ist »cigarrenförmig« und enthält eine Barlow²⁾-Linse: einen mit Flüssigkeit gefüllten Glas-Hohlkörper als Ersatz der Flintlinse (A. N. 6, 141 ff.), der in der optischen Achse verschiebbar ist und dadurch die Einstellung des Brennpunktes in die (ohne Auszug) feststehende Fadenebene bewirkt. — Das Gewicht des Fernrohres wird durch einen inneren, in der Declinationsachse über ihrem großen Lager aufruhenden Hebel annähernd aufgehoben. — Der Declinationskreis ist an der Fernrohrseite der Lagerbüchse befestigt und wird vom Ocular her durch zwei lange, am Fernrohr gehaltene Mikroskope abgelesen. Diese zweckmäßige Einrichtung scheint hier zum ersten Male vorzukommen, und es ist auffällig, daß sie nicht früher aufgenommen wurde, da sie im Wesentlichen schon von Grienberger (I, 32) gegeben war; auch er hatte die Indices am Fernrohr befestigt. Der Stundenwinkel kann mit Hülfe eines Seilrades vom Fußboden aus grob eingestellt werden; Ablesung durch zwei Mikrometer-Mikroskope von unten ist vorgesehen. — Die Beleuchtung des Feldes, der Fäden und der Kreise geschieht durch Geißler'sche Röhren. — Die Uhrschraube wird durch ein an der Säule angebrachtes Uhrwerk mit einem schweren, gerade schwingenden $\frac{1}{2}$ -Pendel als Regulator bewegt, ähnlich wie bei Gambey's Aequatoreal (Fig. 219). Bei jeder Schwingung fangen sich die Zähne eines Rades an dem Pendel, und um ein ruckweises Vorgehen der Schraube zu verhindern, wurde ein Windflügel eingefügt. Die Länge des Pendels kann vom Beobachter durch Schnurzug verändert werden (nach Hooke ? I, 67); früher hatte Cooke einen etwas veränderten Liebherr'schen Regulator verwandt (M. N. 28, 211). — Die Uhrschraube geht nicht in einem vollen, sondern in einem angeschnittenen Kreise, welcher, nach der Abbildung geschätzt, das Fernrohr leicht behindern kann. — Newall schenkte das Instrument kurz vor seinem Tode der Universität Cambridge.

Im Jahre 1871 erschien die fünfte Ausgabe des Cooke'schen Katalogs, jetzt unter der Firma T. Cooke & Sons; er enthält: 1. Fixed Equatorials (Refractoren deutscher Form) bis 10^i Oeffnung, 12^e Brennweite und darüber, mit Verniers-Ablesung der Kreise, Positions-Mikrometer und feinem Niveau, das auf einem parallel zur Declinationsachse am Fernrohr-Mittelstück befestigten Cylinder hängt: »enabling transits to be taken« [Fig. 170]; 2. Portable Equatorial Mountings, bis $5\frac{1}{2}^i$ Oeffnung, mit veränderlicher Polhöhe; 3. Transit Instruments bis 3^i Oeffnung auf eisernem Stativ, »larger or special Instruments on »application«; Theodolites nach Everest, nautische Instrumente, Uhren etc.

Ueber einen späteren, um 1879 ausgeführten Cooke'schen Refractor mit Objectiv (Merz) von $6,5^m$ Brennweite liegt folgende Beschreibung vor (Merlin, Description de l'Equatoréal de $0,38^m$ de T. Cooke & Sons, Bruxelles 1906) [Fig. 171]: Die Rohrform

¹⁾ Robert Stirling Newall, Dundee 1812—1889.

²⁾ Peter Barlow, Norwich 1776 — Woolwich 1862.

ist die frühere, doch trägt das Objectiv-Ende eine Thaukappe mit Klappenverschluß, und etwa in der Mitte der Länge befindet sich eine Irisblende, deren Oeffnung an einer Theilscheibe abgelesen werden kann. — Das Ocular-Mikrometer [Fig. 172] (im Wesentlichen nach Troughton) hat zwei einander gegenüberstehende Mikrometer-Schrauben, beide mit getheilten Köpfen. Das Ocular hat außer der Längenbewegung durch Trieb auch einen Querschlitten. Ein besonderer Positionskreis ist nicht vorgesehen, da der ganze Kopf, in welchem der Auszug geht, Positions-Bewegung und -Ablesung hat; die Drehung kann aus freier Hand oder mit Hülfe eines Triebes bewirkt werden. — Der Lagerdruck der Declinations-Achse wird durch zwei neben der Büchse in Kugelgelenken bewegliche Hebel mit vier Rollen aufgehoben; in der Längenrichtung wirken die Rollen eines Gegengewichts-Hebels zwischen zwei von der Achse vorspringenden Flanschen, um den Druck gegen die festen Anschläge zu verringern. — Der Declinationskreis wird nach einem Vernier durch ein kleines Fernrohr vom Ocular her abgelesen. — Die Declinations-Feinstellung geschieht an einem Klemmarm mit tangentialer Anzugschraube, gegen dessen Ende vom Fernrohr her eine Schraube wirkt; diese Schraube liegt in festen Drehungslagern, während ihre Mutter durch zwei Zugstücke, welche zugleich die Drehung der Mutter verhindern sollen, mit dem Arm verbunden ist [Fig. 173]; ein todter Gang wird dabei kaum zu vermeiden sein. Die Schraube kann durch Winkelräder vom Ocular her bewegt werden, ebenso die Klemmschraube. — Die Stundenachse ruht, mit Stellungen für Polhöhe und Azimuth, auf einer am Pfeiler befestigten Grundplatte, die unten zugleich das Widerlager der Achse bildet; oben liegt sie in einem cylindrischen Lager und wird durch zwei rechtwinkelig gegenlaufende Rollen an Gegengewichts-Hebeln aufgehoben. Eine die Grundplatte der ganzen Länge nach durchlaufende Welle, unten mit einem Handrad, oben mit einem Trieb versehen, dient zur groben Einstellung im Stundenwinkel an einem mit der Stundenachse verbundenen Zahnrad. — Der Stundenkreis sitzt am unteren Ende der Achse und wird an zwei Verniers abgelesen. Die Fortführung in täglicher Bewegung giebt ein frei um die Stundenachse drehbarer voller Uhrkreis mit einem Klemmarm, durch den er (ohne Feinstellung) mit der Declinationsbüchse verbunden werden kann; der Kopf der Klemmschraube steht unter der Declinationsbüchse nahe dem Fernrohr. Eine Feinstellung im Stundenwinkel ist dadurch erreicht worden, daß das Lager der Uhrschraube sich auf seiner Grundplatte tangential zur Achse durch eine Schraube verschieben läßt¹⁾ [Fig. 174]. Diese Schraube trägt an jedem Ende eine Schnurscheibe, und die Schnüre werden durch Gleitringe so geführt, daß man in günstigen Lagen des Instruments die Schraube durch Zug hin und her bewegen kann. — Das Uhrwerk wird regulirt durch einen doppelten Windflügel, dessen Gang durch Schnurzug vom Ocular her verändert werden kann. — Die Beleuchtung besorgen drei elektrische Glühlampen, eine für den Declinationskreis, die zweite für den Stundenkreis und die dritte, seitlich am Ende des Fernrohres, für Feld und Fäden (in ähnlicher Weise, wie bei den deutschen Aufstellungen mit Petroleumlampen, vorn Fig. 52), und für den Posi-

¹⁾ Eine ähnliche Einrichtung fanden wir, für Declinations-Feinstellung, an des Earl of Rosse 3-füßigem Reflector von 1874 (vorn Fig. 165), und findet sich schon an Clark's Refractor für Dawes von 1858 (Fig. 256).



Fig. 171

6,5^m-Refractor, Brüssel 1879,

nach E. Merlin, Description de l'Equatorial de T. Cooke & Sons, Bruxelles 1906.

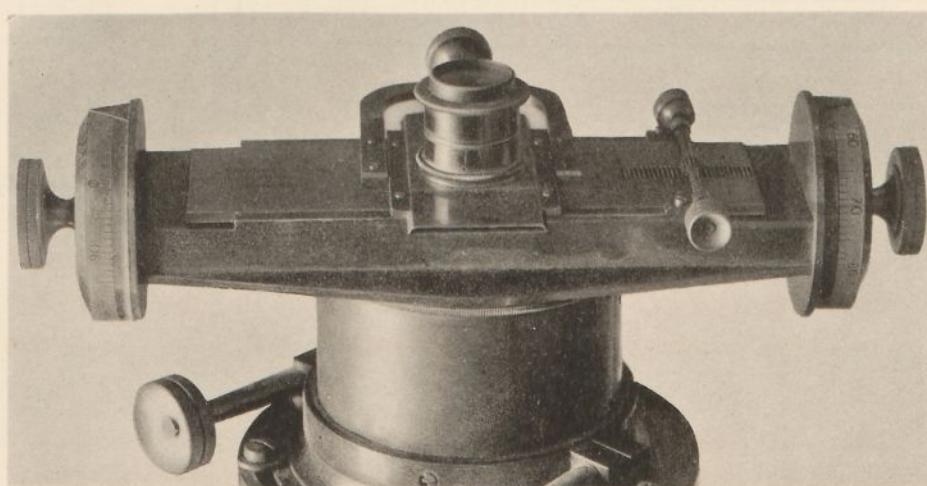
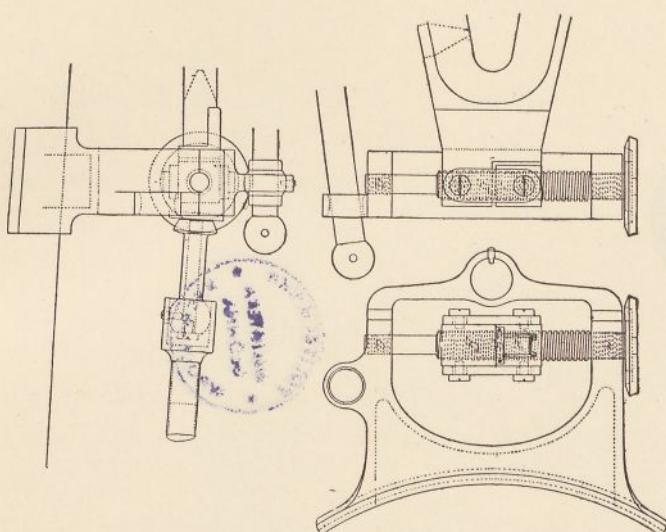


Fig. 172

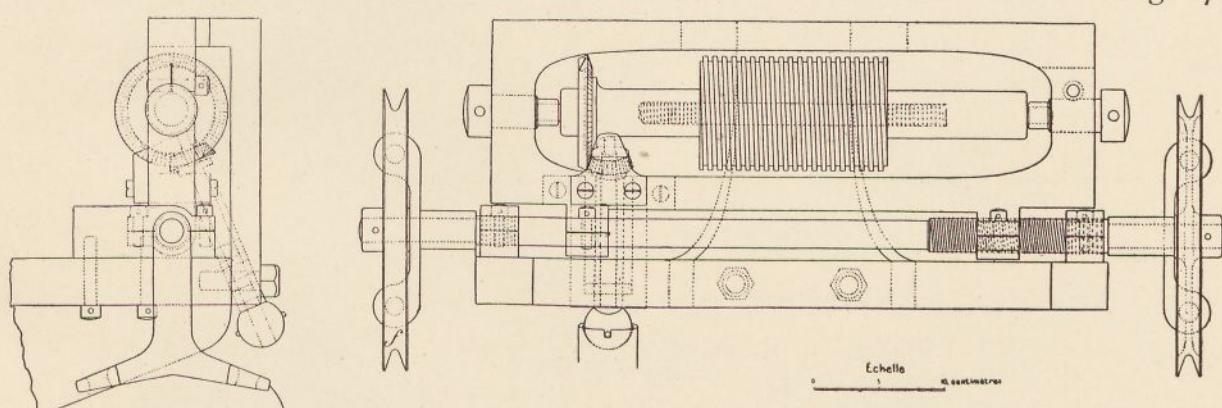
Positions-Mikrometer.

Fig. 173



Declinations-Feinstellung,

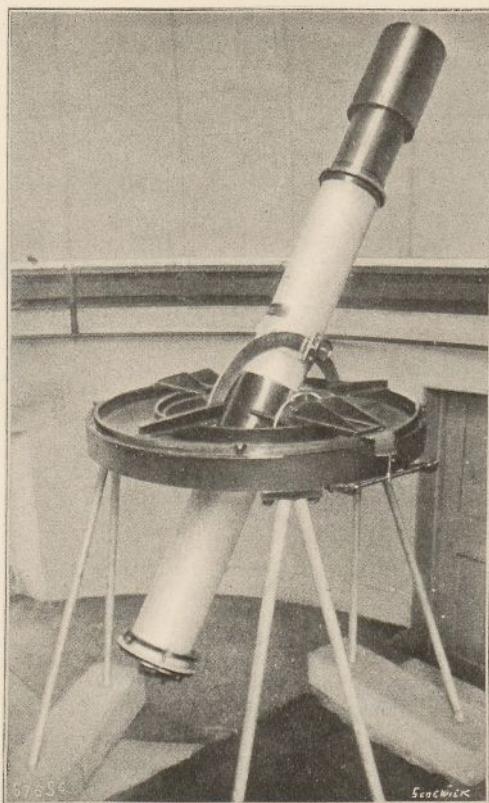
Fig. 174

Feinstellung im Stundenwinkel an Cooke's 6,5^m-Refractor,

nach Merlin, Description de l'Equatoréal de Cooke, Bruxelles 1906.

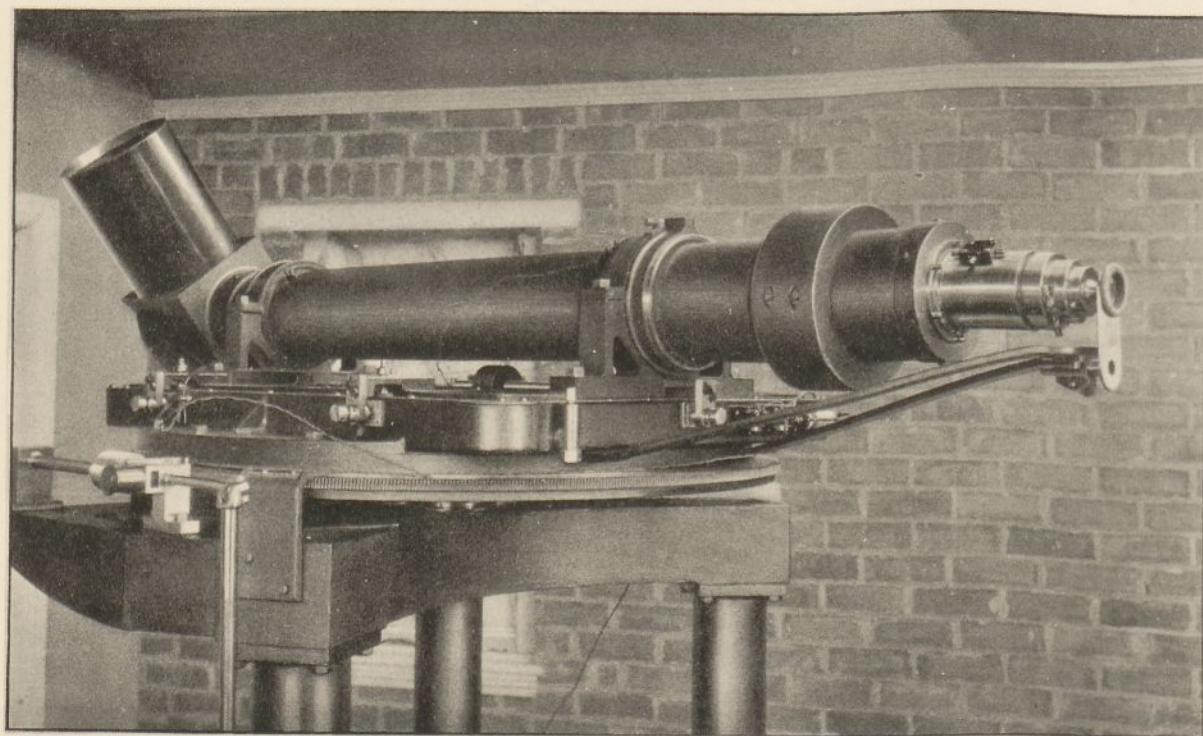
zu S. 101 T. COOKE & SONS, SAMPSON, COOKSON, H. DARWIN.

Fig. 176



Cookson's Floating photographic Zenith-Telescope, 1900, nach M. N. 61.

Fig. 175



Sampson's Almucantar, gegen 1900, nach M. N. 60.

tionskreis. — Das den Pfeiler umgebende Gitter scheint die Beweglichkeit des Instruments wesentlich zu beschränken.

Gegen 1900 bauten Cooke & Sons für P. A. Sampson, Durham, ein »Almucantar« (M. N. 60, 572 ff.), ein für Durchgangs-Beobachtungen an einem dem Horizont parallelen Kreise (einem Almucantar) geeignetes Instrument, und zwar, wenngleich andere Constructionen nicht ausgeschlossen waren, in der von Chandler schon 1887 angewandten schwimmenden Form (hinten Fig. 282), von der man automatische Orientirung zum Horizont erwartete. Sampson hatte auf Chandler's Vorschlag das Fernrohr in die Drehungs-Achse gelegt und vor dem Objectiv (6ⁱ) nach Steinheil einen mit dem Rohr fest verbundenen Spiegel angeordnet [Fig. 175]. Das Rohr wird in zwei Lagern mit Klemmung und Feinstellung getragen von einer rechtwinkeligen Gußeisen-Platte, die sich in einem hohlen, ähnlich geformten, aber ringsum 18^{mm} weiteren Gefäß auf Quecksilber schwimmend an sechs Agatplatten leicht führt und mit diesem im Azimuth gedreht werden kann. — Sampson sucht nachzuweisen, daß sein Instrument den älteren Meridian-Instrumenten für Durchgangs-Beobachtungen ebenbürtig ist, während der Declinationsfehler »would be less from 20° to 50°, and »above that somewhat greater« (a. a. O. 579).

Theilweise unter Cooke's Beihilfe ließ bald darauf Bryan Cookson ein Instrument ähnlicher Art von der Cambridge Scientific Instrument Company unter Horace Darwin bauen [Fig. 176] (M. N. 61, 315 ff.). Das gerade Fernrohr von 6^{1/2} Oeffnung liegt wie ein Durchgangs-Instrument in Lagern auf einem ringförmigen Schwimmer mit einem aufragenden Bogen zur Klemmung; es tritt nach unten mit dem Ocular durch den Ring und den ebenfalls rund durchbrochenen Quecksilber-Behälter, in welchem der Ring an einem Draht-Polygon mit geringem Spielraum geführt wird; Anschläge können beliebig angebracht werden. Die Durchgänge werden photographisch aufgenommen als eine Lichtlinie mit Unterbrechungen durch die Schatten einiger im Felde angebrachten Drähte. — Die Beobachtungen ergaben einen nicht erklärten systematischen Unterschied zwischen den Lagen Kreis-Ost und -West (a. a. O. 334).

13. Grubb.

Die Grubb'sche Werkstatt in Dublin scheint, obgleich schon um 1837 entstanden, erst nach 1860 mit der Herstellung astronomischer Instrumente begonnen zu haben. Sie wurde von Thomas Grubb¹⁾ gegründet, 1876 von ihm neu eingerichtet und nach seinem Tode von seinem Sohn Howard²⁾ fortgeführt. Vor 1876 waren schon Refractoren und Reflectoren für Huggins, Lindsay, die Sternwarten Oxford, Melbourne, Dunsink u. a. ausgeführt worden, und Grubb hatte dabei vorzugsweise die deutsche Form parallaktischer Aufstellungen benutzt, weil bei der englischen Form der Träger des oberen Stundenachsen-Lagers den Beobachtungen hinderlich gewesen wäre (Engineering 1881,

¹⁾ Thomas Grubb, Dublin 1801 — 1878.

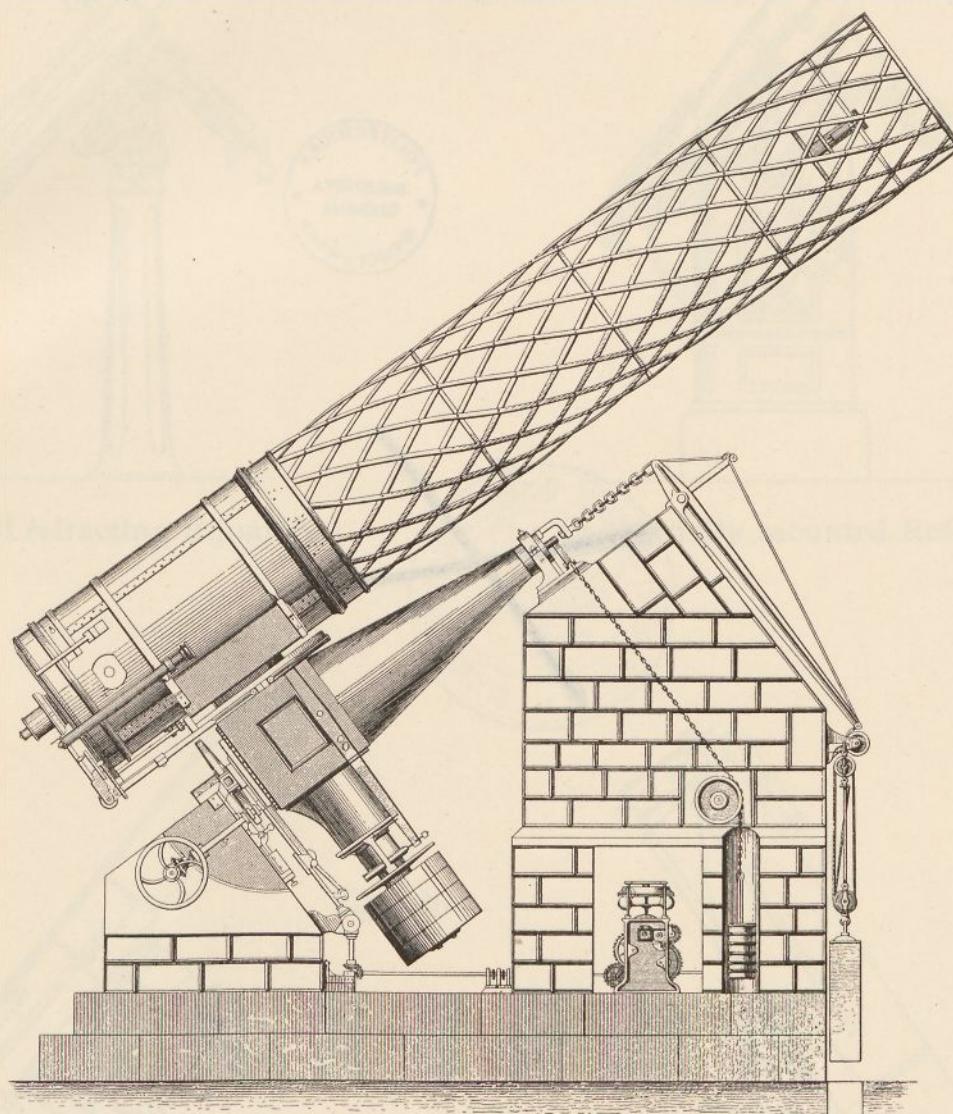
²⁾ Howard Grubb, geb. Dublin 1844.

Description of the great Telescope of Vienna, 2). — Der durch seine Größe hervorragende Reflector für Melbourne von 1868 [Fig. 177], von 4° Spiegel-Durchmesser, wurde aber nach Sisson aufgestellt, doch in viel schwererer Ausführung. Die Cassegrain-Form des in seinem unteren Theile aus Eisenblech, im oberen aus gitterförmig gegen einander verwundenen Eisenbändern bestehenden Fernrohres machte es zweckmäßig, die Declinationsachse nahe an das untere Ende der Stundenachse zu legen. — Der Lagerdruck der Stundenachse wird durch Gegengewichtsrollen aufgehoben, der Längenschub durch den Zug einer besonders gearbeiteten Kette mit sehr geringem Torsions-Widerstand. Auch die Declinationsachse wird angehoben: in der Richtung der Stundenachse durch zwei an der Declinationsbüchse gehaltene Federstangen, die außerhalb der Lager je zwei Rollen unter die Achse drücken, in der Ebene des Aequators aber durch einen die Achse mit sechs Rollen angreifenden Hebel, der mit seinem unteren Ende in die Stundenachse paßt, sie nach oben frei durchreicht und oberhalb derselben den in der Aequatorebene wirkenden Druck eines Gegengewichtshebels aufnimmt; zwei der sechs Rollen laufen zwischen zwei Flanschen der Achse, vier auf derselben, so daß sich der Druck je nach der Lage auf sie vertheilt. — Das im Pfeiler aufgestellte Uhrwerk hat einen Reibungs-Regulator. Die Uhrschraube geht in einem an der Stundenachse geführten Sector, der mit einer darüber liegenden radial aufgeschnittenen Klemme durch eine Stellschraube verbunden ist; lange Schlüssel vermitteln die Feinstellung. — Um den großen Metallspiegel möglichst spannungsfrei zu halten, läßt Grubb ihn auf 48 über die Rückfläche vertheilten Punkten ruhen, über die ein Hebelelement den Druck gleichmäßig vertheilt. Seitlich wird der Spiegel durch einen etwas locker übergepaßten Ring von winkelförmigem Querschnitt gehalten, der seinerseits mit wenig Spielraum über einen cylindrischen Winkelvorsprung der Fassung greift, so daß keinerlei seitliche Spannung die freie Widerlage der Rückseite beeinträchtigen kann. Der kleine Spiegel wird von einem einzelnen Arm getragen. — Das Teleskop ist mit einem Positions-Mikrometer versehen, das durch ein Trieb gedreht wird. Die Anordnung der Mikrometerschrauben ist nach Troughton. Die Fadenbeleuchtung geschieht durch eine am Rohr hängende Lampe (Ph. Tr. 1868, 127 ff.).

Grubb's erster Katalog (von 1877) zeigt Skizzen verschiedener parallaktischer Aufstellungen, die kleineren auf gußeisernen Säulen mit Köpfen in Form liegender Cylinder, auf denen die Stundenachse in Polhöhe zu verändern ist [Fig. 178]; die größeren meist auf vierseitigen gußeisernen Pfeilern mit parallel zum Aequator liegender Oberfläche, auf welcher die Stundenbüchse stehend aufgebaut ist [Fig. 179, 180]. Die Reflectoren nach Newton sind von besonders niedriger Form [Fig. 181]. — Klemmung und Feinstellung geschieht in Declination durch Schlüssel neben dem Fernrohr, im Stundenwinkel durch Schnüre, die durch Räderübertragungen auf die Uhrschraube wirken. — Das Uhrwerk steht im oder am Pfeiler. — Als in den letzten Jahren angenommene Verbesserungen in den Aufstellungen (die aber nur zum Theil neu waren) werden von Grubb in diesem Katalog genannt: 1. Ersetzung der Tangentialklemmen durch Radialklemmen, um eine schnellere Wirkung zu erreichen¹⁾; 2. eine neue Stunden-Fein-

¹⁾ Das ist auffällig, weil gut gepaßte Tangentialklemmen mit nicht zu feinen Schrauben genügend schnell

Fig. 177

4^o-Reflector, Melbourne 1868, ca. 1/60 n. Gr.,

nach Phil. Trans. 1868.

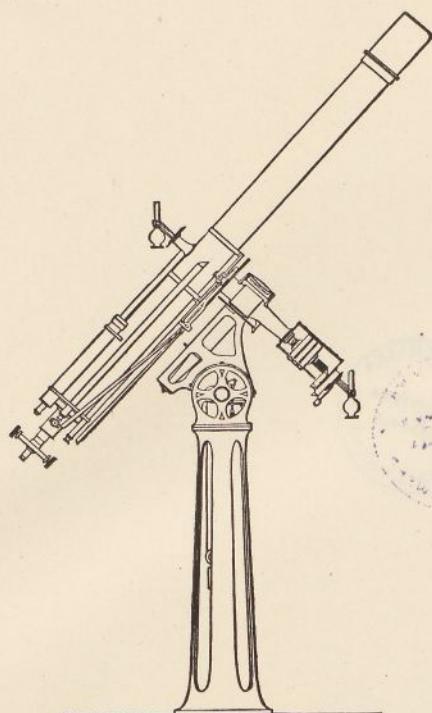


Fig. 178

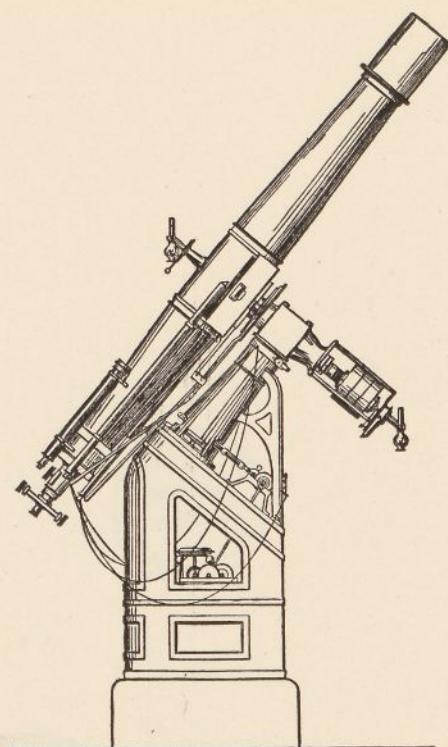


Fig. 179

Small refracting Equatorial,

Equatorially mounted Refractor,

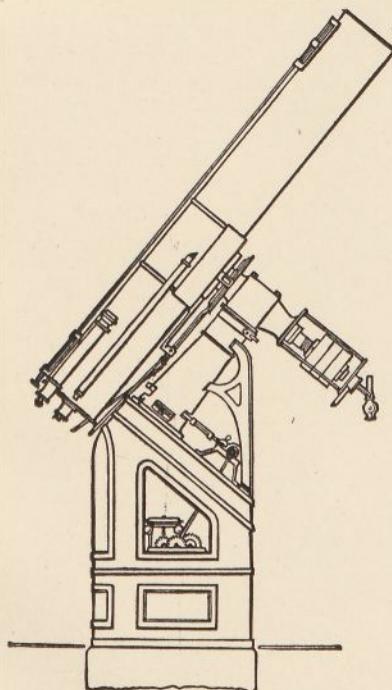


Fig. 180

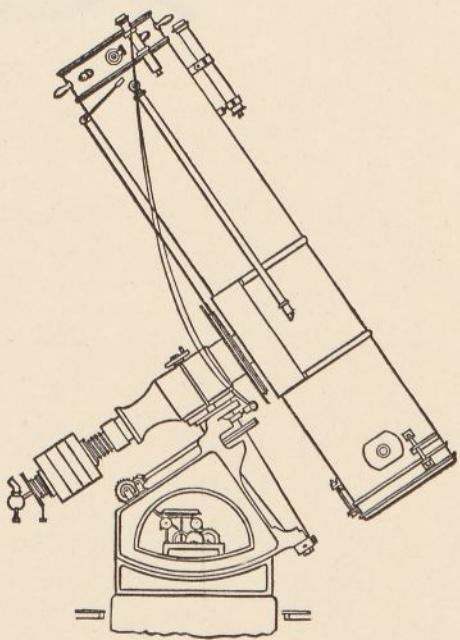


Fig. 181

Cassegrain Reflector,

Newtonian Reflector,

nach Katalog von 1877.

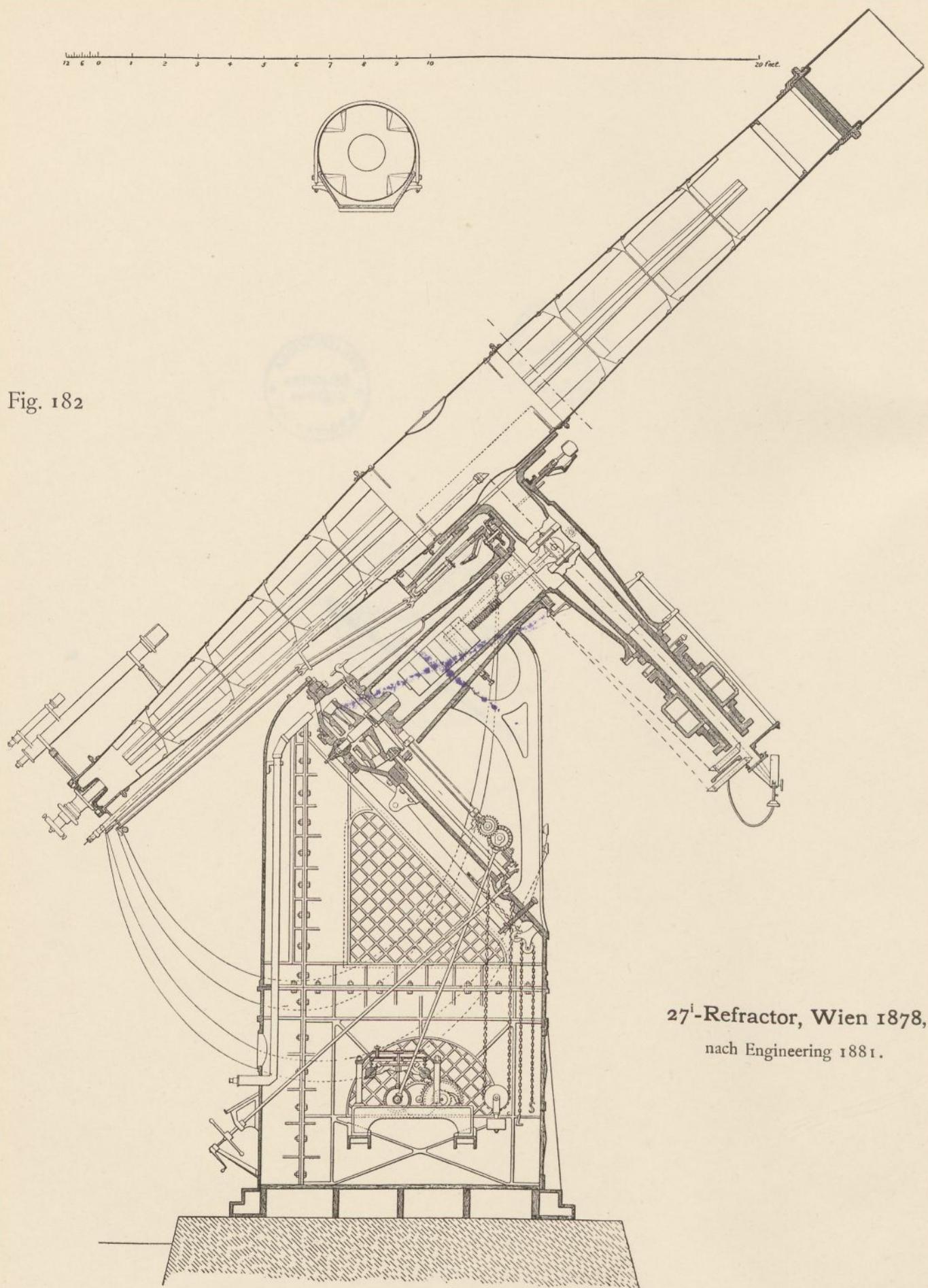


Fig. 182

27ⁱ-Refractor, Wien 1878,
nach Engineering 1881.

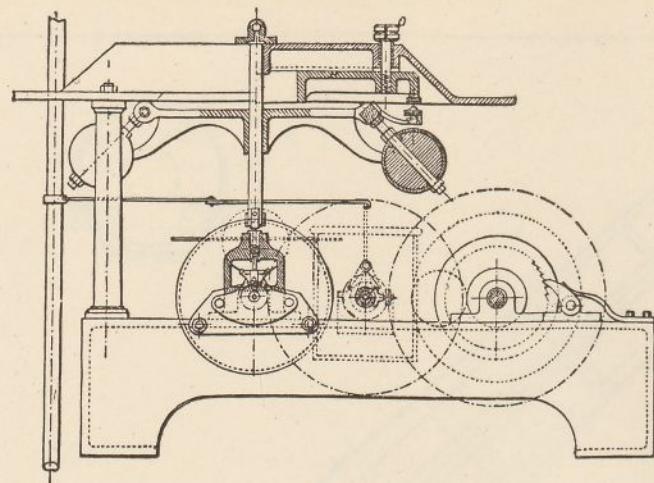
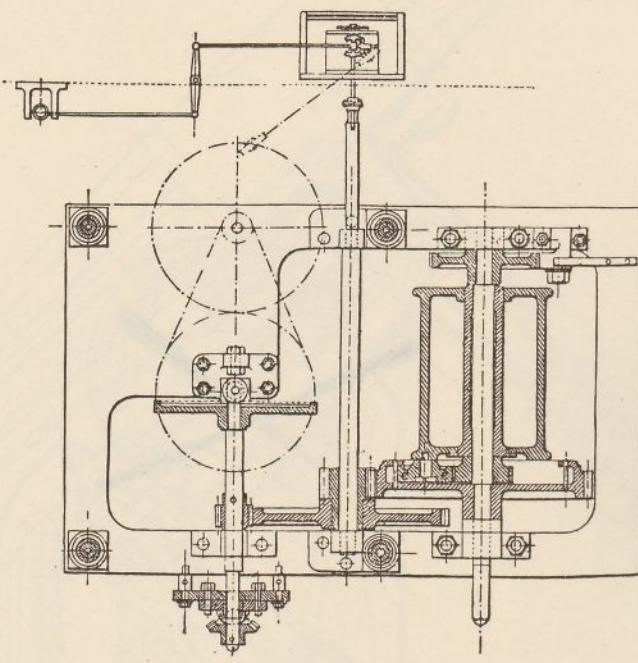


Fig. 183

zum Refractor in Wien,
nach Engineering, 1881.



Uhrwerk

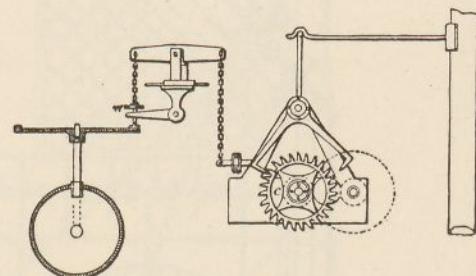
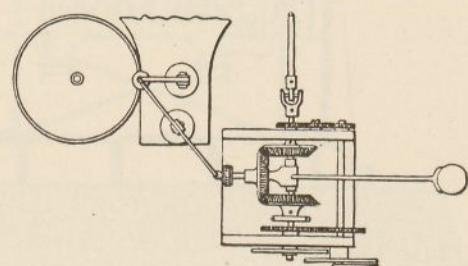


Fig. 184

Elektrische Ausgleichung



stellung durch Differentialräder in der vom Uhrwerk zur Schraube führenden Uebertragung; 3. eine Positionsrehung des ganzen Ocularkopfes (für spectroskopische Arbeiten) mit grober und feiner Bewegung und mit Ablesung an einem von rückwärts beleuchteten Glaskreise; 4. Ablesung in Stundenwinkel und Declination vom Ocular her, durch ein Rohr, welches durch Drehung um seine Achse die eine oder andere Theilung sichtbar macht; 5. Beleuchtungen durch an Compaßgelenken hängende Lampen (wohl nicht zu umgehen, solange nicht elektrisch beleuchtet wurde); 6. Feldbeleuchtung durch einen in der optischen Achse angebrachten, aber leicht zurückzuziehenden Spiegel und 7. elektrisch controllirtes Uhrwerk, dessen Beschreibung in Aussicht gestellt wird. — Der Katalog enthält neben optischen Apparaten auch Chronographen mit Cylindern und, ohne Näheres, »Transit-Instruments« und verschiedene Mikrometer.

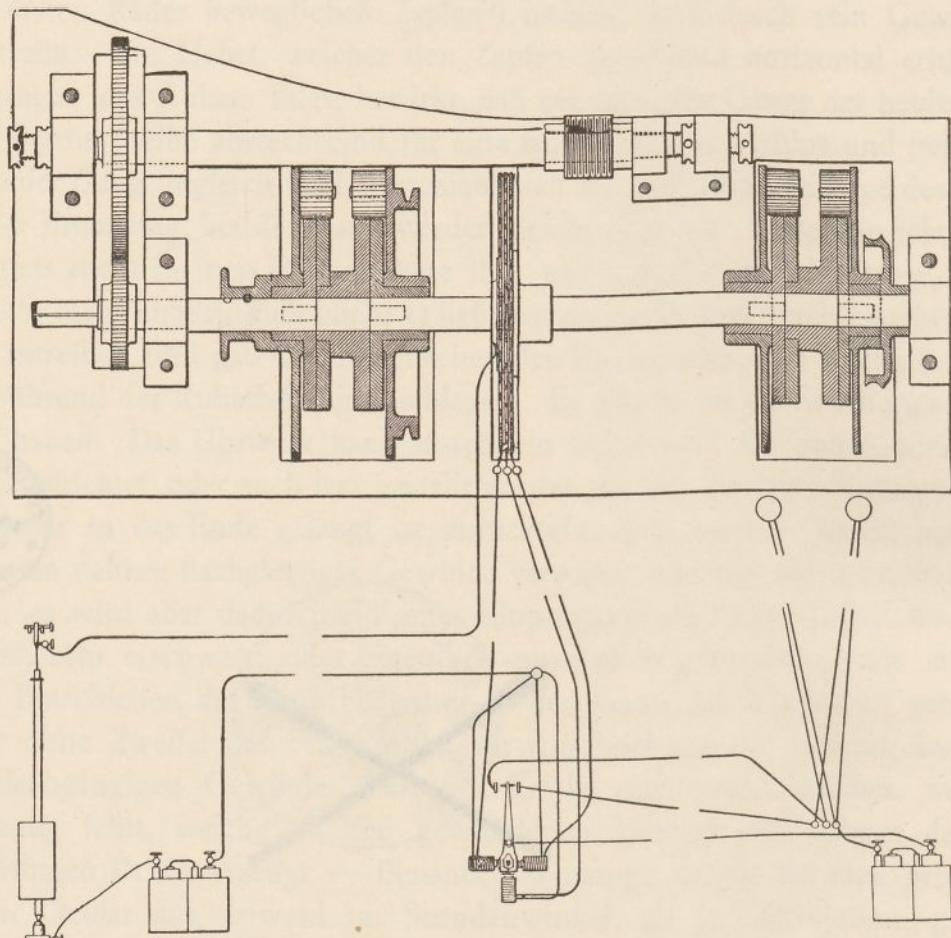
Ueber den 1875 bestellten, in Folge verspäteter Lieferung der Glasscheiben für das Objectiv erst 1880 vollendeten Refractor von 27^i Oeffnung für Wien werden im »Engineering«, 1881, ausführliche Mittheilungen gemacht [Fig. 182]. Die beiden großen Achsen sind von Gußeisen und gehen in Kanonenmetall-Lagern; es ist anzunehmen, daß dies für alle größeren Aufstellungen gilt und eingeführt worden ist, um ohne zu große Kosten die Achsen hohl und von starkem Durchmesser machen zu können. Stahl wäre natürlich vorzuziehen gewesen. — Die Stundenachse führt sich oben in zwei je 45° gegen die Meridian-Ebene geneigten Lagerflächen, denen aber fast der ganze Druck durch einen von zwei Gegengewichts-Hebeln getragenen Rollenring abgenommen wird; unten geht sie mit einem fest eingesetzten Stahlzapfen in einem Metall-Lager, und die harte Endfläche stützt sich auf eine ebenfalls harte Stahlplatte, die entlastet wird durch einen von zwei gespannten Hebeln aufwärts gedrückten Rollenring. Das untere Ende der Achse trägt ein Zahnrad für die Einstellung im Stundenwinkel, gleich darüber den Stundenkreis und, am weiteren hohlen Theil, den Sector für Uhrbewegung, der durch eine radiale Schraube geklemmt werden kann. Eine Feinstellung giebt es nicht hier, sondern bei der Uhrschraube, durch Differential-Räder und Schnurzug. Auch die Klemmung vom Ocular her muß durch eine Schnur bewirkt werden. — Das Gewicht der Declinationsachse wird in ähnlicher Weise aufgehoben, wie in Melbourne; doch hängt der Hebel des mittleren Rollenträgers mit seinem Gegen gewicht in der hohlen Stundenachse. Diese Vorrichtung soll bei allen Aufstellungen über 12^i Oeffnung angewandt werden (a. a. O. 8). — Die Declinations-Feinstellung geschieht durch eine am Fernrohr in einem Lagerbock gehaltene Schraube, deren Mutter durch ein Doppelgelenk mit dem Klemmarm verbunden ist; ein toter Gang in dem Gelenk scheint nicht ausgeschlossen zu sein. Ein Paar Winkelräder vermittelt die Bewegung der Schraube vom Ocular her. — Das Uhrwerk hat einen Reibungs-Regulator, der, bei abweichender Form, dem Liebherr'schen doch ähnlich eingerichtet ist. Die Gewichte geben aber die Reibung nicht selbst, sondern durch Arme mit Lederplatten [Fig. 183]; es wurde überdies eine elektrische Controll-Vorrichtung angebracht [Fig. 184]:

wirken und dabei den Vorzug haben, den Druck auf den ganzen Umfang des Cylinders, auf dem die Klemme sich dreht, zu vertheilen, also mit mäßigem Druck und ohne Verzerrung eine sehr große Reibungsfläche zu geben. Radialklemmen sind zweckmäßig, wo geringe Widerstände zu überwinden sind, z. B. bei Meridiankreisen, und wo daher mit schwachem Druck auszukommen ist.

im Wesentlichen zwei gleiche, einander gegenüberstehende und um die selbe horizontale Achse umlaufende Zahnräder, eins vom Uhrwerk angetrieben, das andere mit einem Steigrad versehen, dessen Anker durch ein Uhrpendel elektrisch bewegt wird; beide mit einander verbunden durch ein drittes Zahnrad, welches auf einem um die Achse der beiden ersten Räder beweglichen Zapfen¹⁾ umläuft und durch sein Gewicht das Steigrad antreibt. Ein Hebel, welcher den Zapfen annähernd horizontal erhält, aber den Bewegungen des Ankers folgt, bewirkt, daß bei gleichem Gange der beiden ersten Räder eine Bremsscheibe abwechselnd für eine halbe Secunde berührt und freigelassen wird. Sowie der Gang ungleich wird, verschiebt sich mit der mittleren Lage des Zapfens die Dauer der Bremsung, bis der Gang wieder gleichmäßig ist. Diese Einrichtung, die Grubb übrigens nicht für neu hält, genügte ihm nicht, weil sich bald zeigte, daß das Pendel der Uhr nicht unbeeinflußt blieb; er ließ deshalb das Pendel durch eine besondere, zweite Uhr antreiben und gab den Fangflächen des Hemmrades eine solche Form, daß die Zähne während der Ruhestellung anschlagen. Er glaubte so die Schwierigkeit überwunden zu haben. Das Uhrwerk kann durch ein Schaltwerk für Stern- oder Mond-Bewegung eingerichtet, oder auch leer gestellt werden, so daß man den Sector, wenn die Schraube nahezu an das Ende gelangt ist, zurückschrauben kann. — Grubb hat für die Uhrschraube ein nahezu flachgängiges Gewinde verwandt und hält ein spitzgängiges für weniger gut; es wird aber dadurch ein gutes Einpassen ohne todten Gang, das immer erwünscht ist, sehr erschwert, oder eigentlich unmöglich gemacht. Denn ein lange fortgesetztes Einschleifen der ohne Federung in den Gang des Uhrkreises gehaltenen Schraube ist ohne Zweifel das beste Mittel zur Ausgleichung des Ganges, kann aber bei einem flachgängigen Gewinde nicht mit Erfolg angewendet werden, weil hier die Keilwirkung fehlt, welche an den gewundenen Flächen des Ganges den zum Schleifen nöthigen Druck erzeugt. — Besondere Vorsorge wurde für eine grobe Einstellung vom Ocular aus, sowohl im Stundenwinkel, als in Declination, getroffen und zwar durch einen am Fernrohr hinaufführenden Schlüssel mit einem conischen Trieb am Ende, welches in einen um die Declinationsbüchse sich drehenden Zahnring greift. Eine zweite Zahnung dieses Ringes paßt in ein Rad, das, fest verbunden mit einem Trieb, um einen parallel zur Stundenachse an der Declinationsbüchse angebrachten Zapfen drehbar ist, und dies Trieb greift in einen an der Stundenbüchse befestigten Zahnkranz (S. 13). Falls nun die Stundenklemme (am Sector) angezogen ist, so bewirkt das Handtrieb an dem so festgehaltenen Declinations-Zahnring eine Drehung des Fernrohres in Declination; ist aber die Stundenbewegung frei und in Declination geklemmt, so wirkt das Handtrieb durch die Zwischenräder auf den Zahnkranz der Stundenbüchse und giebt Stundenbewegung. Diese hübsch erdachte Einrichtung hat den Uebelstand, daß die beiden Drehungen nicht unabhängig von einander gemacht werden können. — Das Fernrohr ist aus Stahlblech genietet und fällt gegen beide Enden hin im Durchmesser ab. Es ist durch innere Langrippen und hohle Ringe verstieft, die weit durchbrochen sind, um Luftbewegung an der Rohrwand zuzulassen. — Der Auszug des Ocularkopfes geschieht durch ein auf das Auszugrohr

1) Dieser Zapfen liegt in der oberen Ansicht zu hoch.

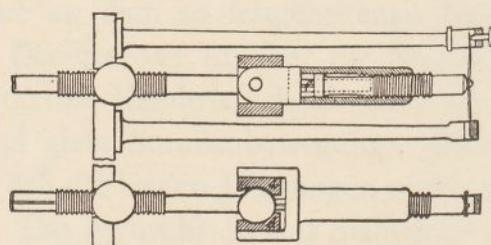
Fig. 185



Elektrische Uhrwerks-Ausgleichung,

nach Monthly Not. 48.

Fig. 186



Declinations-Feinstellung,

nach Monthly Not. 48.

geschnittenes Gewinde. Die Positionsrotation kann von 2° zu 2° durch einen Fangstift festgesetzt und dann erst durch eine Tangentschraube feiner berichtigt werden. — Ein radförmiges Gußstück am Ende des Fernrohres hält alle dort zusammenlaufenden Schlüssel, Schnüre etc. zur Hand.

Bei Refractoren mittlerer Größe hat Grubb später (nach Katalog 1891) die frühere einfache Form der Ausführung beibehalten, besonders fehlt die Gewichtsaufhebung der Declinationsachse. Um den größeren Ansprüchen an Gleichmäßigkeit und Genauigkeit des Uhrganges zu entsprechen, wie sie für die langdauernden photographischen Aufnahmen gestellt werden müssen, führte Grubb 1888 eine verbesserte elektrische Controle ein (M. N. 48, 352 ff.), theilweise nach Gill (M. N. 34, 35). Sie besteht [Fig. 185] aus einer vom Uhrwerk in 20° einmal herumgeführten Welle mit drei neben einander stehenden isolirten Contact-Scheiben. Die mittlere Scheibe hat 20 scharfe Contactzähne und steht elektrisch mit einer Uhr in Verbindung, die in Zwischenräumen von je 1° einen Strom durchsendet; die beiden seitlichen Scheiben haben je 20 längliche Contactflächen, und die Contacte der drei Scheiben sind so gegen einander eingerichtet, daß sie nicht gleichzeitig mit den vor ihnen stehenden Contactfedern in Berührung kommen. Bei richtigem Gange des Uhrwerks findet der Strom die mittlere Feder in Berührung mit einem Zahn der mittleren Scheibe, ohne damit im Gange etwas zu ändern; tritt aber eine Abweichung im Gange ein, so wird der Strom einer der andern Federn mit einer der seitlichen Scheiben in Contact finden, und zwar mit der Wirkung, daß von den beiden auf der Welle mitgeführten Differentialräder-Paaren (von 39 und 40 und von 40 und 41 Zähnen, je durch ein Trieb verbunden) das eine oder andere, beschleunigend oder verzögernd, in Thätigkeit tritt, bis wieder ein rechtzeitiger Contact an der mittleren Scheibe stattfindet, und damit die Differentialräder außer Dienst gesetzt werden. — Die Regulirung soll in 2° einen Fehler von $\pm \frac{1}{20}^\circ$ ausgleichen; man wird sehr zufrieden sein dürfen, wenn man das mit einer nachträglichen, erst durch den schon entstandenen Fehler wirkenden Regulirung erreicht.

Auch für Declinations-Feinstellung hat Grubb 1888 (M. N. 48, 355 f.) eine neue Anordnung eingeführt: die rechtsgängige, in einer Kugelmutter gehende Schraube führt eine linksgängige mit sich herum, welche aus ihrer Mutter in gleichem Maaße vor geht, wie die rechtsgängige Schraube in ihrer Mutter zurückgeht. So bleibt der Abstand dieser Mutter von dem Ende der linksgängigen Schraube nahezu unverändert, und eine hier wirkende kräftige Feder zur Aufhebung des toten Ganges giebt constanten Druck [Fig. 186]. Grubb hält diese Einrichtung für besser, als die deutsche mit langer Gegenfeder, obgleich er zugiebt, daß diese den toten Gang aufhebt. Es scheint ihm unbekannt gewesen zu sein, daß seit 1879 bei deutschen Refractoren die Gegenfeder durch Kugelgelenk-Verbindungen ohne toten Gang unnötig geworden ist (vorn S. 34). — Grubb's Refractoren haben von jetzt ab elektrische Beleuchtung.

Bei den Aufstellungen der nach 1887 aufkommenden photographischen Refractoren mit Leit-Objectiv hat Grubb die aufrechtstehende Stundenbüchse durch eine auf dem Pfeiler liegende ersetzt; die Festigkeit muß dadurch gewonnen haben. Das

Gewicht der Stundenachse wird durch eine senkrechte Rolle aufgehoben¹⁾). Die beiden optischen Systeme sind in zwei verschiedenen Rohren angebracht, die an den oberen Enden durch ein um beide gelegtes Blech, unten durch Verbindung der Endflanschen zusammengehalten werden [Fig. 187].

Grubb's Katalog von 1899 bringt noch eine andere Anordnung zweier Fernrohre auf einer Aufstellung, das »Twin-Equatorial«, wo die Declinationsachse an jedem Ende ein Rohr trägt [Fig. 188]. Man wird beide Rohre nicht als photographisches und Leit-Rohr mit einander benutzen dürfen, weil sie nicht genügend biegungsfrei verbunden sein können; auch wird die Beweglichkeit eine recht beschränkte sein, solange nicht eine Kniesäule verwandt wird, wie solche seit 1891 angeboten wird [Fig. 189]. — Die kräftige Bauart dieser Abbildung ist 1897 bei der größeren ähnlichen Aufstellung des von McClean gestifteten Victoria-Telescope der Cap-Sternwarte von $22\frac{1}{2}^{\circ}$ Brennweite (Gill, 1 ff.) leider nicht beibehalten worden. Die Kniesäule erwies sich hier als zu wenig fest und wurde durch ein Paar Stahlrohre abgestützt, welche die Beweglichkeit des Fernrohres behindern und das Aussehen beeinträchtigen. — Auch an diesem Instrument hat Grubb eine senkrechte Gegengewichts-Rolle unter der Stundenachse verwandt. Er hat aber geglaubt, sie durch zwei weitere, unabhängig daneben laufende Rollen unterstützen zu sollen; sie laufen in drei besonderen Hohlkehlen der Achse. Langjährige Erfahrungen an beträchtlich größeren Refractoren (Pulkowa und Potsdam) haben gezeigt, daß das ganz unnötig ist. Die gefürchtete Reibung zwischen den sich unter einem starken Winkel gegen einander abwälzenden Umfangsflächen bewirkt nur eine vollkommene Glättung beider Flächen. Es ist aber auch schwierig, die drei Rollen so abzupassen, daß sich der Druck der Achse gleichmäßig auf sie vertheilt, und wahrscheinlich wird das Festlaufen der einen seitlichen Rolle (Gill, 11) darauf zurückzuführen sein.

Als »Siderostatic Telescopes«, die früher schon in kleinen Dimensionen und fahrbar ausgeführt wurden, bezeichnet Grubb 1899 parallel zur Erdachse um sich selbst drehbare Rohre, welche am unteren Ende einen in Declination beweglichen Spiegel tragen [Fig. 190]. Dem Beobachter wird damit (auf Kosten der Bildgüte) die Bequemlichkeit geboten, in überdecktem Raum vor dem Ocular zu sitzen.

Ein Siderostat mit Spiegel von 20° Durchmesser, über den Näheres nicht angegeben wird, hat im Wesentlichen die von Foucault angenommene Construction in kräftigerer Ausführung [Fig. 191]. Das Uhrwerk wird elektrisch regulirt.

Von Grubb's Ocular-Mikrometern sind zu nennen:

1. Ein »Unifilar Micrometer« mit einseitig im Gehäuse liegender Schraube; ein hinter dem Mikrometer rechtwinkelig anschließendes Rohr enthält eine elektrische Lampe für Feld- und Faden-Beleuchtung [Fig. 192].

2. Ein »Bifilar Micrometer«, im Wesentlichen nach Troughton, aber mit einer Neuerung an den Muttern, die je aus zwei gegen einander federnden Stücken bestehen, um den todtenden Gang aufzuheben [Fig. 193] (Encyclopaedia Brit., 9. ed., 62, 244).

¹⁾ Die Abbildung läßt sie kaum erkennen; sie wird aber bezeugt von Gill, auf dessen Anregung sie von den deutschen Refractoren übernommen wurde (Gill, 120).

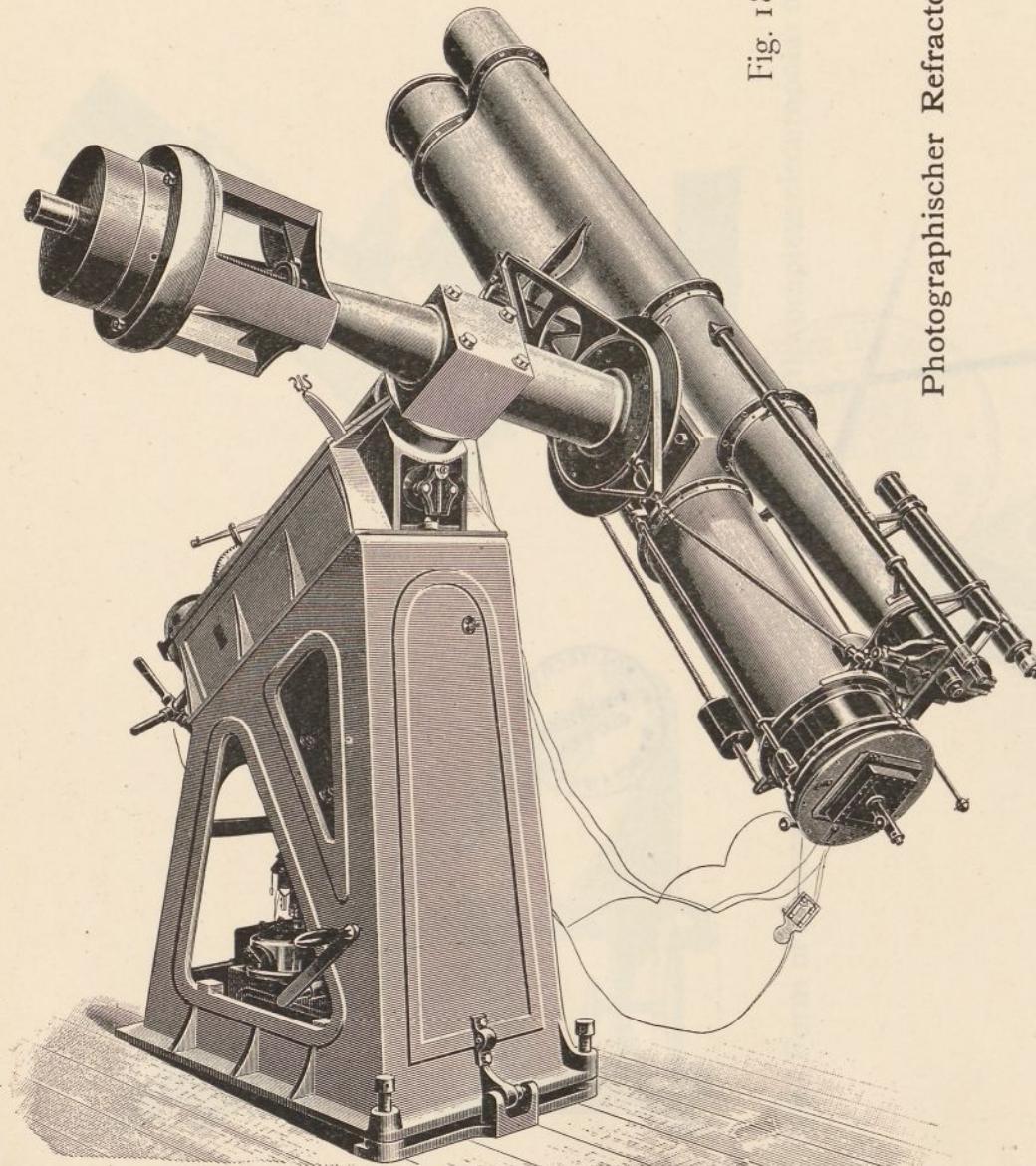


Fig. 187

Photographischer Refractor,

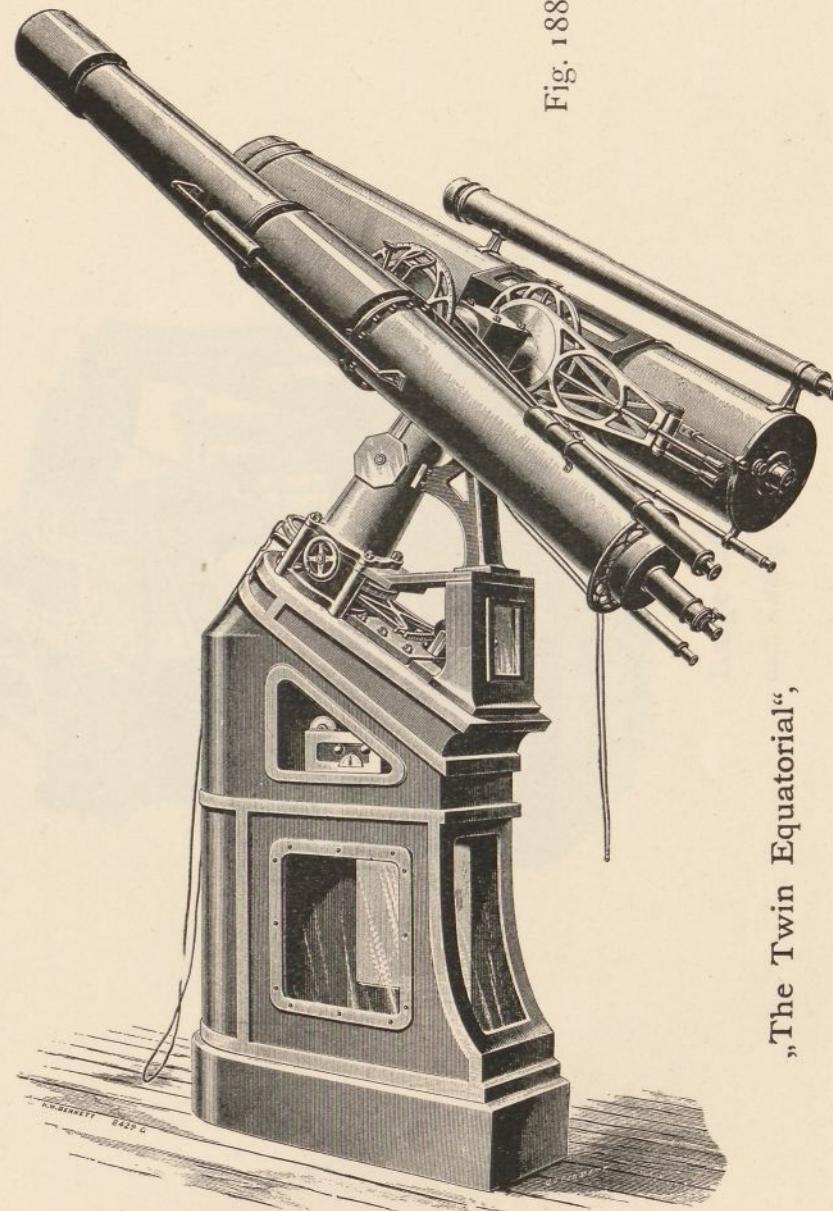


Fig. 188

„The Twin Equatorial“,

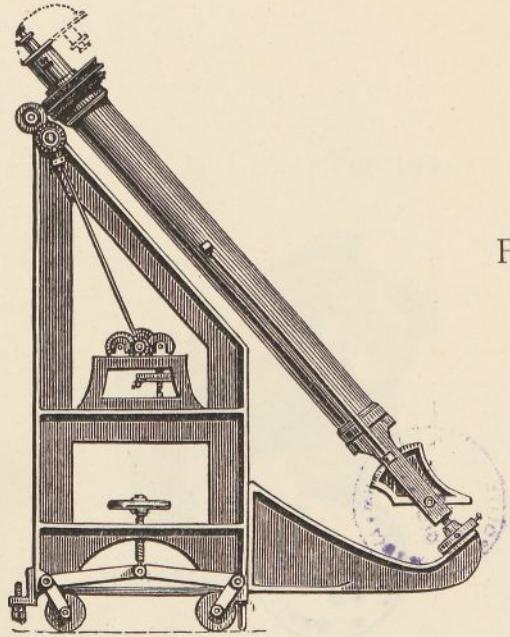


Fig. 190

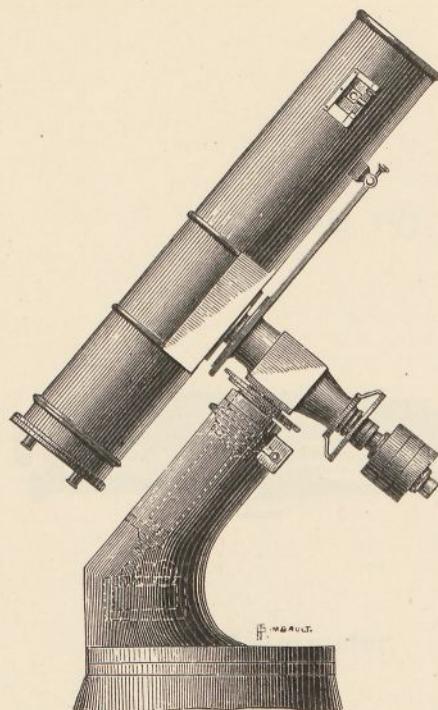


Fig. 189

New Form of Siderostatic Telescope, Equatorial with complete circumpolar motion,

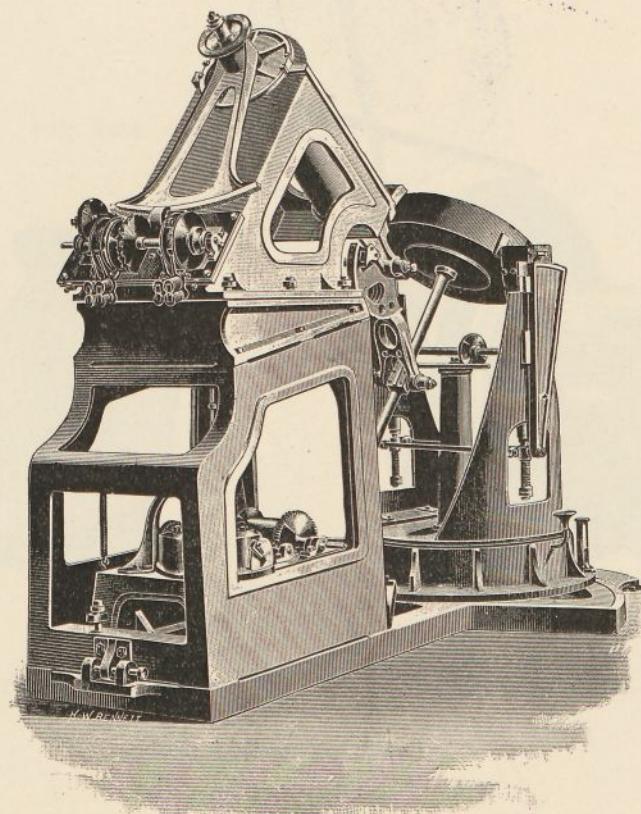
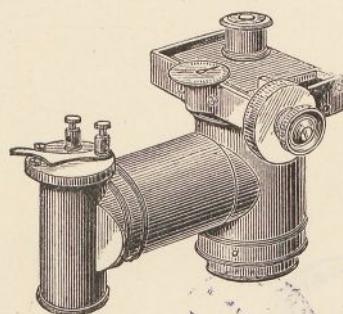


Fig. 191

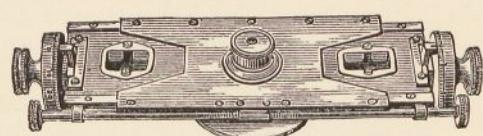
Large Siderostat,
nach Katalog von 1891.

Fig. 192



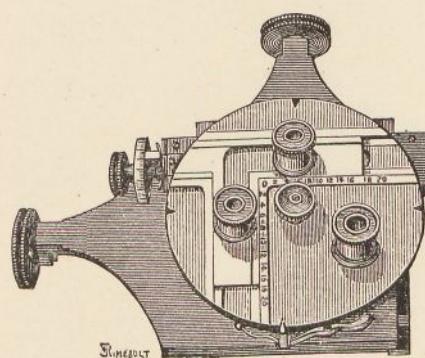
Unifilar Mikrometer,

Fig. 193



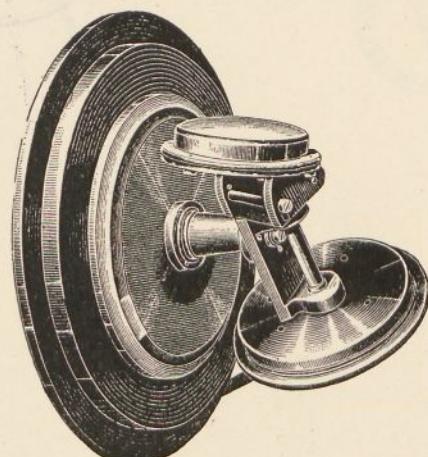
Bifilar Mikrometer,

Fig. 194



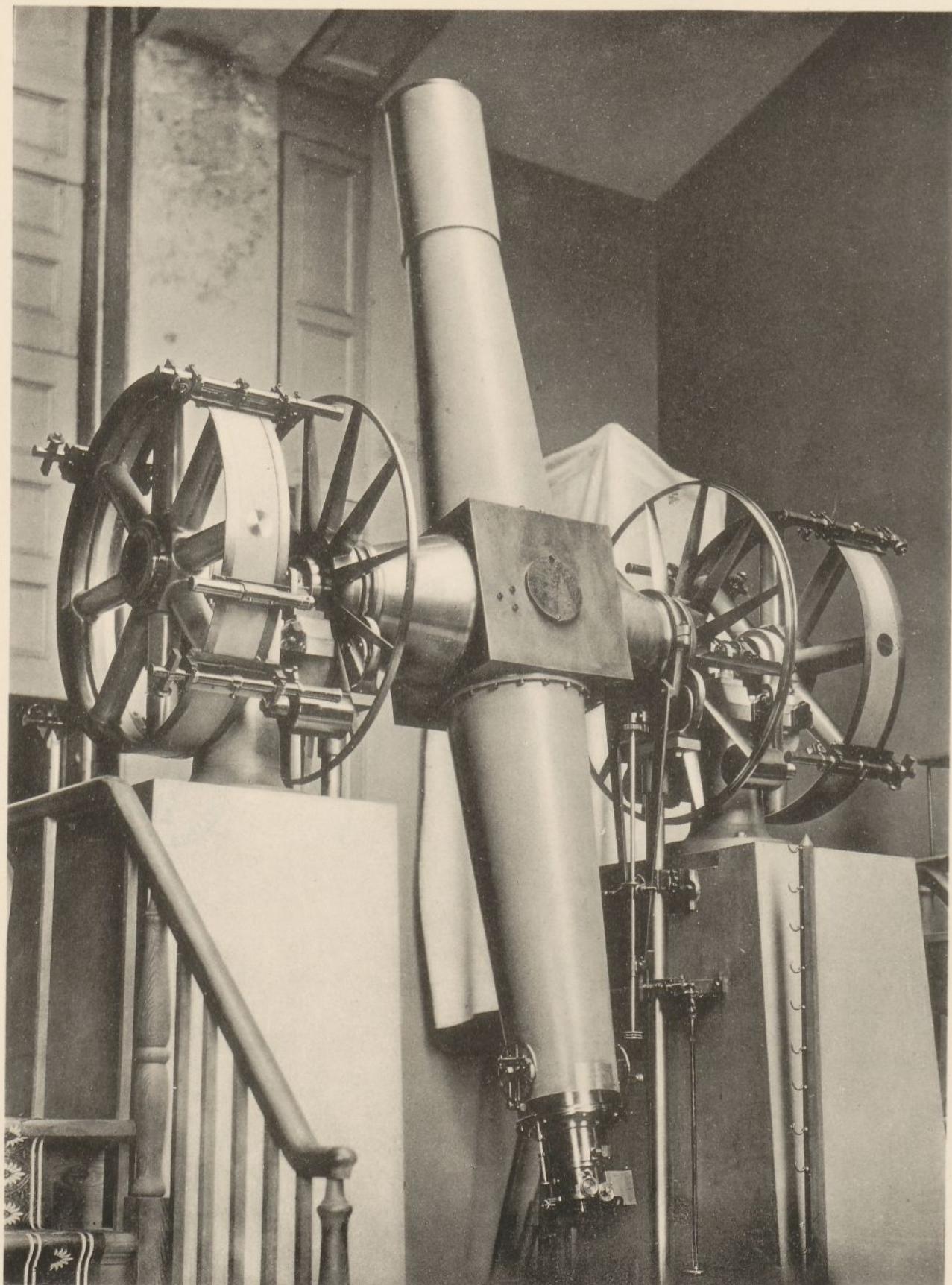
Duplex Mikrometer,

Fig. 195



Star position finder,

nach Katalog von 1891.



Meridiankreis nach Winlock, 2,1^m Brennweite, 1870.

3. Ein »Duplex Micrometer« für große Abstände [Fig. 194]. Es enthält ein Linien-Netz auf Glas: in der einen Richtung 20 Linien in gleichen Abständen von je $1/2^i$, in der anderen 2 Linien in 2^i Abstand und einen durch Micrometerschraube beweglichen Rahmen mit 20 Spinnfäden, die mit den 20 Linien parallel und in gleichen Abständen stehen, so daß sie alle zur Deckung gebracht werden können; man braucht also für beliebige Abstände die Schraube nur innerhalb eines der Linien-Intervalle zu benutzen, nachdem man einen der zu vergleichenden Sterne auf die nächst zutreffende Linie eingestellt hat. So werden nach einander die Abstände in Declination und Stundenwinkel gemessen. — Vor dem Mikrometer ist eine Platte mit zwei Ocularen drehbar, die in gleichen Abständen von der Mitte rechtwinklig gegen einander zu verschieben sind, so daß man durch Schiebung und Drehung beliebige Ocular-Abstände herstellen kann (a. a. O. 248).

Als »Star position finder« bezeichnet Grubb eine am Fernrohr zu befestigende Theilscheibe mit centrischem, der Declinationsachse parallelem Zapfen, um den sich in einem Bügel eine rechtwinklig vorliegende Welle mit einem kleinen Stundenkreise und einer dagegen um die Polhöhe geneigten Dosenlibelle drehen läßt; wenn diese einspielt, so zeigen die Kreise Declination und Stundenwinkel, oder umgekehrt [Fig. 195].

14. Troughton & Simms.

Für tragbare und Meridian-Instrumente blieb die Firma Troughton & Simms in bestem Ansehen. Im Jahre 1870 vollendete sie nach Vorschlägen von Winlock¹⁾ einen Meridiankreis von 160^{mm} Öffnung, 2,1^m Brennweite (A. N. 86, 117, der auch in Wiederholungen, z. B. für Triest, ausgeführt wurde [Fig. 196]. Die Fernrohr-Achse liegt hoch über den Steinpfeilern und ruht auf den Mitteln schwerer radförmiger Mikroskopträger, die je durch eine starke Säule mit den Pfeilern verbunden sind. Die Zapfenlager haben cylindrische Höhlungen mit einer Unterbrechung in der Mitte. Den Zapfen zunächst trägt die Achse die Kreise (von auffällig leichtem Querschnitt); hinter den Kreisen laufen die Gegengewichts-Rollen, und daneben liegt, an der einen Seite, die Klemme mit radialer Klemmschraube. — Am Ocular-Ende des Fernrohres befinden sich zwei Einstellkreise mit Niveaux nach Troughton. Das Mikrometer ist für Collimations-Berichtigung beweglich durch eine besondere Schraube mit getheiltem Kopfe, die mit einem Schutzkasten überdeckt ist, um zufällige Verstellungen zu verhüten; durch ein Fenster kann man überdies die Trommel auf unveränderte Einstellung (auf die in der That alles ankommt) nachsehen; man scheint der Sache doch nicht recht zu trauen. — Das Objectiv kann durch Anzug- und Abstoß-Schrauben in Brennweite berichtet werden und steht im Uebrigen frei, so daß der Zwischenraum nur von der Thaukappe überdeckt wird. Man muß sich also ganz auf die freistehenden Schrauben verlassen; eine spätere Sicherung ist nicht zu erkennen. — Die

¹⁾ William Crawford Winlock, Cambridge, Mass. 1859 — Bay-Head 1896.

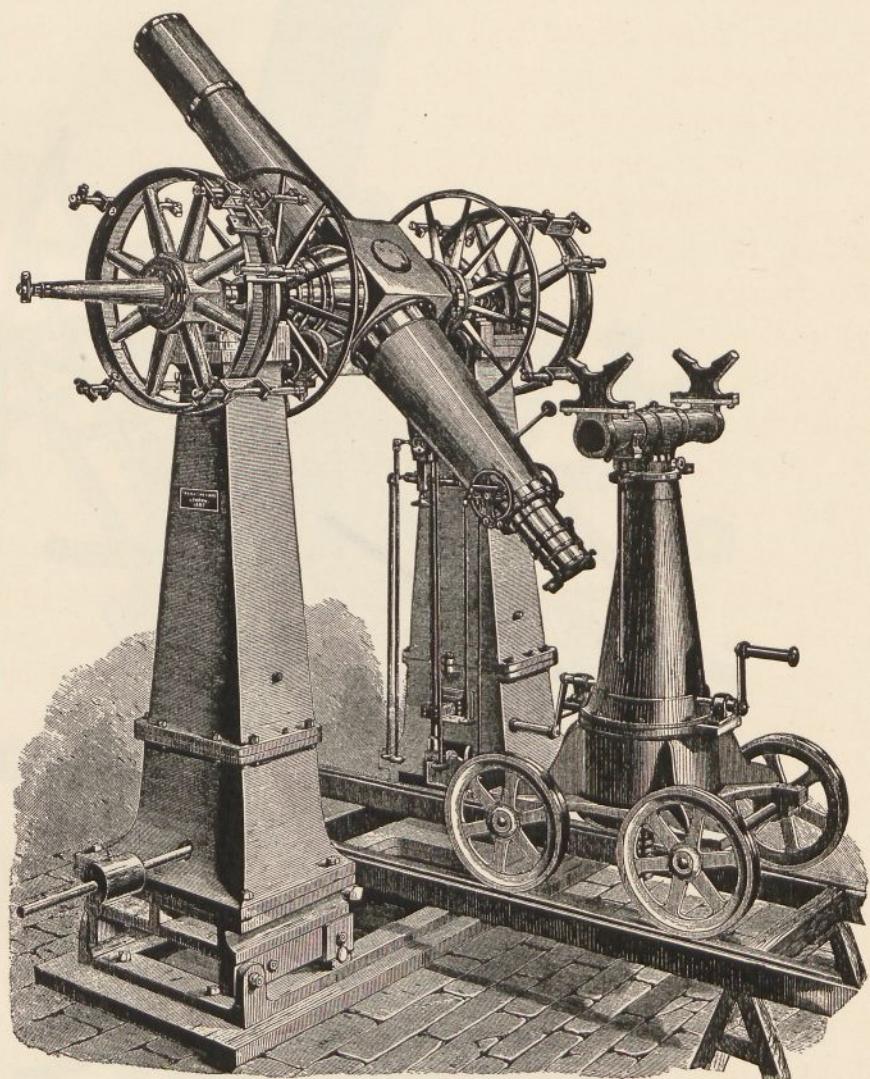
Beleuchtung geschieht durch einen der Zapfen, ähnlich wie in Greenwich. — Beim Umlegen ist die Klemmvorrichtung vom Pfeiler zu nehmen und an der anderen Seite wieder anzubringen. — Die Mikroskope, vier an jeder Seite, können auf ihren Trägern verstellt werden, bis auf 14° Abstand. Sowohl die Theilung, als die Mikroskop-Trommeln werden an jeder Seite von einer Lampe beleuchtet (Carl's Repertorium 13). — Ein späterer Meridiankreis, von 1882, zeigt gußeiserne Pfeiler auf einem gemeinsamen eisernen Bett [Fig. 197].

In den Jahren 1871—72 lieferten Troughton & Simms für die indischen Vermessungen einen Zenith-Sector und einen großen Theodoliten, für welche Strange jahrelang (seit vor 1862, M. N. 22, 261) Pläne erwogen und bis in alle Einzelheiten gehende Zeichnungen hergestellt hatte.

Der Zenith-Sector (Survey of India 11, [44] ff.) [Fig. 198] erinnert, mit Ausnahme des Sectors anstatt eines Kreises, an Ertel's Verticalkreis in Pulkowa. Das Fernrohr hat 4° Öffnung bei 4° Brennweite und trägt am Ocular-Ende einen Aufsuchkreis mit Niveau nach Troughton, der durch ein feines Niveau auch für Zenith-Beobachtungen eingerichtet werden kann. Etwas bedenklich ist die Construction der wagerechten Achse, deren Drehungsringe, aus Stahl, auf die Bronze-Achse gezogen sind. Es kann kaum ausbleiben, daß die Form der Ringe durch die Temperatur-Aenderungen beeinflußt wird, wenn nicht etwa streng in den Achsenkörper eingetriebene Stahlringe diesen in der Ausdehnung beherrschen.

Der Theodolit [Fig. 199] ist eine verbesserte Wiederholung der früher in Indien benutzten ähnlichen Instrumente (Proceedings of the R. Society of London 20, 317 ff.). Der Horizontalkreis hat 3° Durchmesser, der Verticalkreis 2° , das Fernrohr 36° Länge bei $3,25^{\circ}$ Öffnung. Der auf einer runden, mit Berichtigungsschrauben versehenen Grundplatte ruhende Dreifuß trägt außer dem Theilkreise noch einen besonderen, diesen umfassenden Schutzkreis mit der Klemme und der Stellvorrichtung, sowie einer groben Theilung. Um das große Gewicht der mit der senkrechten Achse sich drehenden Theile, Lagerbock, Fernrohr und 5 Mikroskope des Horizontalkreises (ca. 140 kg), aufzuheben, ist ein in Nuthen laufender Rollenring angeordnet [Fig. 200^a], der durch nicht weniger als 40 Spiralfedern angehoben wird. Es waren nur drei gewesen, die aber sehr ungleichmäßig gewirkt hatten. — Die elektrische Beleuchtung scheint nachträglich eingeführt worden zu sein. — Das Bild [Fig. 200^b] zeigt neben einer vergrößerten Darstellung jenes federnden Rollenringes eine besondere Anordnung der Niveauhaltung am Lagerbock (nach Gill), die ganz aus Glas besteht; die damit beabsichtigte Vermeidung von Temperatur-Einflüssen wird man freilich nie ganz erreichen, da man doch irgendwo an die Metalltheile anschließen muß; am ehesten noch bei dem Niveaurohr selbst, wo es mit sehr geringer Spannung und zweifellos sicherer Lagerung geschehen kann und muß.

Ein um 1882 entstandener Theodolit von $2,5^{\circ}$ Öffnung, 30° Brennweite hat andere Formen, zum Theil nach Gill (Report of the Geodetic Survey of South Africa, 1896, 72 ff.) [Fig. 201]. Der Untersatz, auf dem das Instrument zur Einrichtung über die Stationsmarke sich verschieben läßt, ist beibehalten worden. Der Kreis hat aber nur 18° Durchmesser und 3 Mikroskope; der Verticalkreis ist ohne feine Ablesung und



Meridiankreis, 1882,
nach Washington Observations, 1885, App. I.

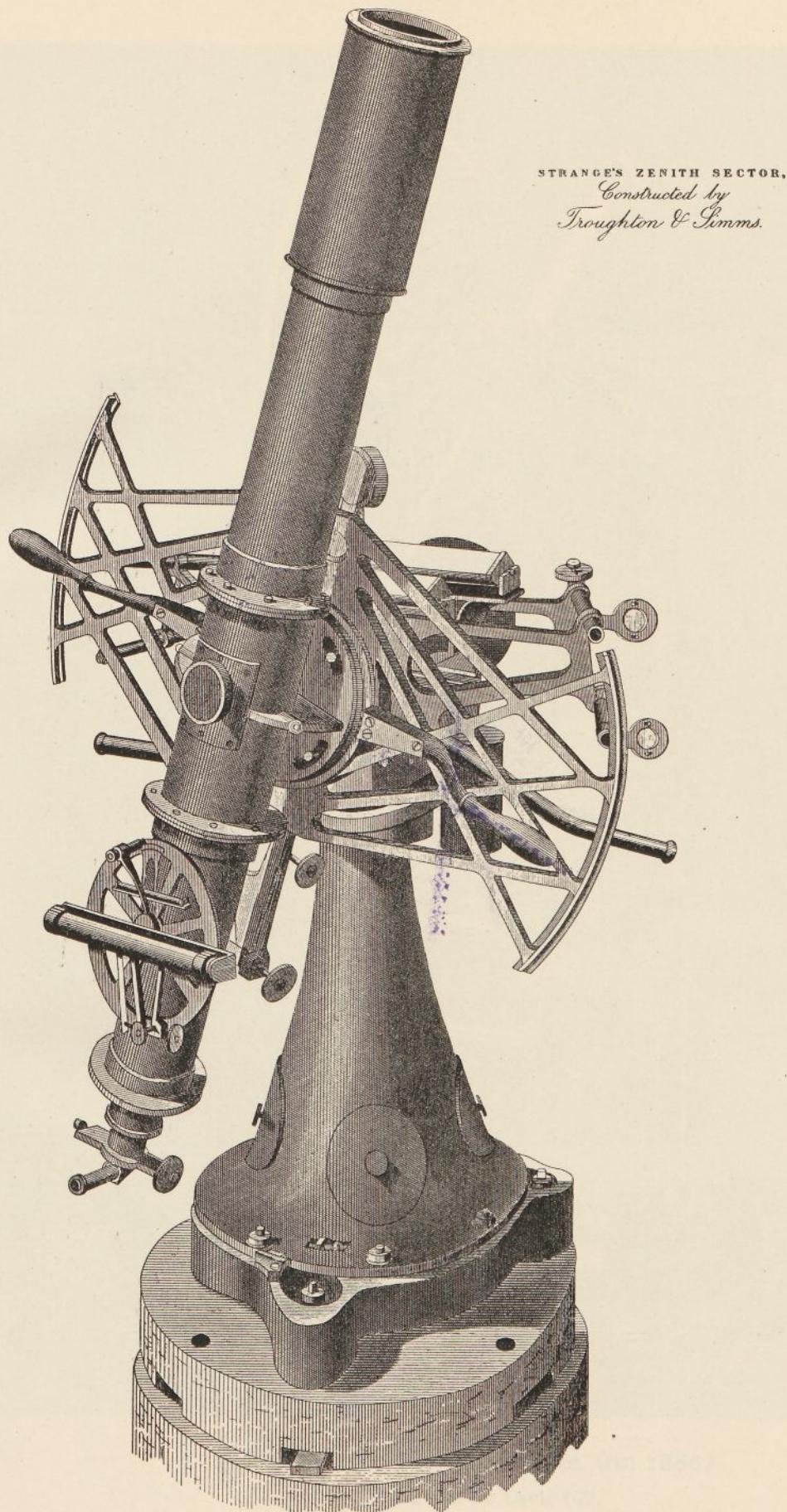


Fig. 198

Strange's Zenith-Sector, 1872, nach Survey of India 11.

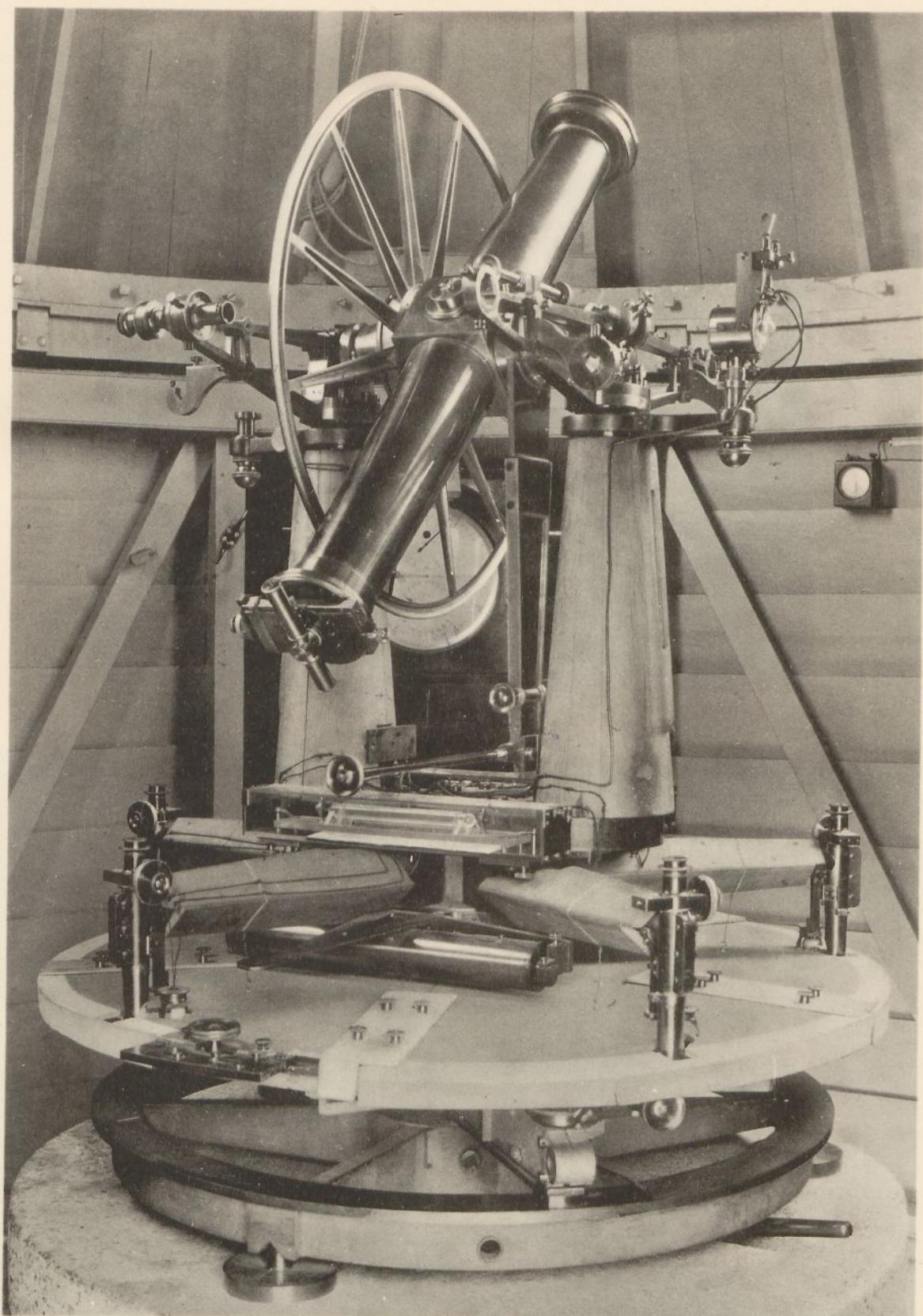


Fig. 199

„Theodolite“, 36ⁱ Brennweite, um 1880?
mitgetheilt von Sir David Gill.

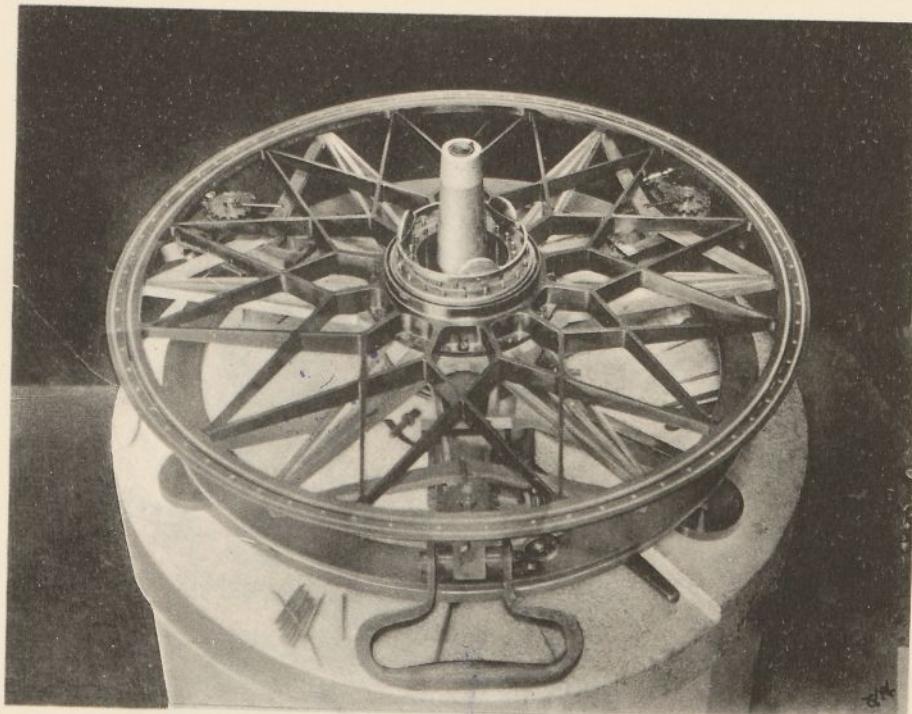


Fig. 200^a

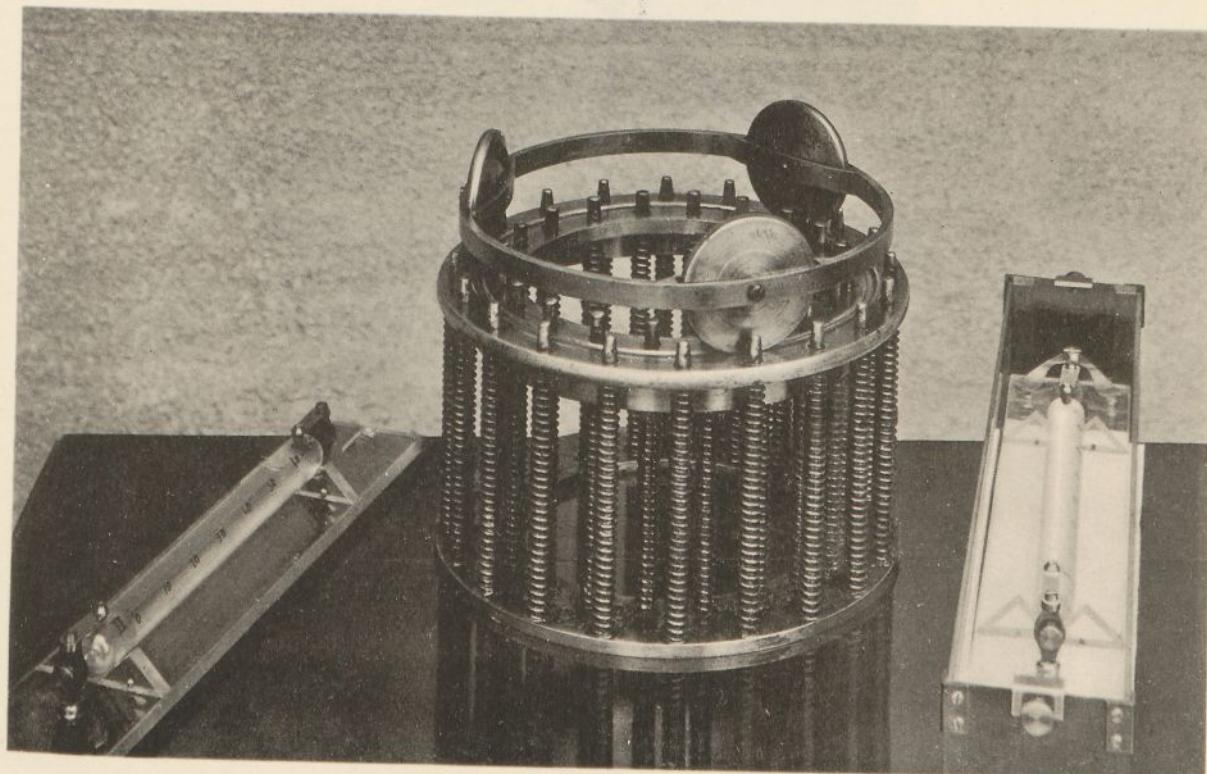


Fig. 200^b

Rollenring und Niveau des „Theodolite“ von 1880,
mitgetheilt von Sir David Gill.

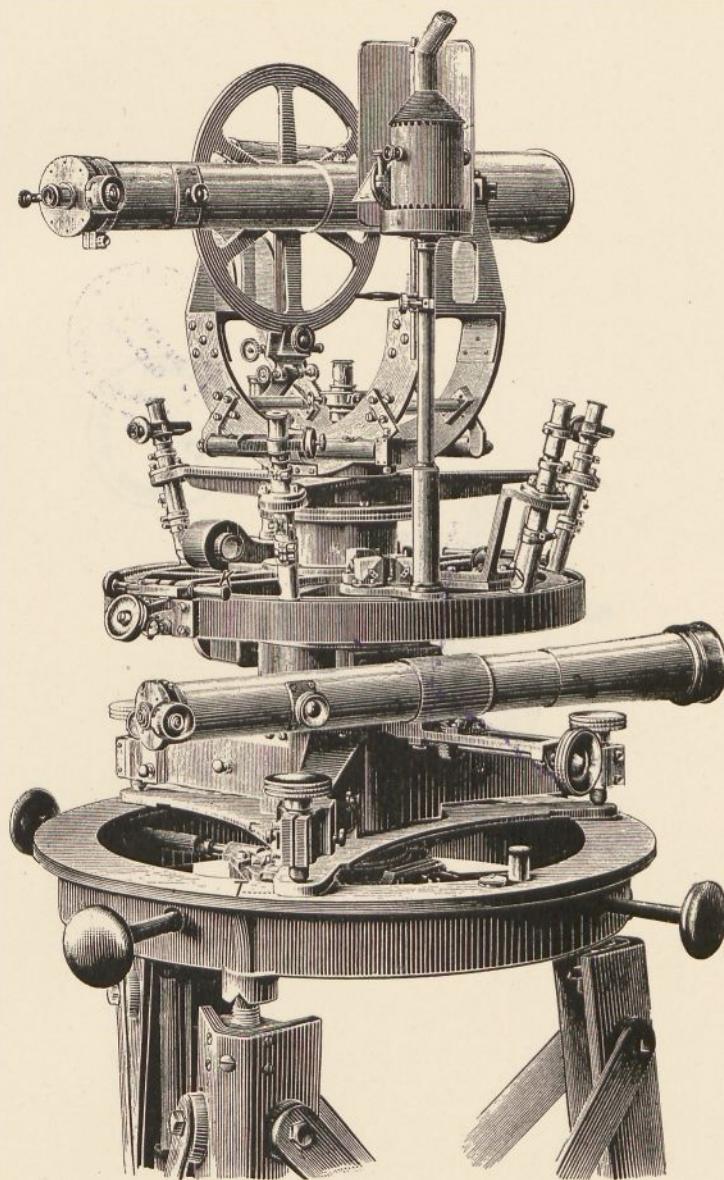


Fig. 201

18ⁱ-Theodolit der Cape-Survey, 1882, ca. 1/7 n. Gr.,

nach Report Geodetic Survey of South Africa, 1894.

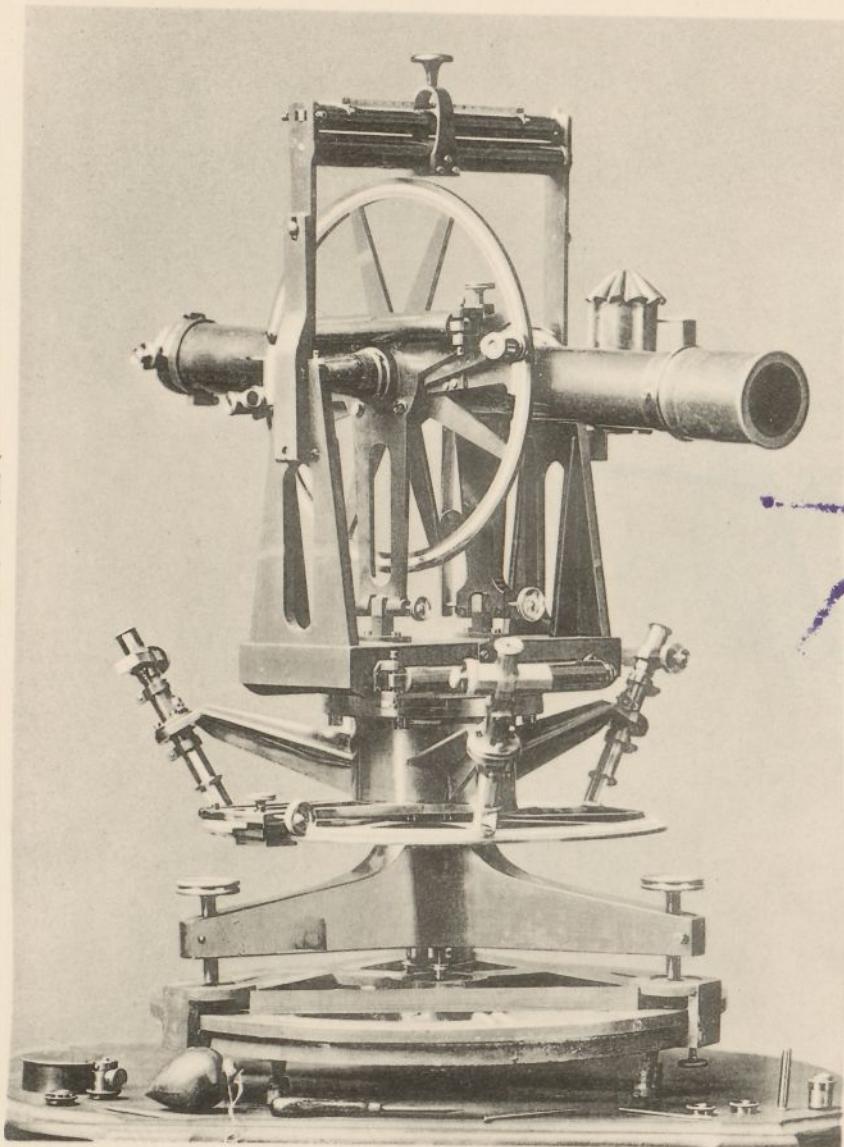


Fig. 202

„14ⁱ-Theodolite“, 1871,

nach Professional Papers Corps of Engineers U. S. A., No. 24.

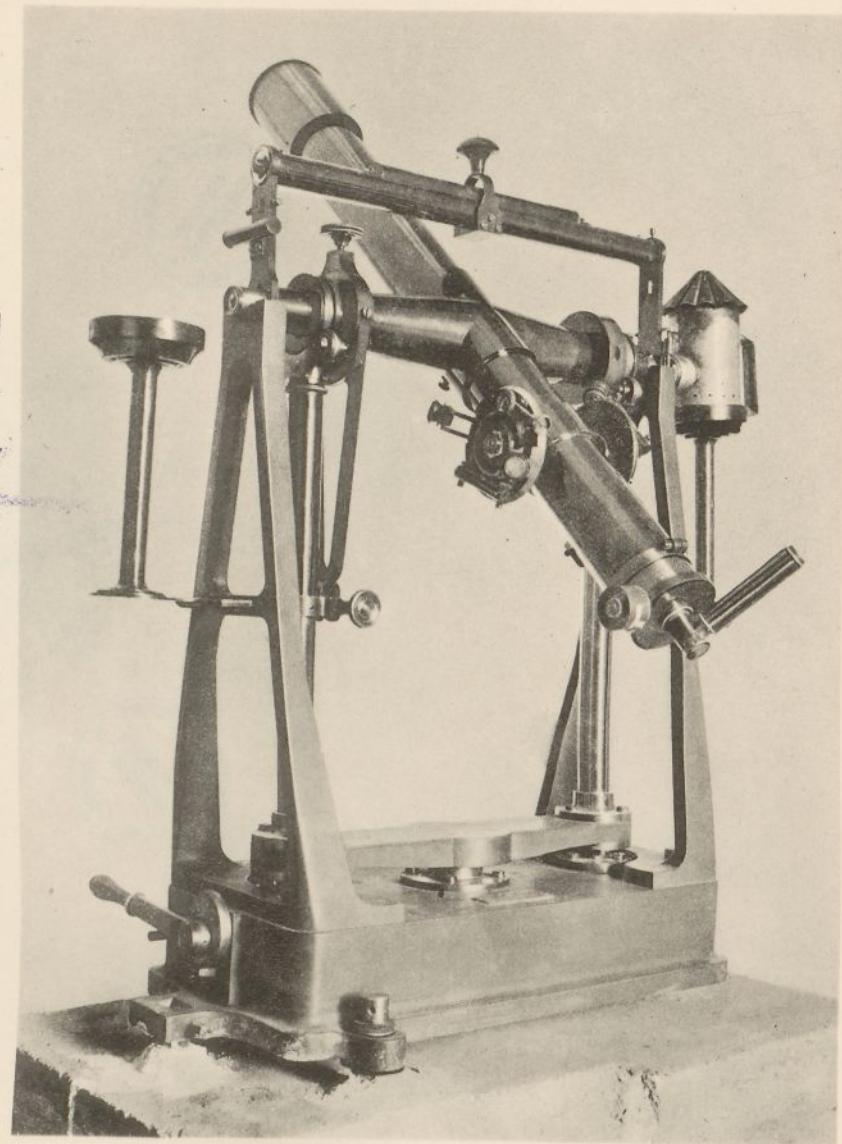
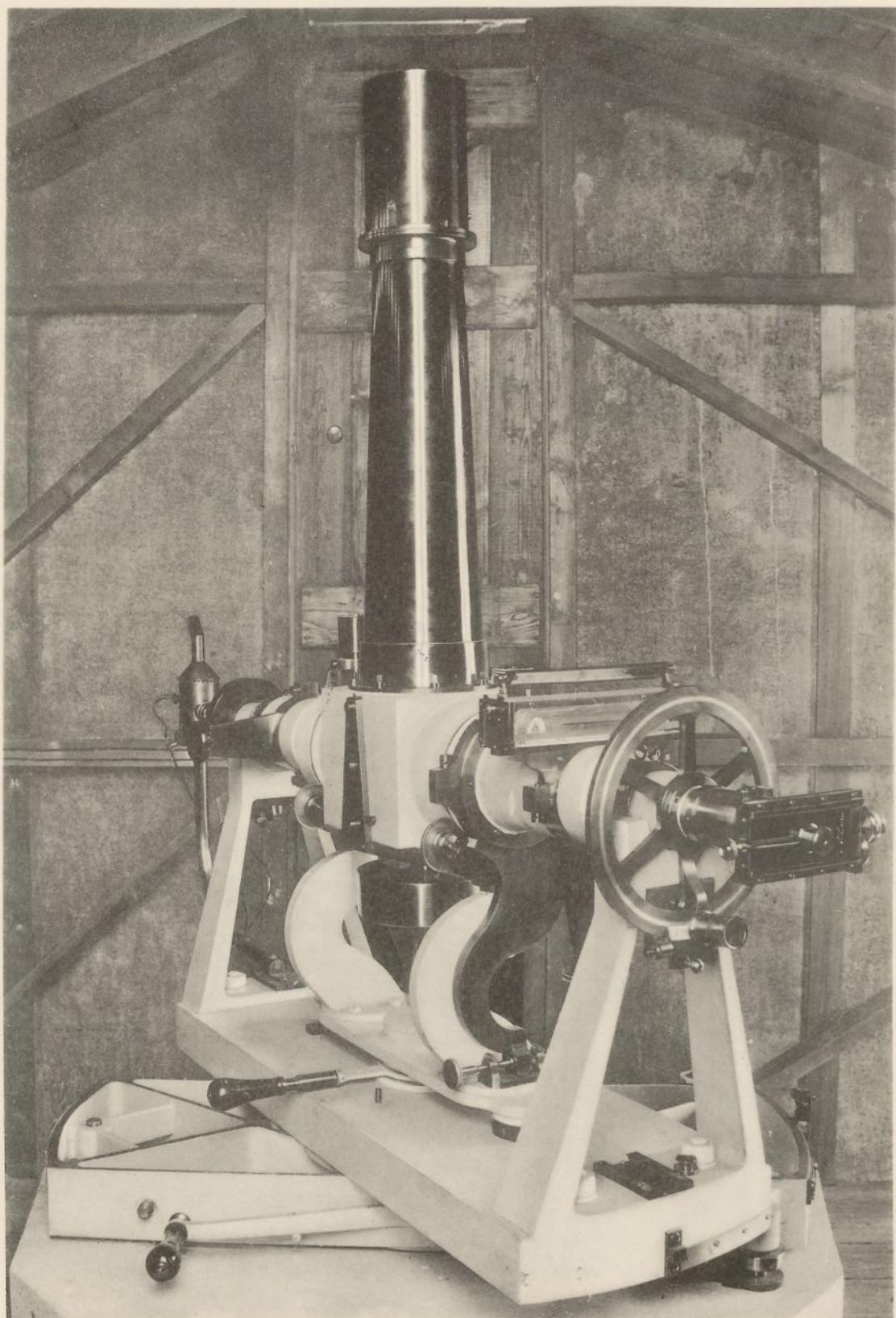


Fig. 203

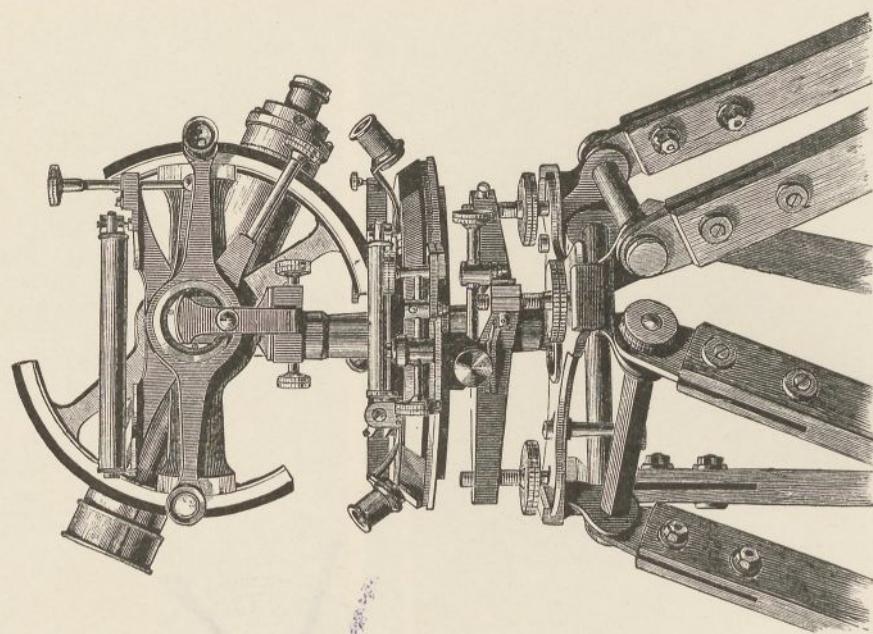
nach Anales de la Comision Geodesica Mexicana, 2.

Fig. 204



Durchgangs-Instrument, 67^{mm} Oeffnung, 1868,
mitgetheilt von Sir David Gill.

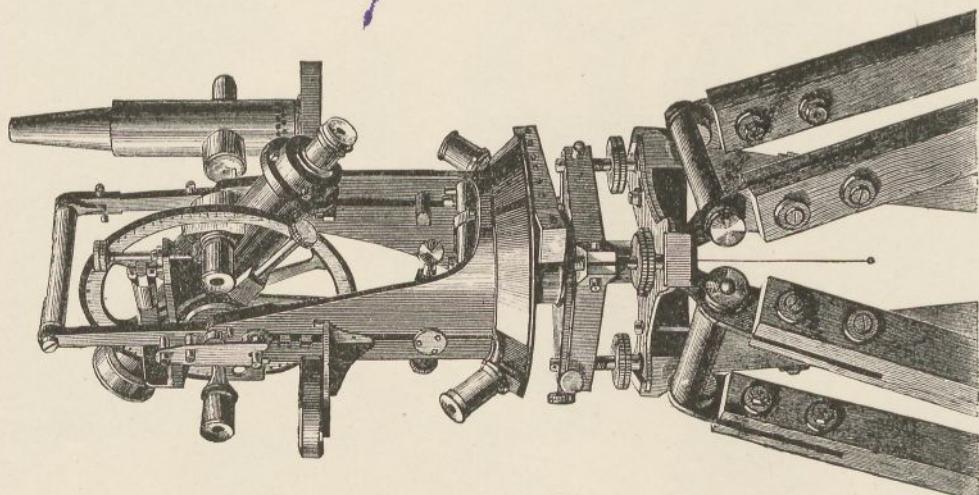
Fig. 206



Theodolit nach Everest,

nach Chambers, Handbook, 1890

Fig. 205



Portable Altazimuth or Transit Theodolite,

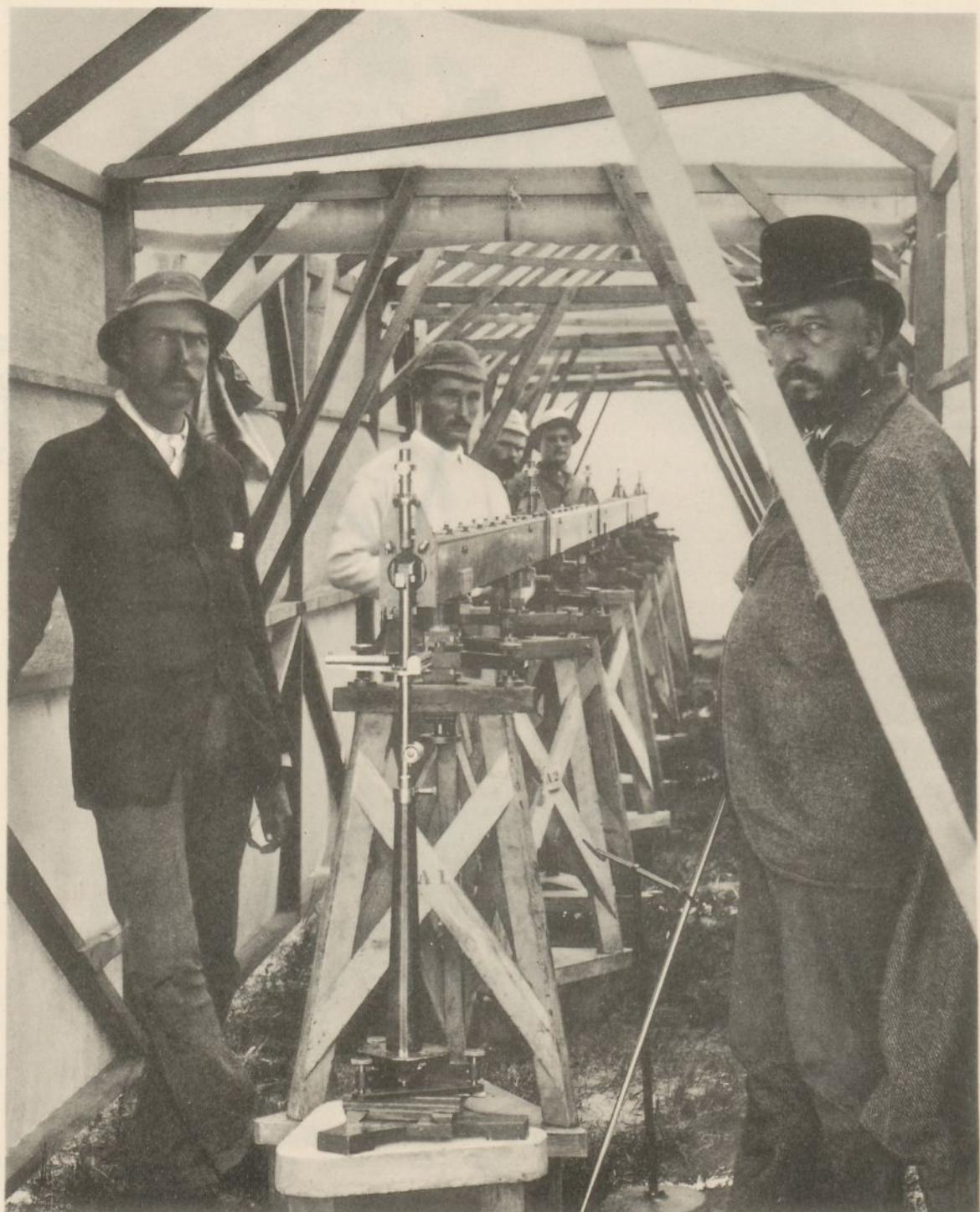


Fig. 207

Basis-Apparat für Gill, 1883,
mitgetheilt von Sir David Gill.

dient zur Klemmung. Die verticale Achse ist senkrecht durchbohrt, so daß das nach Niveau eingerichtete Instrument, ohne das Fernrohr, aber mit einem senkrechten, in den Lagerbock gesteckten Ableserohr versehen, genau über die Marke gebracht werden kann. — Das Sicherheitsrohr ist um den Mittelkörper drehbar und um zwei kleine Zapfen zu kippen. — Die Zapfen der Fernrohr-Achse sind von Glockenmetall und liegen in Winkeln; Gill hätte harte Stahlzapfen in cylindrischen Lagern vorgezogen, und solche wären auch zulässig gewesen, weil nicht umgelegt wird. — Das Instrument ist schwer; die größte der Kisten wiegt 400 engl. Pfund.

Einen leichter gebauten Theodoliten von 1871 zeigt [Fig. 202]; das Fernrohr hat $2,25^i$ Oeffnung, 24^i Brennweite, der 14-zöllige Horizontalkreis wird durch drei Mikroskope abgelesen. — Dies Instrument wird vermutlich am besten die eigentliche Art der Construction von Troughton & Simms darstellen, da, besonders bei der für Strange benutzten, ein Einfluß der ausführlichen Zeichnungen des Auftraggebers (M. N. 22, 261: »nine large sheets«, kaum denkbar!) manches Fremde hineingebracht haben muß.

Ein einfaches Durchgangs-Instrument mit Umlegung und geradem Fernrohr, neuerer Construction, zeigt [Fig. 203] (Anales de la Comision Geodesica Mexicana, Mexico 1908, 2).

Für ein tragbares Durchgangs-Instrument mit gebrochenem Fernrohr (diagonal transit-instrument) von 67^{mm} Oeffnung, wie es von Troughton & Simms seit 1868 ausgeführt wurde, ist theilweise (M. N. 29, 294) das von Brauer in Pulkowa nach Döllen's Angaben hergestellte (vorn Fig. 130) maaßgebend gewesen. Döllen hatte verlangt: ein gebrochenes Fernrohr, Ocular-Mikrometer, Umlegung, Hängeniveau und große Azimuth-Verstellung. — Im Jahre 1882 haben Troughton & Simms ihr Instrument durch ein Horrebow-Niveau und Drehbarkeit des Mikrometers um 90° vervollständigt [Fig. 204]. Auch hat es auf einer Grundplatte eine freie Drehung im Azimuth bekommen, die durch einen geringen Anhub erleichtert wird; Corrections-Anschläge beschränken die Drehung. Das Instrument ist sehr schwer.

Die kleineren tragbaren Instrumente von Troughton & Simms unterscheiden sich wesentlich von den soeben besprochenen und haben ihre Formen gegen früher etwas verändert. Als Beispiele dienen ein Altazimuth [Fig. 205] und ein Theodolit nach Everest [Fig. 206] (Chambers, 166/7).

Ein Basis-Apparat, den Troughton & Simms für die Vermessungen von 1883—92 am Cap der Guten Hoffnung unter Gill ausführten [Fig. 207], besteht aus 5 Stahlstangen, je von 10° Länge, mit eingelassenen Thermometern, in Mahagoni-Gehäusen auf je zwei Böcken ruhend, von denen der eine das Gehäuse an einem Zapfen in der Längenrichtung hält, der andere es auf einer Rolle mit seitlichen Führungsringen trägt; beide haben Höhen- und Seiten-Stellung, der erstere auch Längen-Stellung. — Die Stange ruht in 25^i Abstand von jedem Ende im Gehäuse auf. An beiden Enden ist sie bis auf die neutrale Schicht abgesetzt, sowohl oben als auch seitlich, so daß zwei Stangen, ohne sich zu berühren, unter einem Mikroskop eingerichtet und durch dessen Mikrometer auf einander bezogen werden können. An jedem der Gehäuse ist ein Mikroskop befestigt. — Die Stangen werden nach einem Niveau horizontal gerichtet. Das Absetzen geschieht bei kleinen Höhenstufen in ähnlicher Weise wie an dem von Oudemans benutzten Basis-Apparat (vorn Fig. 44) durch einen Cylinder mit Niveau, der, auf einem

Bohrpunkt stehend, durch zwei sich kreuzende horizontale Schiebungen über einer schweren Erdplatte senkrecht eingerichtet wird. Auf der oberen Endfläche des Cylinders befindet sich eine kleine Theilung, welche neben die Theilung der anschließenden Stange gebracht wird; der obere Theil des Cylinders ist durch Triebbewegung um 2° auf- oder abzustellen. Bei größeren Stufen oder beim Absetzen der Endpunkte auf den Erdboden muß auf den Bohrpunkt mit Hülfe eines Lothes an Silberfaden abgesetzt werden; das giebt aber eine weit geringere Genauigkeit, als die andere Absetz-Vorrichtung. — Das Einrichten der Stangen in die Basis geschieht mittelst eines auf eine ferne Lochmire eingestellten Absehrohres und spitz zulaufender Visirplatten, die auf die Enden der Stange zu stecken sind. — Zur Vergleichung einer Normalstange gegen die einzelnen Meßstangen wurden zwei getrennte Wagen hergerichtet, auf denen die eine und die andere, in je einem doppelwandigen, in den Zwischenräumen mit Wasser gefüllten Kasten, abwechselnd unter zwei an Concret-Pfeilern fest aufgestellte, aber um ihre optischen Achsen drehbare Mikroskope zur Vergleichung gebracht wurden. Das Wasser wurde in Bewegung gehalten. Auch der Ausdehnungs-Coëfficient der Meßstangen wurde mit Hülfe dieser Vorrichtung bestimmt, indem das Normalmaß in möglichst constanter Temperatur erhalten wurde. (Report of the Geodetic Survey of South Africa, 1896, [37]ff.).

In den Monthly Notices (53, 326) findet sich die Beschreibung eines von Troughton & Simms für die photographischen Aufnahmen des Venus-Durchgangs von 1874 hergestellten Plattenmessers [Fig. 208]. Die Messung geschieht durch zwei an einem gemeinsamen Schlitten befestigte Mikrometer-Mikroskope, von denen das eine auf einen Maßstab, das andere auf die mit Querschiebung und Positionsrehung an der Grundplatte gehaltene photographische Platte gerichtet ist. Man muß also jedesmal von einem Mikroskop zum andern gehen. — Einen anderen, für Messungen innerhalb der Quadrate eines Gitters bestimmten Apparat bauten Troughton & Simms 1903 (M. N. 64, 626ff.). Das Mikroskop ist in der einen, die Platte in der anderen Richtung beweglich, so daß alle Quadrate ins Gesichtsfeld zu bringen sind. — Die Schieber gehen je auf einem Cylinder und einer Planfläche. — Das Mikroskop hat zwei Mikrometerschrauben, in 90° gegen einander verstellt, die aber nicht unmittelbar benutzt werden, sondern durch Beziehung auf zwei kreuzweise stehende Glasskalen im Brennpunkte des Mikroskopes [Fig. 209]. Der Apparat sieht durch den wohl im Interesse der Mikroskop-Länge hochgezogenen Aufbau etwas empfindlich aus.

Im Jahre 1900 vollendeten Troughton & Simms nach Gill's Angaben einen Meridiankreis von 6° Öffnung, 8° Brennweite für die Cap-Sternwarte (Gill, 36 ff.) [Fig. 210]. Es waren die früheren Instrumente dieser Gattung kritisch beachtet und Neuerungen hinzugefügt worden. Wie es der Titel »The reversible Transit Circle« zeigt, wurde besonderer Werth auf die Umlegbarkeit gelegt, die bisher an den englischen Instrumenten fehlte, weil Airy sie nicht für nöthig hielt (Gill, xl). Im Uebrigen wurden von früheren Instrumenten übernommen: offene rechtwinkelige Lager für die Achsenzapfen, Vertauschbarkeit von Objectiv und Ocular, Feldbeleuchtung durch einen kleinen hinter dem Objectiv befestigten Spiegel, Schutzrohre für die Fernrohr-Hälften und ein Ocular-Mikrometer mit Druck-Vorrichtung, das später durch ein unpersönliches Mikro-

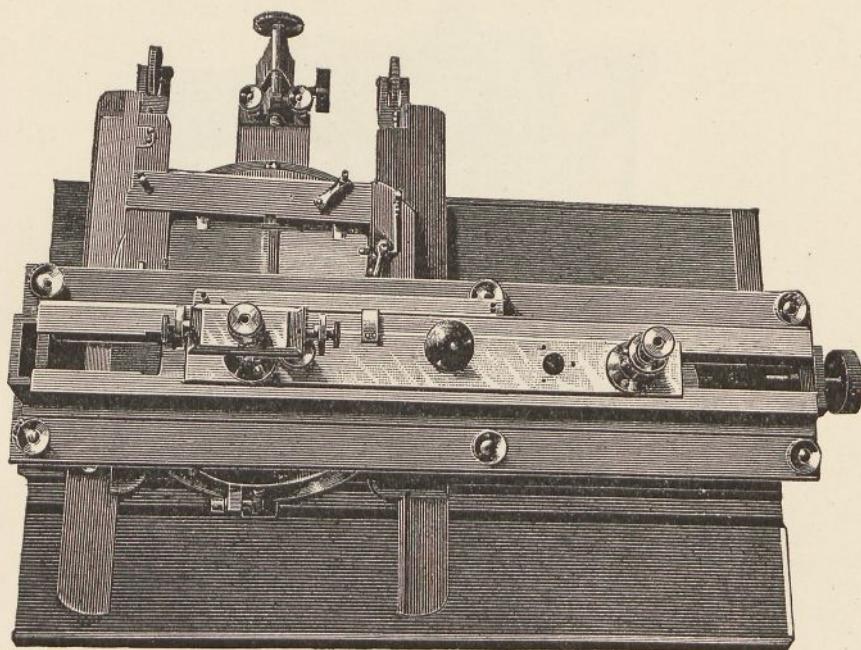
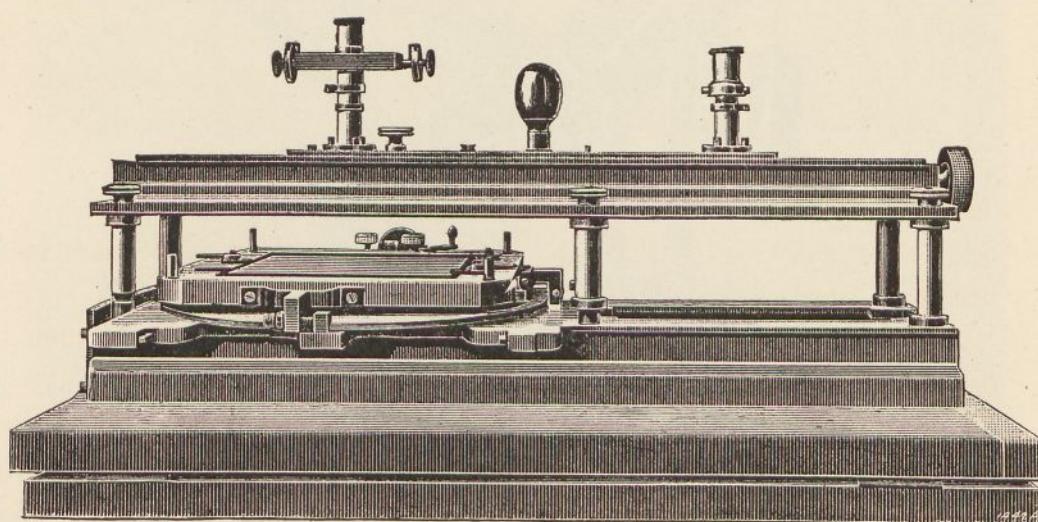


Fig. 208



Plattenmesser, 1874, ca. 1/5 n. Gr.,

nach Monthly Not., 53.

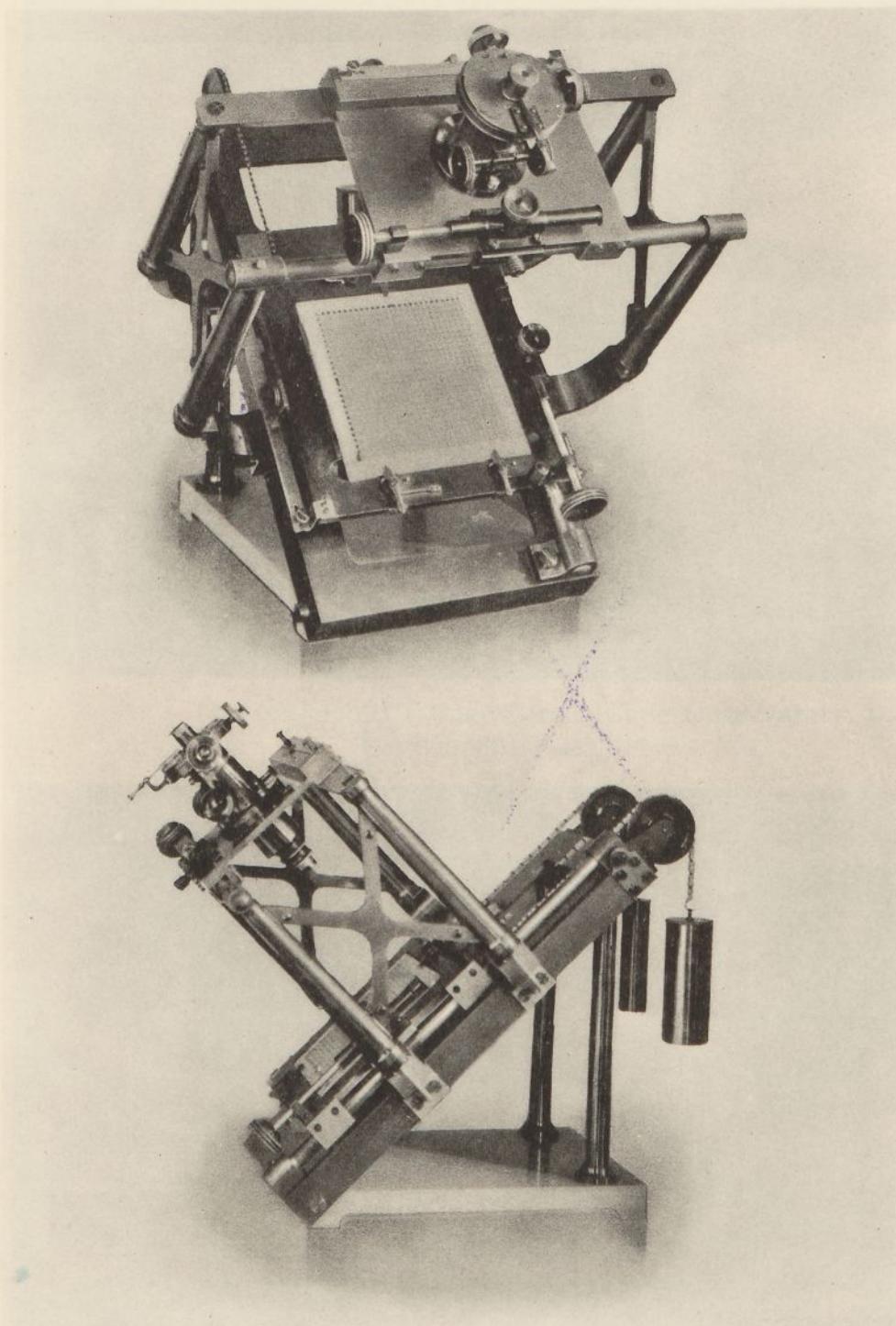
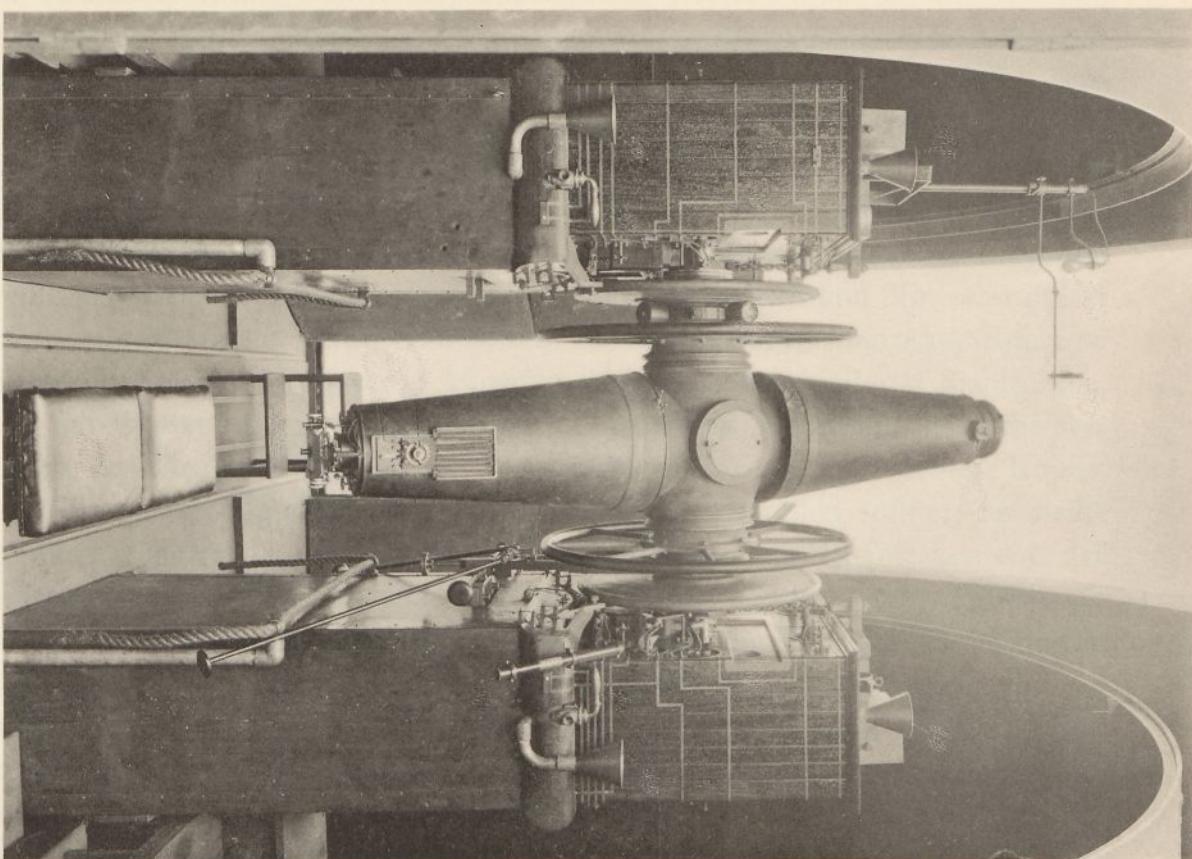


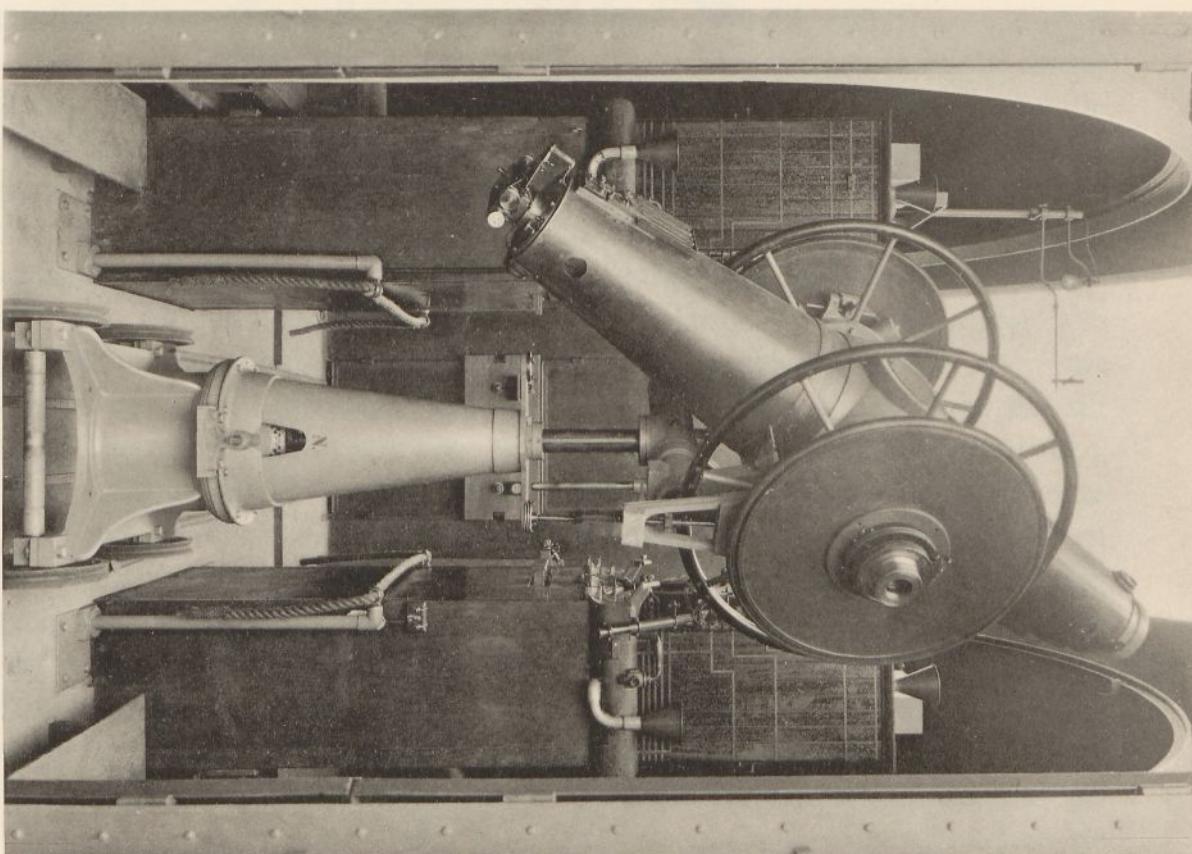
Fig. 209

Plattenmesser, 1903, ca. $1/6$ n. Gr.,
nach Monthly Notices 64.



The reversible Transit Circle, Cape-Observatory, 1900,
nach Gill, History and Description, 36 ff.

Fig. 210



meter mit Fadenbeleuchtung von A. Repsold & Söhne ersetzt wurde. Im Gegensatz zu früheren englischen Meridiankreisen ist die in einem Stück gegossene Fernrohr-Achse mit eingesetzten harten Stahlzapfen versehen, und sind die ebenfalls gußeisernen Rohrhälften innen und außen bearbeitet. Als sonstige Neuerungen traten hinzu: 1. hohle gußeiserne Pfeiler auf gemeinsamer gußeiserner Grundplatte, welche gegen das Stein-Fundament in Azimuth und Neigung berichtigt werden kann, eine für das Einrichten des Instruments bequeme Anordnung; die Pfeiler sind zur Ausgleichung der Temperatur mit Wasser gefüllt und mit einer $5/4$ dicken Schicht eines Gemenges von Paraffinwachs und Bimsstein-Pulver überdeckt; 2. ein ähnlicher Temperatur-Schutz für die (6) langen Mikroskop-Rohre an den Pfeilern, durch Haltung in etwas kürzeren, aber erheblich weiteren Stahlrohren, welche sie mit Wasser umgeben halten, und 3. Theilkreise in Form voller Scheiben, die durch an den Pfeilern befestigte, nur vor den Mikroskopen durchbrochene Kupferhüllen vor Temperatur-Einwirkungen möglichst beschützt werden sollten; es stellte sich aber nach feuchtem Wetter ein so starkes Beschlagen der Theilflächen ein, daß die Ablesungen behindert wurden und die Hüllen deshalb beseitigt werden mußten. — Ein Uhrwerk zu dem unpersönlichen Mikrometer hatte die Repsold'sche Werkstatt grundsätzlich, als nachtheilig, zu liefern abgelehnt; auf Gill's Wunsch wurde aber die Möglichkeit des Anschlusses eines solchen vorgesehen. Gill ließ dann ein elektrisches Uhrwerk von der Société génoise herstellen, dessen Bewegung durch die Achse und das Fernrohr auf das Mikrometer übertragen wurde, wie Braun es schon angegeben hat. Dieser Antrieb hat sich aber nicht bewährt, und es wurde bei Grubb ein anderes Uhrwerk bestellt (Report of H. M. Astronomer, Cape of Good Hope, for 1909), welches 1911 fertig geworden ist. Ueber Beobachtungen mit und ohne Uhrwerk liegt erst ein vorläufiger Bericht vor (Trans. Royal Society of South Africa 2, part 5).

Für zwei durch Linsen großer Brennweite sichtbar zu machende Miren wurde wegen ungünstiger Beschaffenheit des Grundes eine sehr ungewöhnliche Anlage nothwendig. Man fand, als die Pfeiler errichtet werden sollten, daß der Baugrund aus stark verwittertem Gestein bestand, in dem ein zuverlässiger Stand der Pfeiler nicht zu erwarten war. Bohrungen ergaben, daß fester Fels erst in einer Tiefe zwischen $16\frac{1}{2}$ bis 34° vorhanden war, und man entschloß sich deshalb, die Stellung der vier maßgebenden Theile, der Haltungen der beiden Miren und der beiden Linsen, in folgender Weise innerhalb weiter Brunnen auf den Felsgrund zu beziehen (Gill 39—41): Jede der vier Haltungen über Erdboden wurde mit zwei Ost und West symmetrisch zur Meridianebene liegenden Bohrlöchern versehen, davon eins größer und mit einem Faden, der vor einer stark beleuchteten mattweißen Fläche in der Brennebene eines nahe dem Grunde des Brunnens, aber noch oberhalb eines Quecksilber-Horizontes dort befestigten Objectivs liegt und, auf diesem Wege reflectirt, in einem oben an der Haltung angebrachten Mikroskop zugleich mit dem zweiten Bohrloch sichtbar wird. Die Haltung ist von Ost nach West verschiebbar, um die Einstellung des Fadens auf das kleinere Bohrloch zu ermöglichen, und Unterschiede in seinen an einer Theilung abzulesenden Einstellungen würden den doppelten Betrag einer Versetzung der Mire (oder Linse) angeben, mit der sie verbunden sind. Diese erwies sich als sehr gering. — Um die $16\frac{1}{2}^{\circ}$ bis $30\frac{1}{2}^{\circ}$ tiefen Brunnen wasserdicht zu halten, mußten sie

ganz mit Gußeisen-Ringen ausgesetzt werden, von so großem Durchmesser, daß man hinabsteigen kann. — Die Miren liegen um so viel unter dem Horizont, daß ihre beiden Linsen großer Brennweite unter zwei horizontalen Collimatoren in Höhe des Hauptfernrohres Platz finden. Brennweite und Oeffnung der Collimatoren sind denen des Fernrohres gleich; der eine hat ein Mikrometer für Höhe, der andere eins für Azimuth. — Für das Fundament des Meridiankreises begnügte man sich damit, den verwitterten Grund auf 16° Tiefe auszuheben und die Grube zur Hälfte der Höhe mit einer Betonschicht, darüber mit einem Sandstein-Lager für die Pfeiler und für die Bahn eines fahrbaren Quecksilber-Horizonts für Reflex-Beobachtungen auszufüllen. — Um schädlichen Einflüssen starker Niederschläge vorzubeugen, wurde das Gebäude in einem Abstande von einem 10° tiefen Abzugsgraben umgeben und dieser, sowie auch die kleine Insel, mit Cement abgedeckt. — Sehr zweckmäßig ist die von Gill schon früher (Cape Catalogue 1885, XLVIII) vorgeschlagene Form des Meridianhauses, besonders das cylindrische, der Achse des Instruments concentrische eiserne Dach, das in zwei Hälften, nach Ost und West, auseinander zu fahren ist. Es war nur folgerichtig, auch den Fußboden von Eisen zu machen und freizulegen, so daß die darunter hinstreichende Luft ihn in Temperatur erhält; gegen die Pole hin kann das freilich recht unbequem sein.

Neben den größeren Werkstätten entstand um 1856 in London eine neue unter John Browning; sie lieferte vorzugsweise Teleskope mit Glasspiegeln und Aufstellungen dazu in zweckmäßiger Form [Fig. 211], später auch Spectroskope.

In ähnlicher Weise war auch Hilger¹⁾ thätig, der 1870—75 bei Browning gearbeitet hatte, dann 1878 seinem älteren Bruder, Adam²⁾, bei Einrichtung einer Werkstatt in London behülflich war und diese 1897, nach des Bruders Tode, selbst übernahm. Inzwischen hatte er seit 1888 in Lord Blythwood's Laboratorium an einer Theilmaschine für Refractions-Gitter gearbeitet, über die nichts bekannt ist (M. N. 58, 138; 63, 199). — Die Werkstatt besteht jetzt unter der Firma Adam Hilger und liefert anerkannte spectroskopische Apparate.

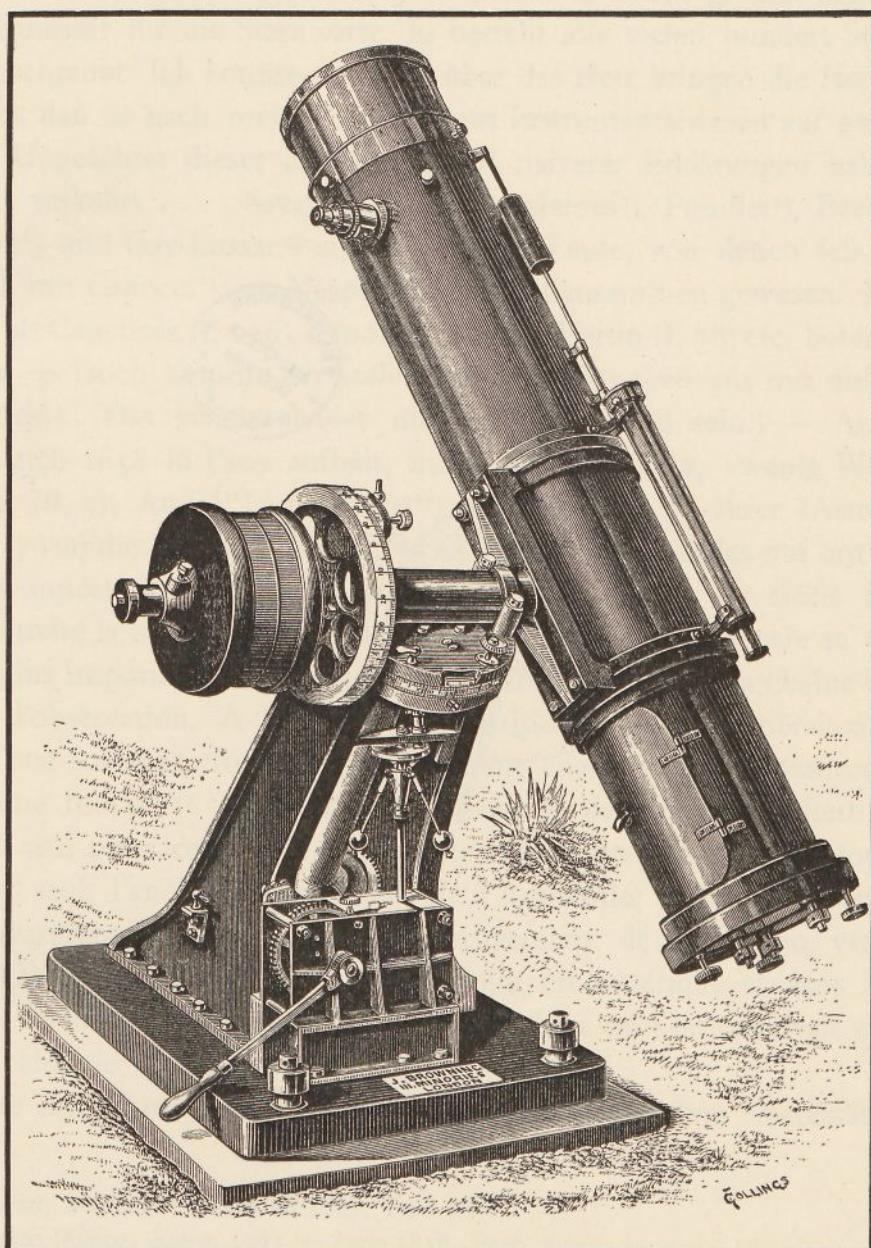
15. Die Werkstätten in Paris von 1830 ab.

In Frankreich war die beobachtende Astronomie dauernd in geringer Thätigkeit. Arago (I, 127), der seit 1830 die Pariser Sternwarte leitete, war vorwiegend Physiker, und die magnetischen und meteorologischen Beobachtungen spielten bei ihm eine große Rolle. Am 12. Februar 1830 wird zwar in der *Monthly Notices* (1, 157) berichtet: »The Royal Observatory of Paris is also an object of increasing interest; a splendid equatoreal of Gambey (I, 126) has been added to its collection; and the transit instrument by the same so long and anxiously looked for by our confrères of Paris, is at length placed on its piers.« — Steinheil dagegen schreibt am 2. Juni 1837 aus Paris, wo er sich aufhielt, um Maße und Gewichte mit den französischen Ur-

¹⁾ Otto Hilger, Darmstadt 1850 — London 1903.

²⁾ Adam Hilger, Darmstadt 1839 — Brighton 1897.

Fig. 211



12^{1/2}-Equatorially mounted Reflector,

nach Chambers, Handbook, 1890.

maaßen zu vergleichen, an Adolf Repsold: »Auf der Sternwarte habe ich die Leute »sehr flau gefunden für alles was ich aus Deutschland mitbrachte. Ueberhaupt ist der »Eifer für Astronomie sehr gering — auch sind sie nicht wenig zurück. Gambey hält »sehr viel von sich und seinen Werken. Alles Andere ist in seinen Augen nichts. »Arago hat ihn eigentlich verwöhnt. Ich zweifle, daß er je aus seinen complicirten »Constructionen wieder herauskommt. Jetzt macht er einen großen Mauerkreis von »5 Fuß Durchmesser für die Sternwarte. Er besteht aus vielen hundert Stücken!! alle »zusammengeschraubt. Ich konnte es nicht über das Herz bringen die Herren (?) nicht) »zu versichern, daß sie nach meiner Ansicht im Instrumentalwesen auf ganz falschem »Wege sind. Ungeachtet dieser und noch weit naiverer Erklärungen haben wir viel »mit einander verkehrt . . . Savart¹), Dulong²), Melloni³), Pouillet⁴), Becquerel⁵) vor »allen Poisson⁶) und Gay-Lussac⁷) sind sehr nette Leute, von denen ich viel gelernt »habe — auch mit Capocci⁸) aus Neapel bin ich viel zusammen gewesen. Die hiesigen »Werkstätten als Cauchoux (I, 126), Lenoir⁹), Pixii¹⁰), Fortin (I, 78) etc. boten mir wenig »Interessantes. — Doch komme ich hoffentlich von München aus mit mehr Muße auf »all' das zurück.« (Das scheint leider nicht geschehen zu sein.) — Auch R. Wolf findet, als er sich 1838 in Paris aufhält, nicht, was er suchte, »wenig Wolle für viel Geld« (V. J. S. 29, 3); André¹¹) und Rayet¹²) aber schreiben in ihrer »Astronomie pratique« 1874 (I, VIII) die traurigen Worte: »Les guerres continues qui ont ensanglé »les dernières années du XVIII^e siècle et les premières années du siècle actuel rédui- »sirent à l'inactivité la plupart de ces établissements, et lorsque la paix se trouva enfin »rétablie, les plus importants seuls restaient debout pour renouer la chaîne interrompue »des travaux d'observation. A l'étranger, la renaissance fut en général rapide: »En France, l'état social se trouvait complètement changé; les corporations religieuses »avaient presque toutes été dispersées, les universités de province étaient supprimées. »L'Etat, resté seul pour créer et entretenir des Observatoires, consacra toutes ses res- »sources à un seul, l'ancien Observatoire de l'Académie; aussi les Observatoires de »province disparurent-ils presque tous successivement, de sorte que, vers 1850, sur »deux cents Observatoires disséminés en Europe, en Amérique et dans les Colonies »européennes, la France n'en possérait plus que deux où l'on observait encore: celui »de Paris et celui de Marseille.«

Ueber die um 1830 in Paris bestehenden astronomischen Werkstätten ist vor-

¹⁾ Félix Savart, Mezières 1791, Paris 1841, Prof. phys.

²⁾ Pierre Louis Dulong, Rouen 1785 — Paris 1838, Prof. phys.

³⁾ Macedonio Melloni, Parma 1798 — Portici 1854, Prof. phys.

⁴⁾ Claude Mathias Pouillet, Cusano 1790 — Paris 1868, Prof. phys.

⁵⁾ Antoine César Becquerel, Châtillon sur Loing 1788 — Paris 1878, Acad. Paris.

⁶⁾ Siméon Denis Poisson, Pithiviers 1781 — Paris 1840, Acad. Paris.

⁷⁾ Louis Joseph Gay-Lussac, St. Léonard in Limousin 1778 — Paris 1850, Prof. chem.

⁸⁾ Ernesto Capocci, Picinisco 1798 — Neapel 1864, Dir. obs. Capodimonte.

⁹⁾ der jüngere Le Noir (I, 126) war 1827 gestorben, über den Nachfolger ist nichts bekannt.

¹⁰⁾ baute Magneto-Elektrisirmschinen (Wolf § 157).

¹¹⁾ Charles Louis André, Chauny (Aisne) 1842, Dir. Obs. Lyon.

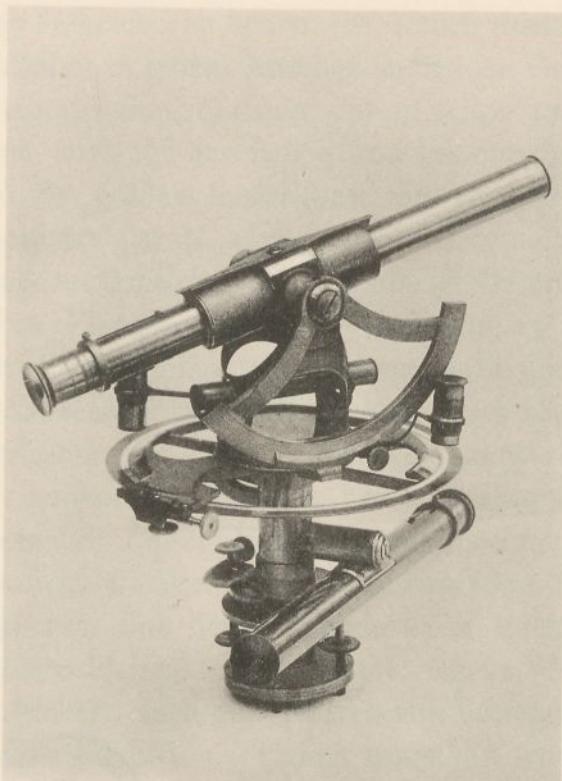
¹²⁾ George Rayet, Bordeaux 1839—1906, Dir. Obs. Bordeaux.

weg Folgendes zu bemerken: Neben dem 80-jährigen Fortin und dem seit etwa einem Jahrzehnt in gutem Ansehen stehenden Gambey sind der jüngere Le Noir (I, 126) und Lerebours (I, 126) thätig, dessen schon 1789 entstandener optischer Betrieb mehr und mehr auch auf den Bau ganzer Instrumente ausgedehnt wurde; in einer bei Gelegenheit der großen Ausstellung von 1839 gedruckten »Notice sur quelques instruments construits par N. et P. Lerebours, opticiens de l'Observatoire et de la Marine« (Anhang zu Daguerre's »Historique et Description du Daguerréotype«, 1839) sind angegeben: Fernrohre bis zu 12^z Oeffnung, 25^f Brennweite, darunter eins von 6^f parallaktisch mit Uhrwerk aufgestellt, auch nautische und geodätische Instrumente (Cercle à réflexion, Cercle répétiteur). — N. Lerebours starb 1840, und P¹ Lerebours vereinigte sich 1844 mit Marie François Louis Secretan (Lausanne 1804 — Paris 1867), der seit 1854 allein, später mit seinem Sohn Auguste (Lausanne 1833 — Paris 1874) arbeitete. Nach Auguste's Tode übernahm dessen Vetter George Secretan (Lausanne 1837 — Paris 1910), ingénieur opticien, die Werkstatt, in der von 1844 bis 1866 als »directeur des ateliers« Wilhelm Eichens¹) eine hervorragende Rolle spielte. Nach seiner Trennung von Secretan errichtete Eichens in Paris seine eigene Werkstatt und hat eine bedeutende Thätigkeit entwickelt; auch die späteren von Secretan übernommenen Aufträge scheinen großentheils nach Eichens' Plänen ausgeführt worden zu sein. Eichens' Werkstatt wurde nach seinem Tode fortgeführt von Ferdinand Paul Gautier (Paris 1842—1909). — Auch die 1828 von Johann Brunner (Solothurn 1804 — Paris 1863) gegründete Werkstatt hatte einen guten Ruf erlangt. Die Söhne, Emil (gest. 1895) und Otto Léon (gest. 1902 oder 1904) übernahmen die Werkstatt des Vaters. — Hauptsächlich als Optiker hatte sich auch weiterhin Cauchoix (I, 126) ausgezeichnet; er baute indeß auch Meßinstrumente, z. B. das 6-füßige Durchgangs-Instrument in Straßburg. Im Verein mit dem Glasfabrikanten d'Artinges war es ihm um 1800 gelungen, die ersten größeren Flintglas-Linsen in Frankreich (von 45¹ Durchmesser) von solcher Güte herzustellen, daß seine Fernrohre denen Dollond's den Rang abliefern (M. C. 23, 382 ff.). Später bezog Cauchoix sein Glas von Guinand (I, 96), und 1823 vollendete er das (I, 126) erwähnte 11-zöllige Objectiv. Im Jahre 1836 trat Cauchoix wegen geschwächter Gesundheit seine Werkstatt an Rossin ab (Lamont, Jahrbuch 1838, 169). — Guinand's Betrieb wurde von seinem Sohn Aimé Guinand fortgeführt, 1832 nach Paris verlegt, von Charles Feil (gest. Paris 1887), A. Guinand's Schwiegersohn, mit gutem Erfolg erweitert (Wolf § 142, A. N. 8, 342 ff.) und später von Mantois, dann von dessen Schwager Numa Parra fortgeführt. — Für kleinere Instrumente werden N. Soleil (Paris 1798—1878), dessen Nachfolger Duboscq, Joseph Deleuil (Paris 1805—62) und dessen Sohn Jean Adrien (geb. Paris 1825) öfter genannt; auch Lennel, Bellet, Froment und Rigaud.

Die Uhrmacher-Kunst verlor in A. L. Breguet (I, 127), der sich 1833 zurückzog, ihren besten Vertreter. Der Sohn, im Verein mit Lassieur und Trédos, führte die Werkstatt fort; sie haben die Firma Breguet, Neveu & Cie angenommen. — Die Re-

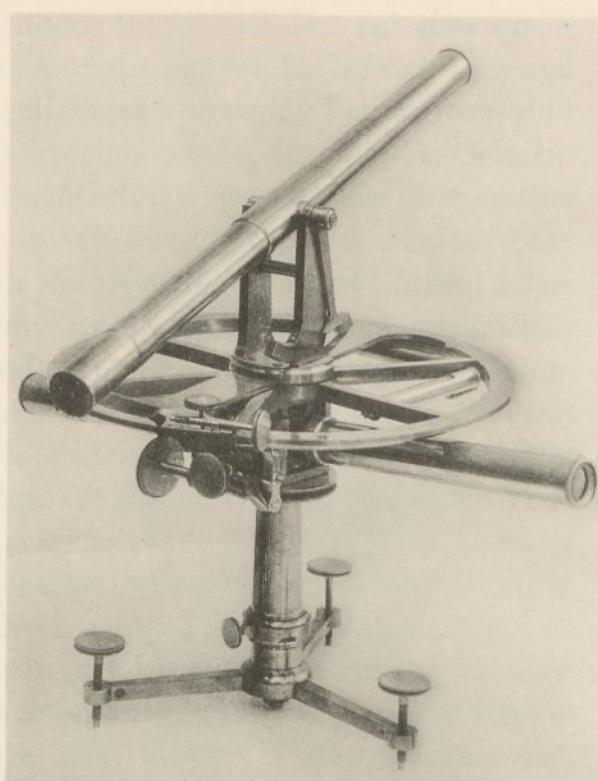
¹⁾ Friedrich Wilhelm Eichens, geb. in Berlin 1820 (nach dem Einwohner-Melde-Amt in Berlin, wo er 1836 als 16-jähriger Sohn des »Güterbestätigers« Gottlieb Friedrich Eichens angegeben wurde), war vermutlich ein Bruder des bekannten Kupferstechers Eduard Eichens (Berlin 1804—77), der zeitweilig in Paris lebte und Anlaß gegeben haben mag, daß auch Friedrich Wilhelm dorthin ging; gest. Paris 1884.

Fig. 213



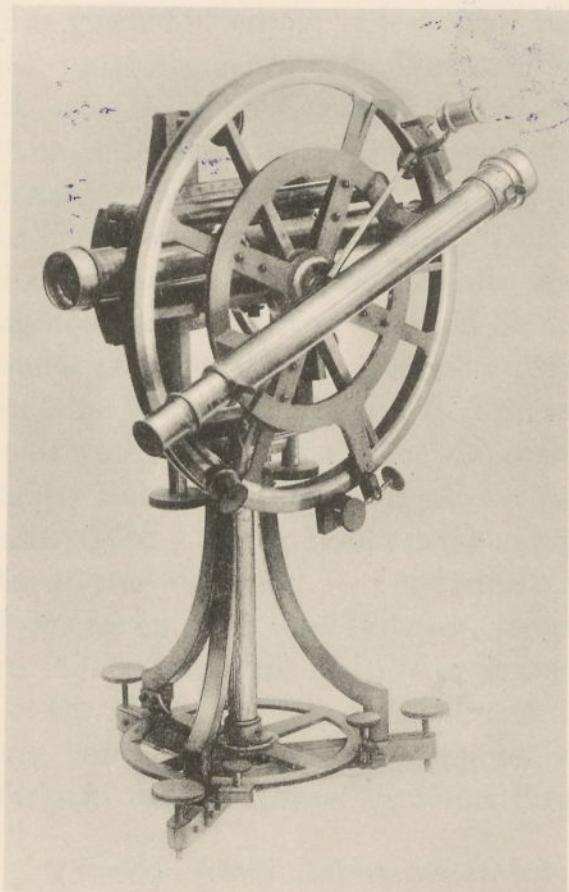
Jecker's Théodolite répétiteur, 1805,

Fig. 212

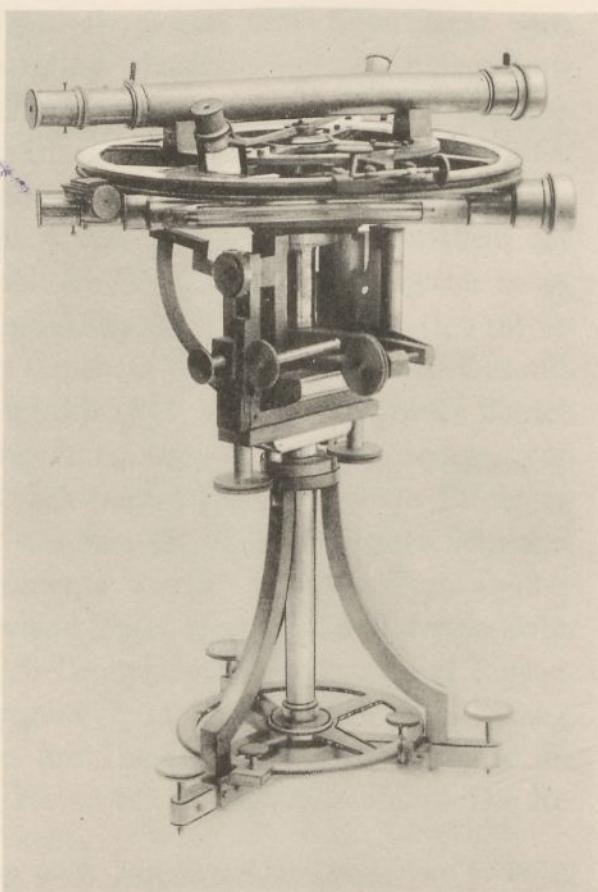


Le Noir's Théodolite non-répétiteur, um 1800,

Fig.
214



Gambey's Cercle répétiteur, 1820,
nach Berthaut, La Carte de france 1, 1898.



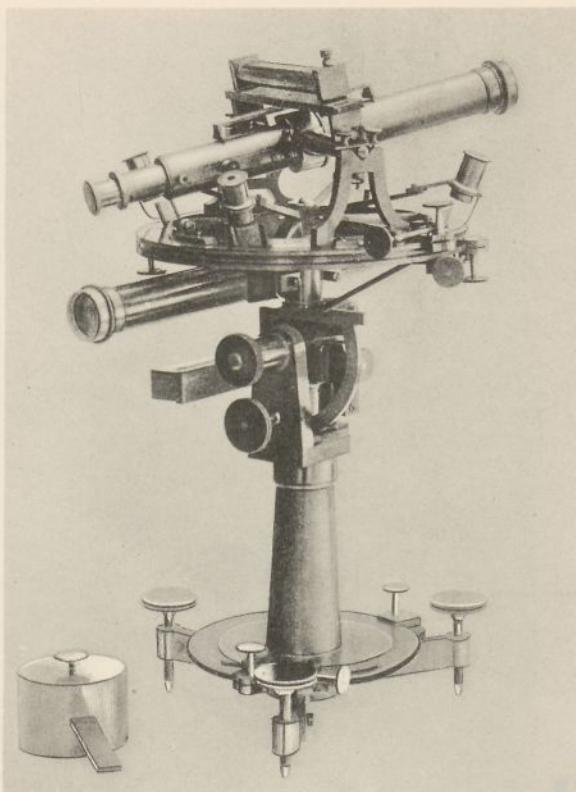
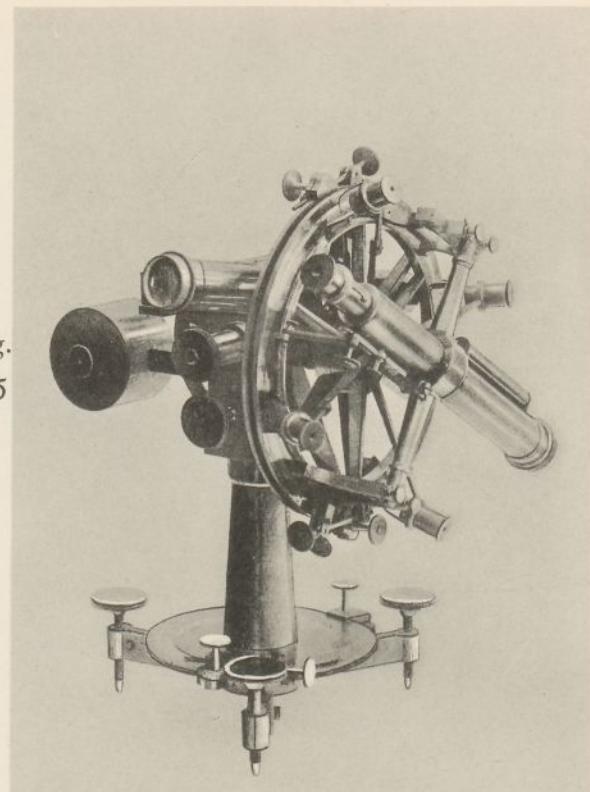


Fig.
215



Théodolite à cercle unique, um 1820,

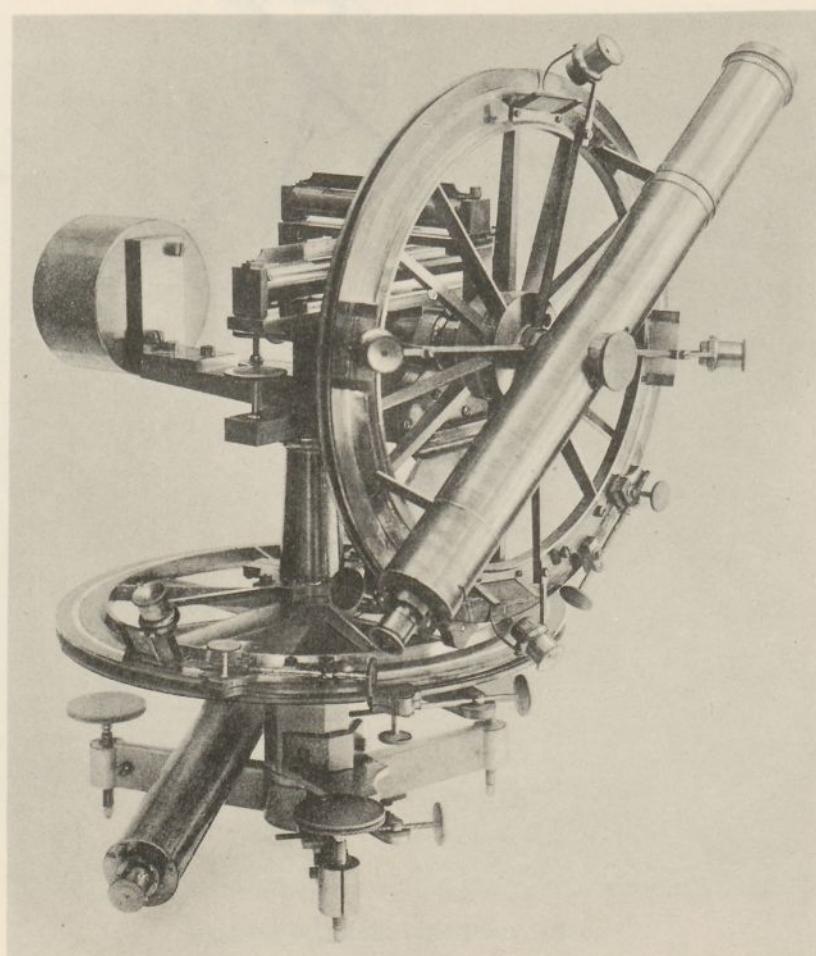


Fig. 216

Théodolite à deux cercles, 1825,
nach Berthaut, La carte de France 1, 1898.

gierung war übrigens bemüht, die Uhrmacherei zu heben; Percelet (I, 127) wurde 1832 als Leiter einer Uhrmacher-Schule angestellt, und man kaufte, wie in England, gute Chronometer zu guten Preisen für die Marine an (A. N. 10, 275; 11, 259). — Später, nach 1830, zeichnete sich Winnerl aus, ein Schüler von Kessels und Jürgensen, dessen Arbeiten von beiden schon 1829, als er noch in Kopenhagen lebte, gelobt wurden (A. N. 7, 217 ff., s. auch 20, 145).

Gambey, dessen Arbeiten wir zunächst betrachten, hatte, als er etwa 1815 nach Paris kam, die Borda-Kreise (*Cercles répétiteurs*) in großem Ansehen gefunden. Sie waren meist von Lennel, Le Noir und Fortin ausgeführt worden, zu Anfang des 19. Jahrhunderts aber auch von Bellet und Jecker, in ganz ähnlicher Form. Diese Instrumente waren insofern etwas unbequem, als sie in der Ebene der zu messenden Objecte gebraucht und die Winkel auf den Horizont reducirt werden mußten; man war deshalb bei den französischen Vermessungen theilweise zur Benutzung von Theodoliten nach englischem Muster, doch in erheblich bequemerer Ausführung, übergegangen. Nachdem Le Noir um 1800 einen solchen ohne Repetition hergestellt hatte [Fig. 212], baute Jecker 1805 einen repetirenden von 0,20^m Durchmesser [Fig. 213] (Berthaut 1, 100, 107). — Indeß blieben auch die Repetitionskreise nach Borda in Gebrauch, und im Jahre 1818 lieferten Bellet, Fortin und Gambey gleichzeitig je einen Borda-Kreis für das *Dépôt de la Guerre*; diese wurden als die derzeit besten Constructionen dieser Werkstätten bezeichnet (Berthaut 2, 10). Gambey's Instrument ist weniger hoch und daher fester gebaut als die früheren, wie die Reichenbach'schen, denen es auch in dem vollen Alidadenkreis und den zwei Gegengewichten ähnlich ist (Berthaut 1, 106); es ist in Frankreich lange mit Vorliebe benutzt worden [Fig. 214].

In seinen Theodoliten nahm Gambey nicht jene einfache und zweckmäßige Form seiner Vorgänger an, sondern blieb im Wesentlichen bei seinem Borda-Kreise, nur mit dem Unterschied, daß das Fernrohr nicht unmittelbar an den Alidadenkreis befestigt, sondern in zwei Lagern gehalten wurde, die ein Kippen zuließen [Fig. 215]. Die Verdrehung des Kreises um 90° (von annähernd wagerechter zu senkrechter Lage) hatte nun aber wenig Bedeutung mehr, weil das ganze Instrument als Höhenkreis wegen des kippenden Fernrohres unbequem und im Ganzen complicirter und schwerer geworden war. — Das veranlaßte Gambey wohl, neben diesem seinem »*Théodolite à cercle unique*« auch einen »*Théodolite à deux cercles*« zu construiren, bei dem die vom Borda-Kreise übernommene Verdrehung fortblieb [Fig. 216]. Der Horizontalkreis wurde am Dreifuß befestigt und ein Verticalkreis hinzugefügt, der ungefähr dieselbe Lage hat, wie ein Borda-Kreis bei Höhenmessungen. Es ist so eine Art Universal-Instrument entstanden. Nicht günstig ist aber die stark einseitige Lage des Höhenkreises und des Fernrohres, durch die ein starkes Gegengewicht nötig und der Obertheil des Instruments unerwünscht schwer geworden ist¹⁾. In der Ausführung von 1825 wird es als das beste Instrument der französischen Triangulationen zweiter und dritter Ordnung bezeichnet (Berthaut 1, 112); für Messungen erster

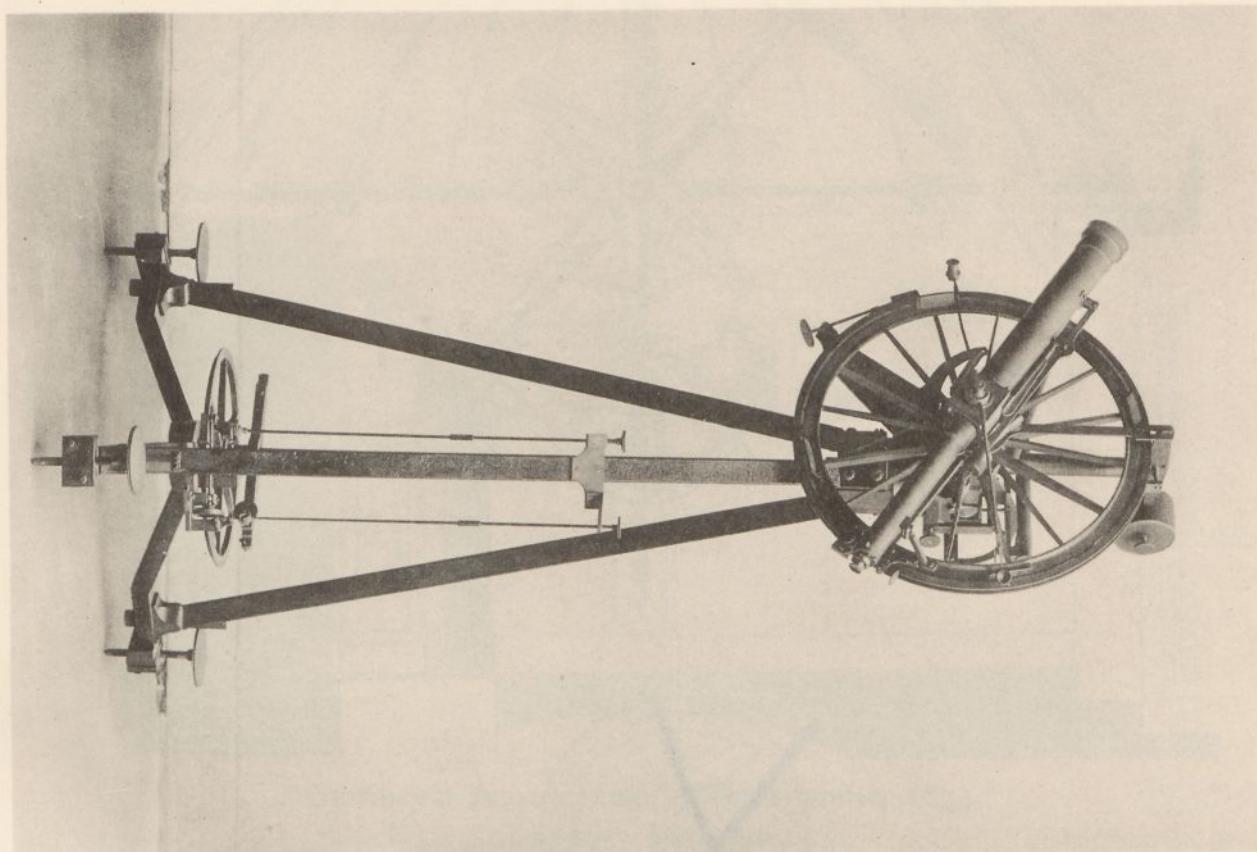
¹⁾ Ganz ähnliche Instrumente baute vor 1854 Froment (Arago 1, 224).

Ordnung verwandte man weiter Gambey's Borda-Kreis (Berthaut 2, 26). — Für die Verbindung der französischen und der englischen Triangulationen baute aber Gambey 1825 einen besonderen Theodoliten von einem Meter Durchmesser (B. 2, 35). (Uebrigens benutzte man 1860 zu Messungen erster Ordnung wieder zwei Borda-Kreise von Gambey (B. 2, 36), 1863 dagegen Gambey's Theodoliten von 0,27^m Durchmesser mit vier Verniers (B. 2, 40); man scheint in der Beurtheilung der Instrumente wenig sicher gewesen zu sein).

Um 1825 baute Gambey ein eigenartiges, ebenfalls für die französischen Vermessungen bestimmtes Instrument, das er »Cercle répétiteur astronomique« nannte, von 18^z Durchmesser, mit vier Verniers und von 29^z Brennweite; ein Höhenkreis, der wohl als Reise-Instrument ohne Pfeiler verwandt werden sollte. Daher der hohe Aufbau der drei schmiedeisernen, unten durch den Dreifuß zusammengehaltenen Beine. — Eine lange, senkrechte Achse mit kleinem, sehr tiefliegendem Kreise gestattet dem Hauptkörper des Instruments Drehung um 180° nach Anschlägen, die durch lange, bis zur Handhöhe heraufreichende Schlüssel in Azimuth zu berichtigen sind. Man scheint danach auf Höhenbeobachtungen in beiden Lagen gerechnet zu haben; man beobachtete aber auch Zenithabstände im Norden und im Süden, um die Biegung des Fernrohres herauszubringen. Ein feines festes Niveau zeigt etwaige Lagenveränderungen der senkrechten Achse an; es ist aber ein zweites, am Kreise bewegliches, vorhanden, welches mit Vorliebe benutzt wird. Den Polstern beobachtet man gern in einem Quecksilberhorizont reflectirt (Mémorial 7, 572) [Fig. 217]. — Die Bauart dieses Instruments läßt befürchten, daß es sehr empfindlich ist. Ein ganz ähnliches, doch mit einem Gestell von Gußeisen, und daher vielleicht etwas fester, hatte Gambey 1823 (oder etwas früher) nach Genf geliefert (Gautier, 192f.); 1825 hat er eins für Marseille in Arbeit (A. N. 4, 225).

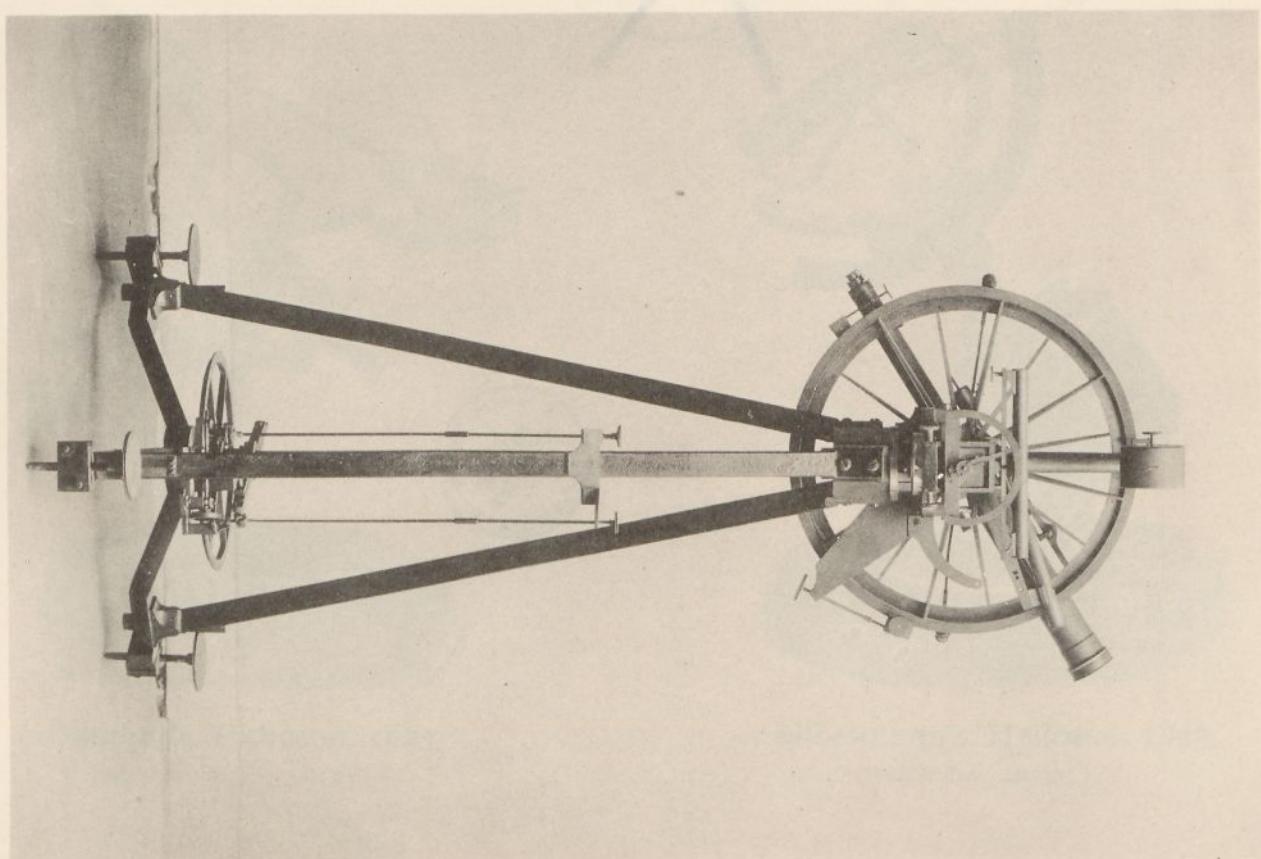
Auch einen Heliostaten hatte Gambey 1823 schon gebaut. Er hält, wie s'Gravesande (vorn Fig. 10) den Spiegel an einem Doppelgelenk und läßt ihn an einem cylindrischen Führungsstab durch eine Gleitbüchse mitführen. Diese wurde bei s'Gravesande von einem getrennt aufgestellten parallaktischen System geführt, das nur eine sehr unvollkommene Declinations-Einstellung zuließ; bei Gambey aber ist das Gelenk des Spiegels an einem Arm befestigt, der nach Norden hin an den festen Theilen des parallaktischen Systems befestigt, aber concentrisch zu diesem Mittelpunkt etwas beweglich ist, zum Zwecke der Einrichtung auf den Beobachtungsort hin. Ein Declinations-Arm mit Theilbogen hält, in gleichem Abstand von diesem Mittelpunkt wie von dem des Spiegels, eine Gleitbüchse für den Führungsstab, dessen Mittellinie in die reflectirende Spiegelfläche fällt und diese in Declination eingestellt erhält, während sie im Stundenwinkel von einem Uhrwerk fortgeführt wird (Daguin 4, 68f.) [Fig. 218]. — Die excentrische Lage des Spiegels kann ein Nachrücken des Beobachtungs-Fernrohres nöthig machen.

Gambey's Aequatoreal von 5^f Brennweite, welches Zahrtmann 1823 in Arbeit sah (I, 126), wurde noch in dem selben Jahre in der Pariser Industrie-Ausstellung gezeigt [Fig. 219], und es wurde schon der kleine nordöstliche Thurm der Sternwarte, in dem bisher ein kleines, nun für Marseille bestimmtes Aequatoreal von Bellet ge-

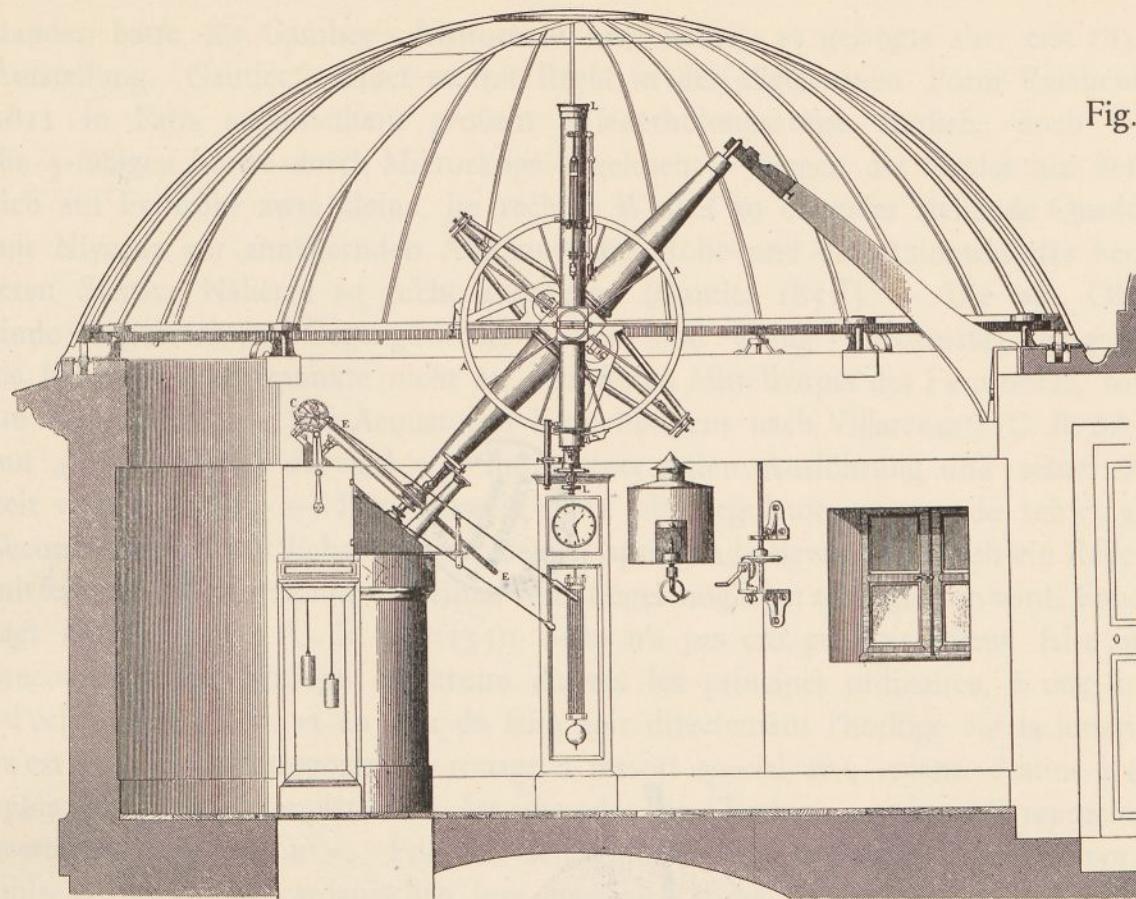


18^e-Cercle répétiteur astronomique, um 1825.

Fig. 217

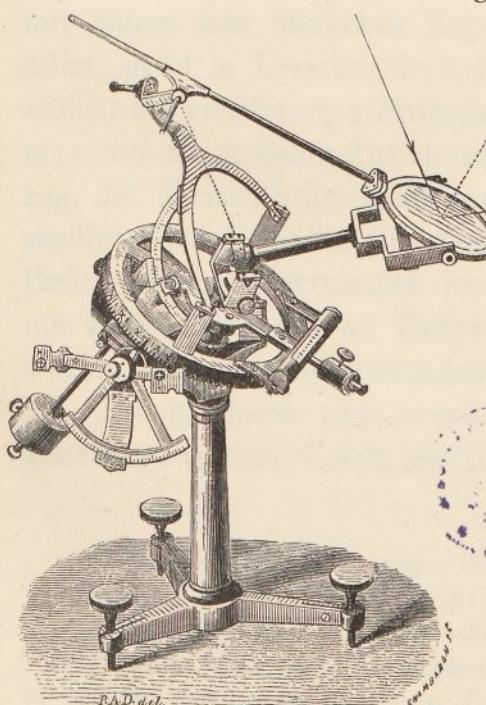


mitgetheilt vom Service géographique de l'Armée, Paris.

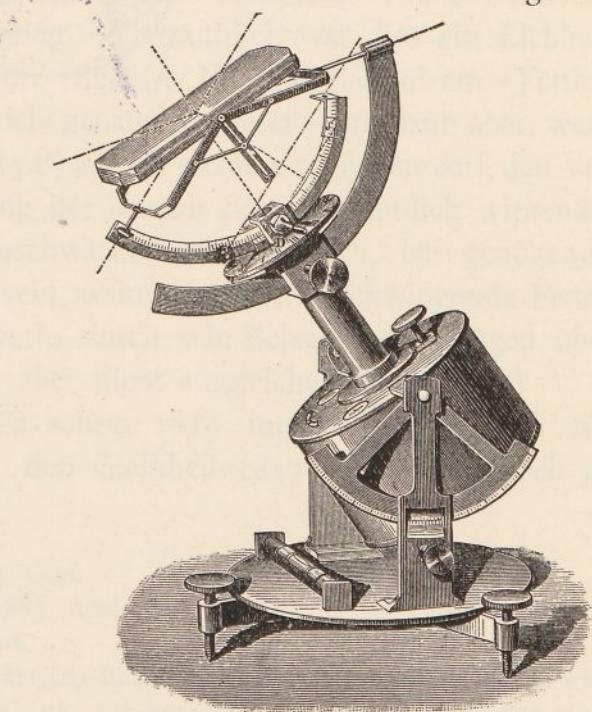


Gambey's Aequatoreal, 5' Brennweite, 1834,
nach Arago, Astronomie.

Fig. 218



Gambey's Heliostat, 1823,
nach Daguin, Physik, 1862.



Silbermann's Heliostat, 1843,
nach Bull. astron. 1.

Fig. 220

standen hatte, für Gambey's Instrument hergerichtet; es gelangte aber erst 1834 zur Aufstellung. Gautier¹⁾ findet es mit Recht in der allgemeinen Form Reichenbach's 1811 in Paris aufgestelltem großem Wiederholungskreise ähnlich; doch wurden die 3-füßigen Kreise durch Mikroskope abgelesen. — Gegen das Ocular hin befinden sich am Fernrohr zwei kleine, im rechten Winkel zu einander stehende Quadranten mit Niveaux zur annähernden Ablesung der Höhe und des Azimuths des beobachteten Sterns; Näheres ist nicht angegeben (Gautier 185 ff). — Die am Objectiv-Ende angebrachten Gegengewichts-Hebel sind wenig zweckmäßig eingerichtet; sie haben ihre Stützpunkte nicht an dem festen Mittelkörper des Fernrohres, sondern am Rohr selbst. — Das Aequatoreal hatte übrigens nach Villarceau²⁾ (C. R. 39, 950) nur 4^f Brennweite; es wird von ihm seiner guten Ausführung und seiner Festigkeit wegen gelobt. — Das Uhrwerk hatte als Regulator ein gerade schwingendes Secundenpendel mit Echappement, dessen springende Bewegung durch ein Räderwerk mit federnder Uebertragung und einen Windflügel möglichst ausgeglichen wird. Foucault³⁾ sagt darüber 1847 (C. R. 25, 155): »On n'a pas cru pouvoir mieux faire que de »recourir à une horloge construite d'après les principes ordinaires, à une horloge »d'échappement . . . et au lieu de faire agir directement l'horloge sur la lunette, on »s'est vu forcé d'intreposer un rouage à ressort spécial et à volant, destiné à effacer »plus ou moins complètement les saccades de l'horloge . . . on lui reproche une »certaine complication⁴⁾«. Foucault schlägt dagegen »un pendule conique« vor, eine einfache, an einem cardanischen (um zwei sich in 90° schneidenden Stiften beweglichen) Gelenk hängende Stange mit daran befestigtem Gewicht, deren Ende vom Uhrwerk in einem geschlitzten Mitnehmer herumgeführt wird. Winnerl bemerkte dazu, er habe schon vor 24 Jahren (1823) in Breslau einen »compteur« von Utzschneider mit einem sehr ähnlichen Regulator gesehen. Vermuthlich war dies ein Liebherrscher; denn in Utzschneider's Preisliste von 1826 (A. N. 7, 312) wird ein »Tertien- »zähler mit kreisförmig schwingendem Pendel« genannt. Dieser hatte dann aber, wenn man von der größeren Ausführung (I, Fig. 152^a) auf die kleinere schließen darf, den Vorteil, die überschüssige Kraft durch Reibung der Kugeln oder der ähnlich wirkenden ausfliegenden Gewichte im Gehäuse abzuschwächen und dadurch, bei genügender Berichtigung, einigermaßen isochron zu sein, während das frei schwingende Pendel nur kurze Störungen im Gange des Uhrwerks durch sein Beharrungsvermögen überwinden, dauernde Widerstandsänderungen aber nicht ausgleichen kann (I, 67).

Erst im Jahre 1843 wurde Gambey's schon 1819 und 1834 öffentlich ausgestellt gewesener Cercle mural (I, 126), den Steinheil 1837 wieder in Arbeit ge-

¹⁾ Alfred Gautier, Genf 1793—1881, Dir. Obs. Genf.

²⁾ Yvon Villarceau, Vendôme 1813 — Paris 1883, Acad. Paris.

³⁾ Léon Foucault, Paris 1819—1868, Obs. Paris.

⁴⁾ Schon Passemant (I, 68) scheint 1757 eine ähnliche Einrichtung gehabt zu haben. Er sagt in seiner »Description et usage des télescopes«, Paris (vor 1763), 78: Cet instrument (un télescope garni d'un micromètre) suivoit le Ciel toute la nuit. Une horloge ordinaire qu'on emploieroit à cet usage, donneroit un mouvement inégal . . . le mouvement imaginé par l'Auteur n'a point ces défauts; le mouvement de l'Astre est sans variation dans le champ du Télescope; l'instrument est stable et l'on peut se servir du micromètre.

sehen hatte, in der Pariser Sternwarte aufgestellt. Es ist anzunehmen, daß diese Verzögerung großentheils durch die Theilung des Kreises verursacht wurde, auf die Gambey viel Mühe verwandte. Das dabei benutzte Verfahren wurde, obgleich Gautier das Wesentliche darüber schon 1823 mitgetheilt hatte (Gautier 191 f.), zunächst möglichst geheim gehalten, und darauf bezügliche Papiere wurden nach Gambey's Tode der Akademie versiegelt übergeben. Im Jahre 1869 konnten sie aber von Ségnier in der Akademie bekannt gemacht werden (C. R. 68, 207). Danach bestand Gambey's Theilmaschine aus einem auf senkrechter Achse aufgestellten Gußkreis mit zwei gleichen, darauf übereinander befestigten Ringen von Plattenmessing. Gambey theilte zunächst die Oberfläche des Kreises unter vier feststehenden Mikroskopen in Quadranten, dann in Unterabtheilungen, und stellte danach auf dem cylindrischen Rande und der Fuge der beiden Ringe mit dem Zirkel eine möglichst genaue Theilung her, die dem Gange der zu verwendenden Tangentschraube entsprach. Dann wurden unter der Loupe nach dieser Theilung mit einer gezahnten Scheibe Lücken eingeschnitten, die sich der Form der Tangentschraube möglichst anschlossen, und endlich ließ man diese selbst, die an einem Ende zu einem Schneidbohrer (Fraise) hergerichtet war, umlaufen, so daß sich ein richtiger Schraubengang einschnitt. Zeigte sich dabei, daß Gang und Lücken nicht genau paßten, so wurden die Ringe etwas abgedreht, bis endlich keine Abweichung mehr zu erkennen war, doch unter Berücksichtigung des Umstandes, daß beim Einschneiden der Gang im Kreise allmählich von etwas kleinerem Durchmesser werden mußte. War das berichtigt, so wurde längere Zeit fortgeschnitten und dabei zur Ausgleichung nach jedem Umgange des Kreises der Anfangspunkt geändert. So weit war im Wesentlichen Ramsden's Verfahren übernommen worden. Gambey suchte die Ausgleichung des Ganges noch dadurch zu vervollkommenen, daß er mehrfach die beiden Ringe aufeinander verdrehte, so daß die halben Gewindgänge gegen einander versetzt wurden, und daß er an dem Lager des Schneidbohrers einen Anschlag herstellte, der das Eindringen nur auf eine bestimmte Tiefe zuließ. Um endlich doch noch übergebliebene Fehler möglichst auszugleichen, wurden vier Tangentschrauben angeordnet, die, durch Uebertragungen miteinander verbunden, den Muttergang im Quadrat umfaßten. Man sieht nicht, was damit erreicht werden konnte, wenn nicht eine Federung des quadratischen Systems eintrat, und darauf hat wohl Gambey auch gerechnet. Denn er hob schließlich die Führung der senkrechten Achse des Kreises im oberen Lager auf und ließ den Kreis nur zwischen den vier Schrauben gehen, die sich nun miteinander abfinden mußten, wie sie es konnten. Da unter diesen Umständen eine genau kreisförmige und zu dem Drehungszapfen centrische Bewegung des Kreises nicht angenommen werden durfte, vielmehr zu erwarten war, daß ein an der Drehungssachse und dem Muttergewinde des Originalkreises geführtes Reißerwerk eine unregelmäßige Excentricität im umgekehrten Verhältniß des Theilungsdurchmessers eines zu theilenden Kreises auf diesen übertragen würde, so verband Gambey das Reißerwerk durch ein doppeltes Parallelogrammgelenk mit zwei festen, vom Kreise getrennten Punkten und gab dem Reißerwerk damit eine unveränderliche Richtung. Da der mit dem Originalkreise fest verbundene, zu theilende Kreis die beim Fortschreiten der Theilung stattfindenden Richtungsänderungen genau

mitmacht, so wird dann das Reißerwerk nur die einfachen Winkelfehler des Originalkreises übertragen . . . Dies trifft auch zu, wenn die beiden Kreise eine größere Excentricität gegeneinander haben; aber da es nicht schwieriger ist, einen Kreis centrisch auf die Theilmachine zu setzen, als auf seine Achse, so kann es als kein Vorzug der Gambey'schen Theilmachine gelten, daß eine excentrische Lage des zu theilenden Kreises unschädlich ist. Jedenfalls wäre dieser Vorzug durch die complicirte Parallel-Führung des Reißerwerkes zu theuer erkauf.

16. Aus den Comptes rendus und Rapports annuels de l'Observatoire.

Die Sitzungsberichte (Comptes rendus) der Pariser Akademie geben auch weiterhin mancherlei Auskunft, die wir der Zeitfolge nach vorlegen:

Von allgemeinem Interesse ist Arago's Bericht vom 18./6., 1839 (C. R. 8, 172) über die von Niepce¹⁾ und Daguerre²⁾ hergestellten Lichtbilder, die sogenannten Daguerreotypien, auf deren Nutzen für die Astronomie Arago hinweist.

Im Jahre 1843 wurde von Regnault³⁾ ein Heliostat vorgezeigt (C. R. 17, 1319), den Silbermann⁴⁾ von Soleil und Neumann hatte herstellen lassen. Er ist als eine Vereinfachung des 1823 von Gambey ausgeführten gedacht. — Silbermann behält die Verbindung der Spiegelhaltung mit der Polbüchse bei, bringt aber den Spiegel zweckmäßig in den Mittelpunkt der Bewegung des parallaktischen Systems [Fig. 220]. Der Spiegel hängt an zwei Zapfen zwischen zwei Gelenkgabeln, von denen die eine an einem im Kopfe der Polachse verstellbaren Declinationsbogen, die andere an einem festen, doch je nach der Stellung des Beobachters an der Polbüchse verstellbaren Bogen drehbar gehalten wird und die durch ein Parallelogramm mit einander so verbunden sind, daß die Spiegelfläche stets in gleichen Winkeln zu den beiden Gabelzapfen steht. Es hat sich aber als schwierig erwiesen, die Gelenke so fest und genau auszuführen, daß die Bewegung nicht in Folge von Spannungen sprungweise geschieht (Daguin 4, 70f.)

Schon früher (1838) hatte Arago in der Akademie über Versuche mit elektrischer Fadenbeleuchtung berichtet (C. R. 6, 242), im Besondern über ein Mikrometer von Capocci, bei dem sehr feine Metallfäden im Gesichtsfelde durch eine Volta-Säule glühend gemacht wurden. Arago hatte dazu bemerkt, daß er selbst und auch Savary diesen Gedanken schon verfolgt, aber wieder aufgegeben hätten, weil der erhitzte Draht die Bilder beeinträchtigte; 1847 kann er nun mittheilen (C. R. 24, 321), daß er von Breguet mit gutem Erfolg einen Spinnfaden von vorn her durch einen glühenden Draht habe beleuchten lassen, und 1849 zeigt er ein von Froment nach seinen Angaben hergestelltes Mikrometer vor, bei dem auch die Beleuchtung durch einen an der Volta-Säule gleitenden Schieber gedämpft werden konnte (C. R. 28, 561).

¹⁾ Joseph Nicéphore Niepce, Châlons sur Saône 1765 — Gras bei Châlons 1833, Militair.

²⁾ Louis Jacques Mandé Daguerre, Cormeille, Seine et Oise 1787 — Bry sur Marne 1851, Maler.

³⁾ Henry Victor Regnault, Aachen 1810 — Auteuil 1878, Acad. Paris.

⁴⁾ Johann Theobald Silbermann, Pont d'Aspach (Dep. Oberrhein) 1806 — Paris 1865, Physiker.

Faye¹⁾ macht 1846 (C. R. 23, 872) einen Vorschlag zu einem Zenithrohr mit Mikrometer, zu dessen Berichtigung ein zeitweilig darüber angebrachter, auf einen Nadir-Horizont einzustellender Collimator dienen soll; es wäre also erst der Collimator (über dem Horizont) an dem Instrument anzubringen und senkrecht einzurichten, dann das Fernrohr, und nach dessen Berichtigung müßte der Collimator abgenommen werden, um dem Fernrohr freien Blick zum Zenith zu lassen. Die Durchführung dieser schwierigen Aufgabe scheint nicht versucht worden zu sein.

Im nächsten Jahre regt Faye an, zur Vermeidung des Einflusses der Temperatur- und Luftdruck-Aenderungen auf Pendeluhrn sie in luftdichtem Gehäuse in einem Keller mit constanter Temperatur aufzustellen. — Auch ein Project von Foucault bringt Faye zur Sprache, wonach durch zwei neben einem Pendel angebrachte Elektromagnete ein Zifferblatt im Beobachtungsraume getrieben werden soll (C. R. 25, 375).

Arago spricht 1853 (C. R. 36, 276 ff.) über den persönlichen Fehler bei Durchgangs-Beobachtungen, schlägt vor, zur Prüfung desselben Sterndurchgänge an dem selben Instrument von verschiedenen Beobachtern aufnehmen zu lassen (wohl ohne zu wissen, daß Mädler²⁾ schon 1833 so verfahren war, A. N. 13, 328) und glaubt, daß die chronomètres à détente, d. h. Chronometer mit Drücker, zum Anhalten des Secundenzeigers, oder solche mit Vorrichtung zur Bezeichnung bestimmter Zeitpunkte durch Absetzen farbiger Punkte auf dem Zifferblatt, oder auch (nach Bond) elektrische Uhren Abhülfe schaffen könnten. — Am 2./10., 1853 starb Arago.

Als Le Verrier³⁾ 1854 die Leitung der Pariser Sternwarte übernahm, war er bemüht, ihre Thätigkeit zu beleben. Obgleich er sich bisher mit praktischer Astronomie wenig beschäftigt hatte, gelang es ihm bald, einen ernsten Fehler, der bisher den Gambey'schen Mauerkreis beeinträchtigt hatte, zu heben (C. R. 85, 585), und bemühte er sich lebhaft um die Anschaffung eines großen Meridiankreises und eines Registrir-Apparats, sowie um die endliche Aufstellung des großen, seit acht Jahren schon bei Brunner in Arbeit befindlichen Aequatoreals. Die Noth war so groß, daß man, um nur gelegentlich kleine Planeten beobachten zu können, einstweilen ein vorräthiges »assez mauvais objectif (240^{mm}/3,48^m) dont le verre est de qualité très-inférieure« mit einer Aufstellung von Secretan versehen ließ; sie war von englischer Form und Airy's Instrument ähnlich, hatte auch die lange Leitstange für Declinations-Einstellung. Das Ganze war meist von Holz und recht schwach (C. R. 39, 949).

Noch im Jahre 1854 wurde der schon 1851 von Arago in der Akademie besprochene Plan einer Längendifferenz-Bestimmung zwischen Paris und Greenwich auf elektrischem Wege (C. R. 33, 322) zur Ausführung gebracht (C. R. 39, 553; M. N. 15, 124). Die Beobachter, Faye und Dunkin, vertauschten ihren Ort. Sie beobachteten die an der anderen Station nach den Faden-Durchgängen gegebenen Signale nach dem Ausschlage einer Magnetnadel; es wurden also die Erfahrungen, welche in Nord-Amerika schon gemacht waren und die zur Benutzung besonderer Registrir-Apparate

1) Hervé Auguste Faye, St. Benoit du Sauls 1814 — Paris 1902, Prof. Astr.

2) Johann Heinrich Mädler, Berlin 1791 — Hannover 1874, Dir. Obs. Dorpat.

3) Urbain Jean Joseph Le Verrier, St. Lô (Dep. la Manche 1811 — Paris 1877, Dir. Obs. Paris bis 1870 und, nachdem Delaunay zwei Jahre im Amte gewesen, von 1872—77 (R. a. 1879, 1, M. N. 38, 164).

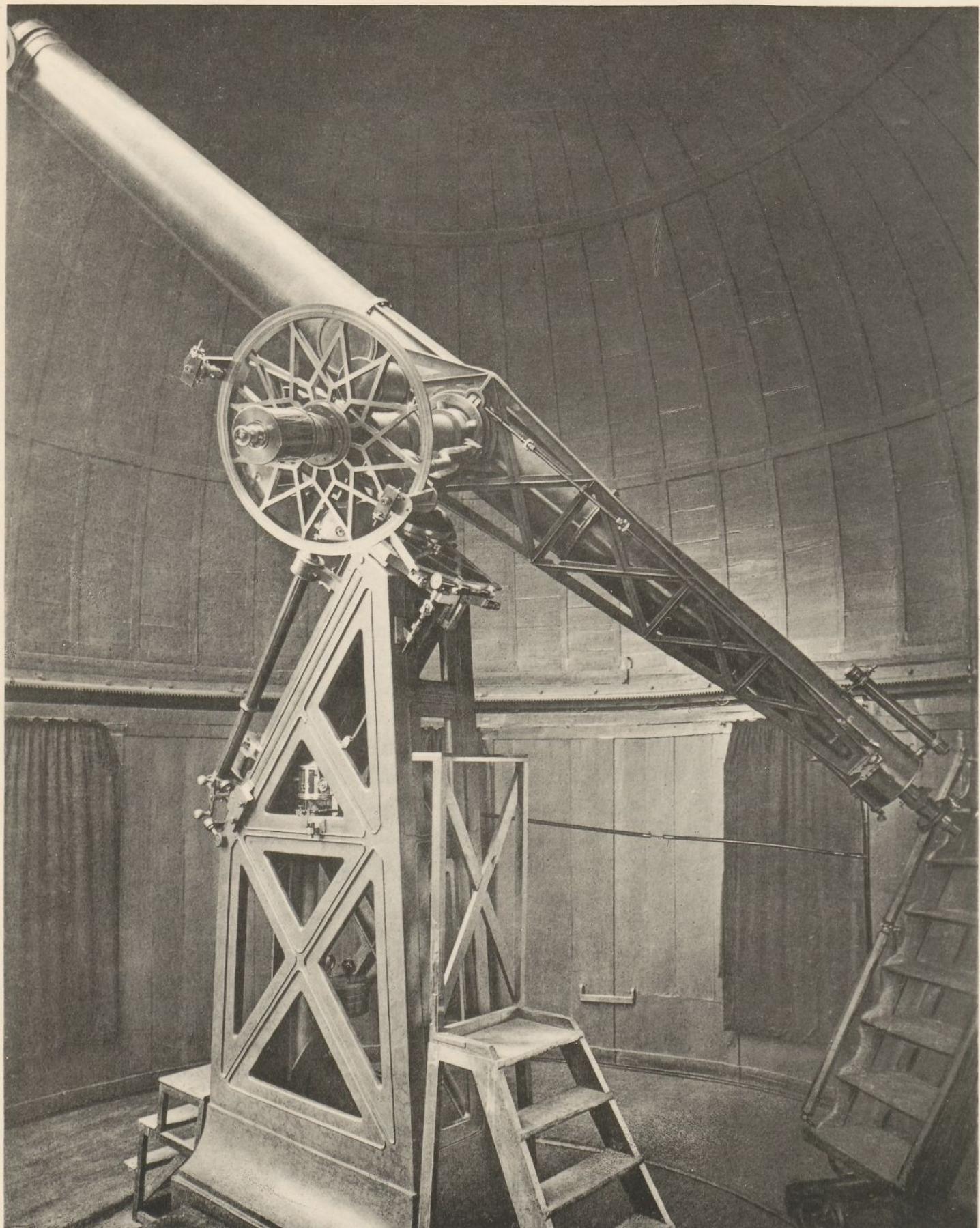
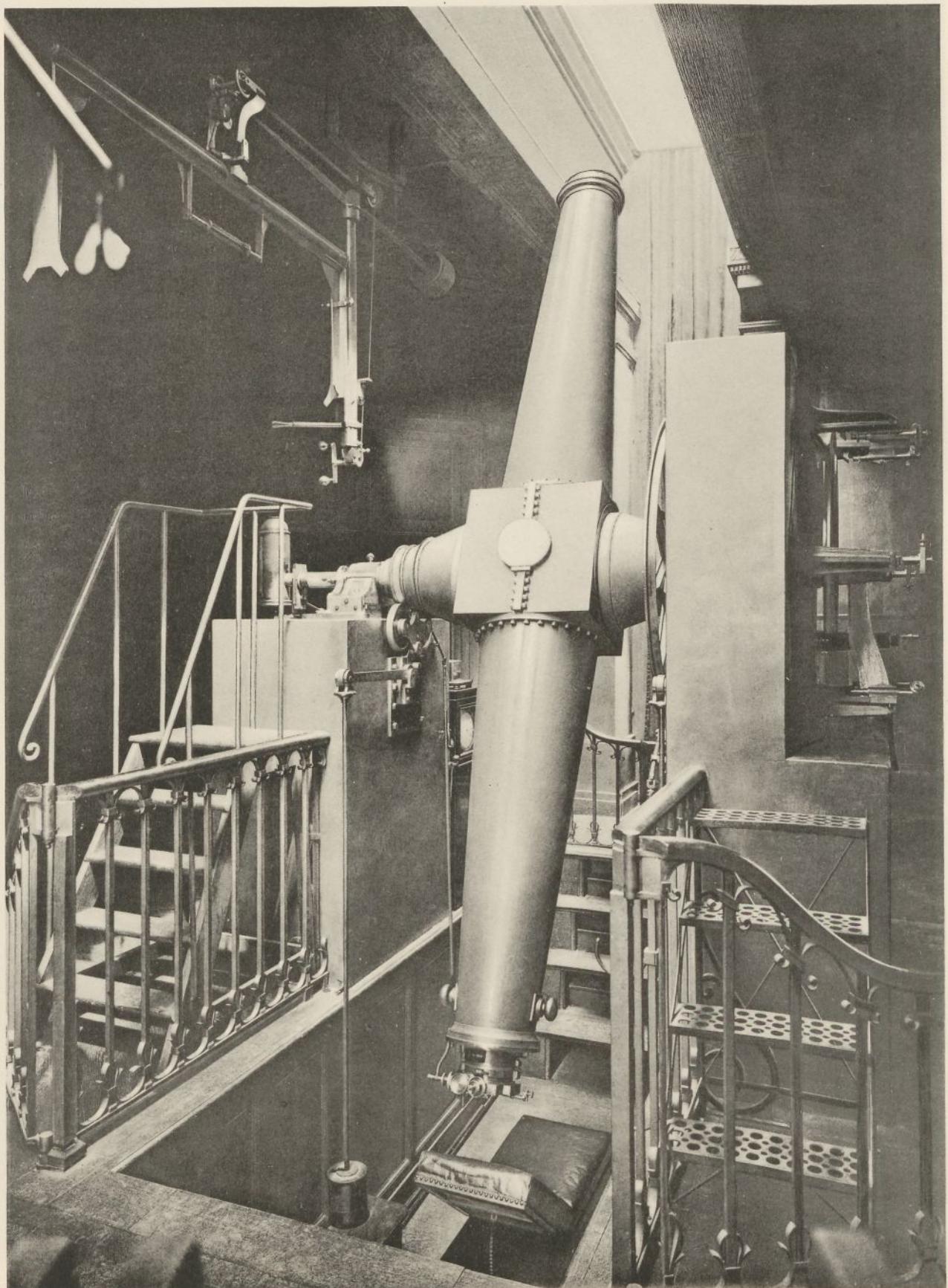


Fig. 221

Equatoréal de l'Ouest, Paris, 5,15^m Brennweite, um 1860,
mitgetheilt von E. A. B. Mouchez.

Fig. 222



Grand Cercle méridien, 3,85^m Brennweite, Paris, 1863,
mitgetheilt von E. A. B. Mouchez.

geführt hatten (Loomis, 306) noch nicht verworfen; man war auch schließlich mit dem Resultat nicht zufrieden, weil der persönliche Fehler nicht, wie man gehofft hatte, verschwunden war.

Um 1857 bestellte Le Verrier das später als *Equatorial de l'Ouest* bezeichnete Instrument von 316^{mm} Öffnung, 5,15^m Brennweite, einen Meridiankreis von 240^{mm} Öffnung, 3,85^m Brennweite (den *Grand Cercle méridien*) und ein Glasspiegel-Teleskop von 0,80^m Öffnung, 5^m Brennweite bei der Firma Secretan père et fils; die Ausführung lag großenteils in Eichens' Händen (Carl 1, 299ff.).

Das Aequatoreal, für welches Villarceau die Grundzüge angab [Fig. 221], ruht mit seiner freiliegenden Stundenachse auf einem durchbrochenen Gußeisen-Pfeiler, der das Uhrwerk enthält; die Declinations-Achse liegt über einer gegen die Stundenachse befestigten Platte mit Gegengewichts-Hebeln zur Aufhebung des Lagerdruckes. — Der Stundenkreis liegt oben, unter der Declinations-Lagerplatte, und wird durch zwei lange, vom Fußboden aus bequem erreichbare Mikroskope abgelesen; die Ablesung des Declinations-Kreises geschieht ebenfalls durch Mikroskope. — Das Fernrohr besteht aus einem gegossenen Mittelkörper mit zwei anschließenden conischen Rohren. Die Declinations-Klemme ist ungewöhnlich lang und reicht bis zur Stellschraube hinab; sie wird durch eine Tangentschraube festgestellt. Die Stunden-Klemmung und -Feinstellung geschieht durch lange, mitzuführende Schlüssel. — Die Uhrschraube wirkt an einem Bogen; das Uhrwerk ist mit einem Foucault'schen Regulator versehen.

Der 1863 vollendete Meridiankreis wurde nach Le Verrier's Angaben eingerichtet [Fig. 222]. Er hat Aehnlichkeit mit dem *Transit Circle* in Greenwich und kann, wie dieser, nicht umgelegt werden. Es ist nur ein Theilkreis vorhanden, von einem Meter im Durchmesser, ein zweiter Kreis trägt eine darauf gleitende Klemmbacke mit am Pfeiler hängender Stellschraube. — Die Achse ist mit einem stehenden Niveau versehen, das durch eine besondere Vorrichtung über das Instrument geführt und umgelegt werden kann. — Die beiden conischen Fernrohrhälften sind von Gußeisen und weder innen noch außen bearbeitet. — Die Gegengewichts-Hebel liegen sehr nahe unter der Achse, so daß ein einseitiger Druck schwer zu vermeiden sein wird.

Das unter Foucault's Aufsicht ausgeführte Spiegel-Teleskop bekam nur eine Holz-Aufstellung und scheint später an die Sternwarte Marseille gekommen zu sein. — Le Verrier's Interesse für die Beobachtungen ließ mehr und mehr nach; er konnte sich wohl auch nicht in die neuen Methoden finden. Noch im Jahre 1864 gab er sein Urtheil über den Nutzen eines Chronographen mit den Worten: »Cela fait de mauvais astronomes« (M. N. 24, 159).

17. Italienischer Excurs.

In den Jahren 1850 bis 1860 brachten die *Comptes rendus* häufig Mittheilungen von Porro¹⁾), der, obgleich durch eine Reihe von Jahren in Paris ansässig, in seinen zahlreichen Projecten und Arbeiten durchaus selbständig vorging und für die Ent-

¹⁾ Ignazio Porro, Pinerolo bei Turin 1801 — Mailand 1875.

Repsold, Astronomische Meßwerkzeuge.

wickelung der mechanischen und optischen Werkstätten in Italien von großer Bedeutung wurde. — Einen Ueberblick über die einschlagenden älteren Arbeiten giebt Riccardi¹⁾ in seinen »Cenni sulla storia della Geodesia in Italia«, Bologna 1879—84. Die Hauptrolle spielten Instrumente für Feldmessung, darunter Umgestaltungen des Meßtisches des Praetorius (I, 23), der »tavoletta praetoriana«, die hier nicht verfolgt werden können; von besonderem Interesse ist aber der Distanzmesser mit am fernen Punkte aufgestellter und an festen Fäden eines Fernrohres abgelesener Meßlatte, den Montanari²⁾ 1674 angegeben hat (Cenni 2, 30^o). Montanari spricht von dem Fernrohr als von etwas ganz Gewöhnlichem, und man darf danach annehmen, daß es, nach dem Vorgange Generini's (I, 41) und Picard's (I, 42), bei den Feld-Meßinstrumenten schon ganz eingebürgert war. — Noch ist zu bemerken, daß Alberti³⁾ 1758 vorgeschlagen haben soll (Cenni 2, 37), mit einem aufgehängten und durch Gewicht in Richtung zum Horizont gehaltenen Fernrohr zu nivelliren, eine vielleicht unbewußte Nachahmung Römer's (I, 49).

Noch bis in die Mitte des neunzehnten Jahrhunderts waren die politischen und wirthschaftlichen Verhältnisse in Italien der Entwicklung von Präcisions-Werkstätten wenig günstig (Cenni 2, 68). Porro, der schon als junger Genie-Offizier in piemontesischen Diensten vielfach bei Vermessungen beschäftigt gewesen war und dabei großes Interesse für schnellmessende Instrumente (Tachymeter) gewonnen hatte, fand daher keine ausreichende Gelegenheit, Verbesserungsprojecte, die ihn beschäftigten⁴⁾, ausführen zu lassen, und gründete selbst, nachdem er 1842 als Major seinen Abschied genommen, in Turin eine Werkstatt. Diese hatte aber keinen genügenden Erfolg, so daß Porro sich 1847 entschloß, nach Paris zu übersiedeln, wo er mit Unterstützung des Grafen Eugen Richmont eine groß angelegte Werkstatt errichtete, die er »Institut «technomatique« nannte; vielleicht (nach Schiaparelli) in der Hoffnung, ein Erbe Gambey's zu werden, der kürzlich gestorben war (Rivista, 298).

Hier begann Porro große Arbeiten und stellte in den folgenden Jahren in dem mit der Werkstatt verbundenen »astronomischen Park« zwei Refractoren auf, von denen der eine das größte der damals bestehenden Fernrohre war. Das von ihm selbst geschliffene Objectiv hatte 0,52^m Oeffnung bei 15^m Brennweite. Das Rohr war altazimthal aufgestellt; Porro hatte aber, als Schiaparelli es im Jahre 1857 sah, die Absicht, es durch eine besondere Uebertragungs-Vorrichtung parallaktisch beweglich zu machen. Das Ocular lag so nahe dem Mittelpunkte der Bewegung, daß der Beobachter seine Stellung vor demselben für alle Lagen des Rohres nur wenig zu verändern brauchte. — Der andere Refractor hatte 0,24^m Oeffnung und war parallaktisch aufgestellt. Er hatte eine ungewöhnliche Art der Stundenbewegung: eine an der Säule drehbare senkrechte Welle griff mit einer horizontalen Ringfläche unter eine am Ende der Stundenachse befestigte Kugel, so daß die Bewegung der Welle sich durch Reibung in der einen Componente auf die Achse übertrug. Schiaparelli findet diese Construction von Inter-

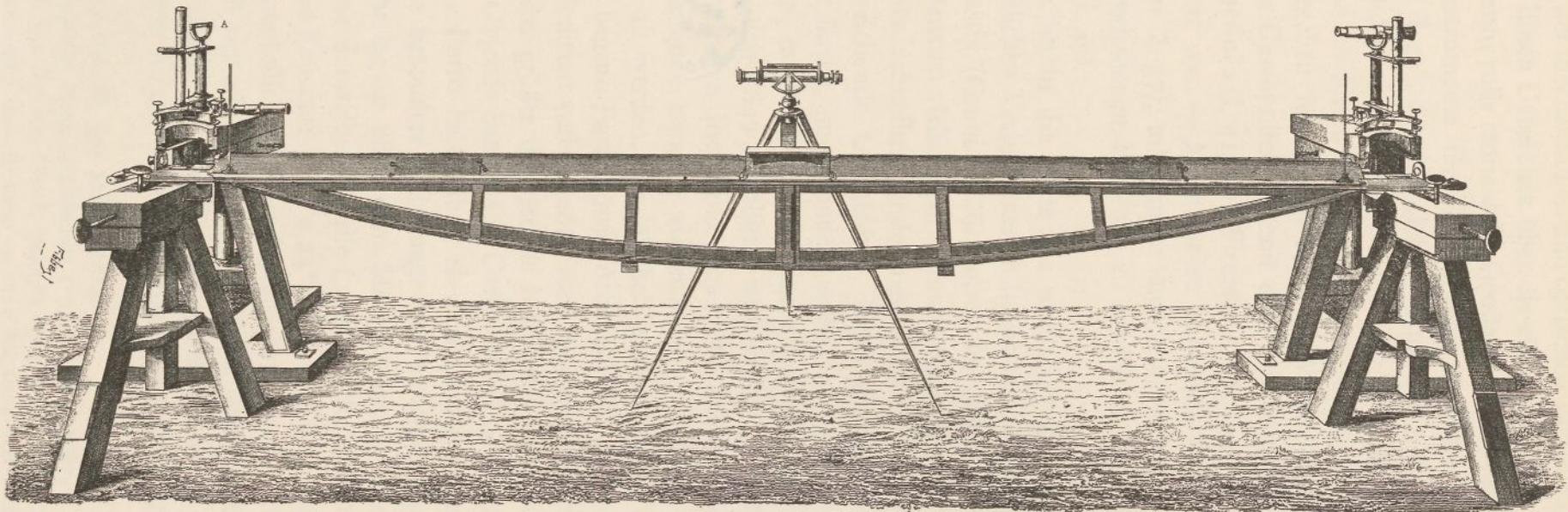
¹⁾ Pietro Riccardi, geb. Modena 1828.

²⁾ Geminiano Montanari, Modena 1633 — Padua 1687.

³⁾ Giuseppe Antonio Alberti, Bologna 1715 — Perugia 1768.

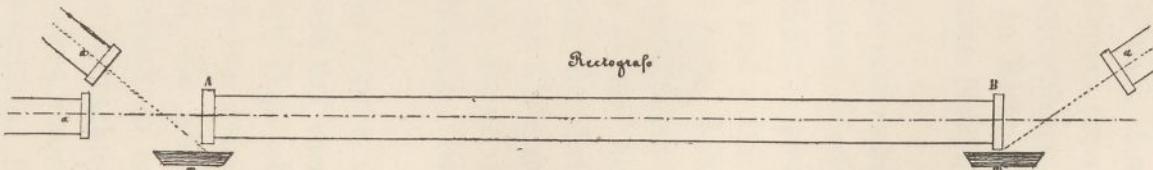
⁴⁾ Einen ersten Versuch hatte er 1823 bis 1826 von Barbanti in Turin ausführen lassen (Porro, 126).

Fig. 223



Basis-Apparat,

nach Secchi, Misura della Base trigonometrica, Rom, 1858.



Porro's Rectograph,

nach dessen Applicazione della Celerimensura, 4. Ed.

Fig. 224

esse, meint aber doch, sie sei zur Nachahmung nicht zu empfehlen, und fügt hinzu: »Così era fatto il genio del Porro: il quale, anch'è nelle sue più belle e pratiche combinazioni, spesso soleva concedere qualche parte alla sua fervida immaginazione, ammettendovi qualche elemento fantastico« (Rivista, 299 ff.) Ein Paar Zahnräder wären in der That vorzuziehen gewesen. — Beide Instrumente scheinen nicht ernstlich benutzt worden zu sein.

Im Jahre 1849 schon hatte Porro der Pariser Akademie Entwürfe zu einem später für Secchi¹⁾ ausgeführten und ihm 1854 überlieferten Basis-Apparat zur Begutachtung vorgelegt (C. R. 29, 666). Die Berichterstatter hielten den Apparat für einfach, gut erfunden und leicht transportabel, schlugen aber vor, als einzige Meßstange nicht, wie angenommen, eine von Kupferrohr umschlossene Holzstange zu verwenden, sondern zwei als Metall-Thermometer verbundene Metallstäbe (C. R. 31, 232 ff.). Secchi hat nachträglich wesentliche Änderungen vornehmen lassen. Nach diesen Umgestaltungen hatte der Apparat (Secchi, Misura della Base sulla Via Appia, Roma 1858, 53 ff.) [Fig. 223] eine Meßstange von 4^m Länge, die aus zwei in der Mitte mit einander als Metall-Thermometer verbundenen Stangen, Eisen und Messing, besteht und in einer Rinne der aus Tannenholz hergerichteten Tragebrücke ruht; ohne Rollen, nur gut geglättet und geölt (levigata perfettamente e renduta lubrica). Man hatte gehofft, das werde bei den fortgesetzten kleinen Erschütterungen genügen, um Spannungen frei zu machen; es zeigte sich aber zweifellos, daß Sprünge stattgefunden hatten (a. a. O. 70 f.). — Die Enden der Stäbe sind auf halbe Höhe abgesetzt und mit getheilten Silberplatten belegt. — Die Neigung der Stange sollte nach Porro mit einem in der Mitte angebrachten, sehr groben Niveau bestimmt werden; Secchi ließ statt dessen an jedem Ende der Brücke einen rechtwinklig aufstehenden Maßstab befestigen und neben der Mitte der Brücke ein Nivellir-Instrument aufstellen, mit welchem die beiden Maßstäbe abgelesen wurden. — Die Holzböcke, auf denen die Brücke mit ihren Enden ruht, sollten nach Porro auch je ein Mikroskop zur Ablesung der Theilungen des Maßstabes aufnehmen; das erwies sich aber sehr bald als nicht zulässig, und Secchi ließ für die Mikroskope besondere, schwere Böcke herrichten, auch die Haltungen wesentlich verstärken. — Die Mikroskope sind, um nicht an einen gewissen Abstand der Theilflächen gebunden zu sein, zwischen Ocular und Objectiv, die in festem Abstande stehen, mit einem durch ein Trieb beweglichen zweiten Objectiv versehen. Dieser Auszug gestattet das unmittelbare Absetzen der Endpunkte auf eine Theilfläche am Erdboden; übrigens ein schon 1831 von Colby benutztes Verfahren. Daß die Vergrößerung in Folge des Auszuges eine schwankende ist, kommt wenig zur Geltung, weil die Mikroskope kein Mikrometer haben. Jedes Mikroskop trägt ein Niveau und ist nicht nur um seine optische Achse drehbar, sondern steht auch, zum Zwecke der Senkrechthaltung, in einer Kugelschale und hat am oberen Ende eine Verstellung zwischen drei Schrauben. Wegen dieses Kugelgelenks vermutlich nennt Porro das Mikroskop »meroscopio« (nach *μηρος* = Gelenk) und wegen seiner Brauchbarkeit in verschiedenen Abständen »meroscopio panfocale« (a. a. O. 54 ff.; C. R. 35,

1) Angelo Secchi, Reggio 1818 — Rom 1878, 1849 Dir. Obs. Collegio romano.

300). — Die Haltung des Mikroskops trägt zugleich in einer Gabel ein kleines Durchgangs-Instrument, welches zum Einrichten in die Grundlinie dient. — Das für diesen Basis-Apparat angenommene Verfahren, eine einzelne Meßstange unter feststehenden Mikroskopen fortzulegen, ist schon 1797 von Tralles und Haßler angewandt worden (vorn S. 38¹).

Neben diesen größeren Arbeiten beschäftigte Porro immer die Vervollkommnung der Tachymeter (Strumenti di Celerimensura), über die er später in seiner »Applicazione della Celerimensura, Creazione del Gran Libro Fondiario«, 4. Ed., Firenze 1862 — Milano 1871 berichtet hat (Porro, 104 ff.), und 1859 übernahm er die Ausführung eines ähnlichen kleinen Universal-Instruments für Reisende nach d'Abbadie's²) Angaben, mit welchem bei großer Einfachheit und Unempfindlichkeit des Apparats ein hoher Grad der Genauigkeit erreicht werden sollte. Mit Ausnahme des am Ende der Achse befestigten Fernrohres sollten Kreise, Niveaux und »tutto quanto« in einem kugelförmigen Gehäuse angeordnet und verschlossen werden; Porro nannte das Instrument deshalb »cleps-ciclo« (Teodolite a circoli nascosti, Porro, 134), oder nach dem Erfinder »cleps Abbadie« (Porro, 112). Er fand aber große Schwierigkeiten in der Ausführung und hat das Instrument nicht vollendet. Er gab gegen Ende 1859 die Leitung des Institut technomatique auf (Porro, 112) und verließ Paris. Es zog ihn nach dem neuen Italien zurück, wo er das durchzuführen hoffte, was ihm vor zwanzig Jahren in dem kleinen Piemont nicht gelungen war (Rivista, 303). — Porro wurde 1863 in Mailand als Professor der »Celerimensura« an der Technischen Hochschule angestellt und gründete dort mit Hilfe vermögender Freunde eine »Tecnomasio Italiano« benannte Werkstatt. Es entstanden aber Uneinigkeiten in der Leitung, und Porro richtete sich 1864 seine vierte Werkstatt ein, die er »La Filotecnica« benannte. Hier wandte er sich nun wieder seinen Cleps-Instrumenten zu, indem er auf seinen Erfahrungen am Cleps-Abbadie weiterbaute. Er gab dem Fernrohr eine starke optische Kraft, reducire dagegen die Kreise nach Möglichkeit und machte sie aus Glas, um trotzdem an scharfen, gut beleuchteten Strichen eine scharfe Ablesung zu erzielen. Schon 1855 hatte er in Paris auf Glas Kreistheilungen von nur 35^{mm} Durchmesser hergestellt, mit 4000 Strichen im Umfang und jeder zehnte Centigrad³) beziffert, und will sie in einem Mikroskop ohne Mikrometer, nur mit fünf Fäden, auf etwa $\frac{1}{100}$ Centigrad = 3",24 abgelesen haben (Porro, 113). — Porro hatte noch viel Schwierigkeiten zu überwinden und konnte erst 1867 den ersten »Cleps-Porro« vollenden. Die in diesem Instrument festgestellte Einrichtung sollte in vier verschiedenen Größen ausgeführt werden: die größte, nur für Arbeiten der höheren Geodäsie bestimmte, mit Fernrohr von 1^m Brennweite³), das zweite von 0,5^m usw. Leider ist die Beschreibung so wenig eingehend und klar und sind die Zeichnungen so dürftig, daß man an diesen verdeckten Instrumenten Vieles errathen muß. Die Kreise sind bei der größten Sorte

¹) Antoine Thompson d'Abbadie, Dublin 1810 — Paris 1897, Acad. Paris.

²) Riccardo meint (Cenni 2, 128) mit Recht, die Einführung der Theilung von 100° auf den Quadranten müsse den Astronomen überlassen bleiben, die sich dann auch zu überlegen hätten, ob nicht die Zeit ebenfalls decimal zu theilen wäre.

³) Ein Exemplar dieser Größe scheint nicht zur Ausführung gelangt zu sein (Porro, 135).

nur 60^{mm} im Durchmesser; sie werden durch zwei in dem cubischen Lagerstück der Fernrohr-Achse befestigte Mikroskope abgelesen, von denen jedes beide Theilungen zeigt, also Höhe und Azimuth giebt. Die Köpfe der Klemm- und der Stellschrauben sind ohne Erklärung ihrer Einrichtung angedeutet. Unter der Säule ist ein magnetischer Apparat (Boussole?) angebracht (Porro 135).

Neben dem Basis-Apparat und den Cleps-Instrumenten führt Porro in seiner Celerimensura als neue Instrumente für höhere Geodäsie noch an: »Un rectografo »anapneumatico« zur Messung der örtlichen Krümmung der Erdoberfläche und ein »tubo zenitale cathydrico«, ein Zenithrohr mit Wasserspiegel zur Bestimmung der Breite und der Zeit. Der Rectograph (Porro, un) ist ein horizontales, an den Enden mit genauen Plangläsern geschlossenes Metallrohr, welches luftleer sein soll und daher Lichtstrahlen streng geradlinig, nicht durch Refraction gekrümmmt, durchgehen läßt, in Verbindung mit drei Collimatoren und zwei Quecksilber-Horizonten. Einer der Collimatoren ist in der Achse des Rohres aufgestellt, um durch Beobachtung von Reflexbildern die parallele Lage der Planflächen zu prüfen, während die anderen beiden je gegen eins der Plangläser in 45° geneigt stehen; die Quecksilber-Horizonte sind unter den Enden des Rohres aufgestellt. So müßten durch Reflexion der oberen Hälfte jedes Collimator-Strahlenkegels an dem Planglas, dann an dem Quecksilber und zurück in die untere Hälfte des Collimators, Spiegelbilder der Fäden neben diesen selbst entstehen, deren Abstände der Erdkrümmung, d. i. der gegenseitigen Neigung der Quecksilber-Oberflächen entsprechen. All diese Reflex-Beobachtungen müßten mit Sicherheit scharf meßbar sein, wenn der Apparat genügen sollte. Das wird nicht zu erreichen sein [Fig. 224].

Das Zenithrohr mit Wasserspiegel (Porro, du) wird weiterhin besprochen werden.

Von Porro's sonstigen Neuerungen, die wohl zum Theil Projecte blieben, sind folgende zu beachten:

1. Um helle Fäden in dunklem Felde zu bekommen, benutzte er als Fadenträger eine rechteckig durchbrochene Glasplatte, deren in geeignetem Winkel geschliffene innere Hochkanten das durch die äußeren einfallende Licht gegen die Fäden wirft, ohne falsches Licht zu geben (C. R. 32, 677). Das Schwierigste dabei ist, das Licht ohne sonstige Störungen zu den Hochkanten gelangen zu lassen.

2. Ein Mittel zur Bestimmung der Biegung eines Fernrohres findet Porro darin, daß der letzten Fläche des Objectivs eine geeignete Form gegeben wird, um neben den Fäden des Mikrometers ihr Spiegelbild erscheinen zu lassen (C. R. 38, 735, 768).

3. Ein »méromètre parallèle ou de transport« nennt Porro ein planparalleles, gegen die optische Achse eines Fernrohres um einen Zapfen mit Theiltrommel drehbares Planglas, welches nur über das halbe Feld reicht; durch eine Drehung des Glases wird der überdeckte Theil eines Fadenbildes, in Folge der Verrückung der convergirenden Strahlen beim Durchgange, eine Verschiebung (transport) gegen das freiliegende erleiden, nach Maß der abzulesenden Drehung und der Dicke des Glases (C. R. 39, 244). Nach späteren Mittheilungen (C. R. 41, 907, 1058) hat Porro dieses Mikrometer schon 1842 erfunden. Es ist aber nichts Anderes, als das 1841 von Clausen angegebene (vorn S. 9). — Porro will übrigens der Platte, wenn nöthig, eine schwache Cylinderkrümmung geben, um die durch die Glasdicke verursachte Verlängerung des Focalabstandes zu heben.

Die Filotecnica ging wenige Jahre vor Porro's Tode in die Hände seines Schülers Angelo Salmoiraghi über, der es verstand, sie weiter auszubilden, indem er auch größere astronomische Instrumente in seinen Wirkungskreis zog; Porro's Tachymeter und Cleps-Instrumente traten mehr zurück, erschienen aber noch, in sehr veränderter Gestalt, in dem Katalog von 1904, in dem von 1907 nicht mehr; hier werden angeboten: Refractoren bis zu 6^m,5 Brennweite, nach einer Skizze, die an Cooke's Construction erinnert, Meridiankreise und Durchgangs-Instrumente bis zu 3^m Brennweite und tragbare, theils mit geradem Fernrohr in der Mitte und von schwerer Construction [Fig. 225], theils mit gebrochenem Fernrohr, nach Pistor & Martins [Fig. 226]; auch Universal-Instrumente mit gebrochenem Fernrohr, Ocular-Mikrometer und mikroskopischer Ablesung [Fig. 227], oder auch mit geradem Rohr [Fig. 228].

18. Weiteres aus den Comptes rendus und den Rapports annuels de l'Observatoire de Paris.

In weiterem Verfolg der Comptes rendus findet sich 1857 ein Bericht von Brunner über seinen vor zwei Jahren für Ibañez ausgeführten Basis-Apparat (C. R. 44, 150 ff.). Er erinnert in mancher Beziehung an Secchi's Apparat und hat nur eine aus zwei verschiedenen Metallstäben (Platin und Kupfer) zusammengesetzte Stange, deren Enden unter senkrechten, auf besonderen Stativen mit Stellungen errichteten Mikroskopen abgelesen werden. Man verließ sich auch hier auf einen unveränderten Stand der Mikroskope während des Fortlegens der Stange, und zwar mit gutem Erfolg (Expériences faites avec l'appareil à mesurer les bases de la Carte d'Espagne, Paris 1860) Zum Absetzen der Endpunkte legt man, statt des Mikroskops, ein Fernrohr mit Auszug auf das Stativ und richtet auf einer Erdplatte ein Strichkreuz in die Absehlinie. Die Neigung der Stangen wird an einem Niveau mit Gradbogen abgelesen [Fig. 229].

Nachdem Faye sein schon 1846 vorgeschlagenes Zenithrohr wiederholt in Erinnerung gebracht hatte, unter besonderem Hinweis auf den Mißerfolg des Zenithrohrs in Greenwich, dessen Ursache er wohl mit Recht in der 180°-Drehung vermutet (C. R. 29, 289 ff.), rieth Porro 1858 (C. R. 36, 482 f.), das obere Fernrohr und den Quecksilber-Horizont durch ein über dem Zenithrohr angebrachtes Gefäß mit durchsichtiger planparalleler Bodenwand zu ersetzen, das mit Wasser gefüllt wird (sein tubo zenitale cathydrico, vorn S. 125), und die Spiegelbilder der Fäden zu beobachten, besonders die von der Oberfläche der Flüssigkeit zurückgeworfenen. Porro hat auch, nach d'Abbadie (A. N. 49, 75), ein solches Instrument ausgeführt, mit dem Offiziere in wenig Tagen die Breite von Paris mit großer Sicherheit bestimmt haben sollen. D'Abbadie bemerkt hier: »Ici comme partout on simplifie en perfectionnant, et l'instrument de M. Porro, qui est une lunette ordinaire surmontée d'un vase d'eau à fond transparent, se laisse transporter facilement et fait de la lunette zénithale un instrument géodésique.« — Faye berichtet endlich 1861 (C. R. 52, 177 ff.) über ein ähnliches Instrument von d'Abbadie. Er begrüßt es als »une simple transformation de ma lunette

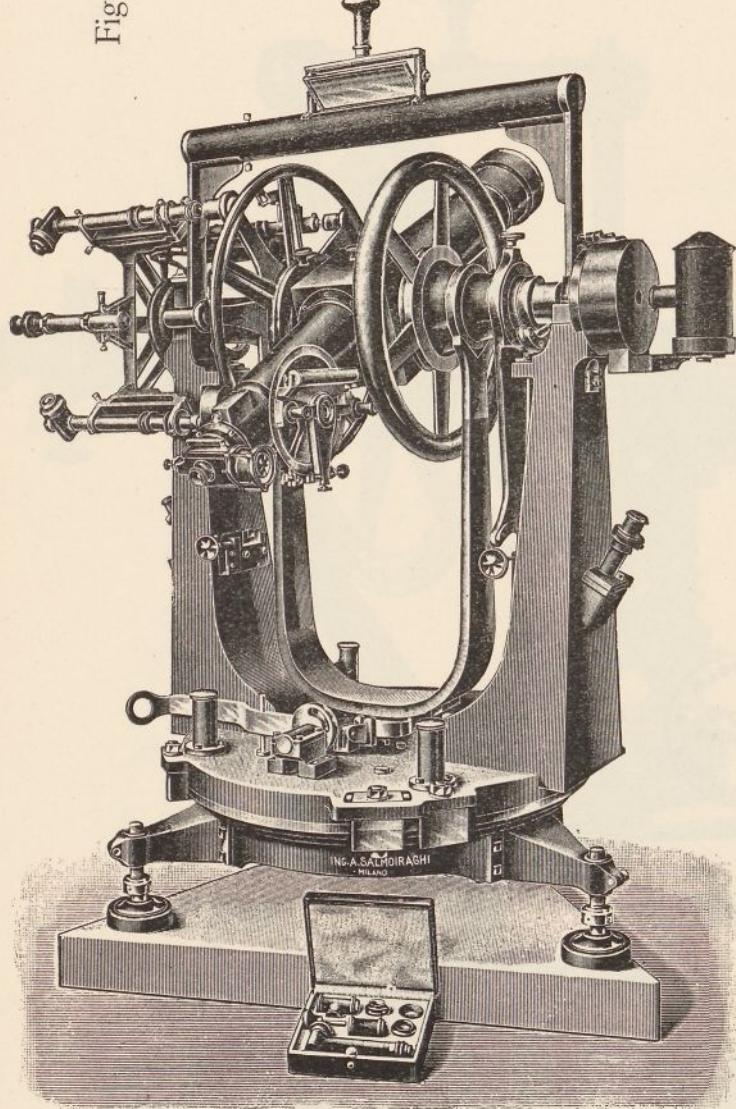


Fig. 225

Meridiankreis, 70^{mm} Oeffnung,

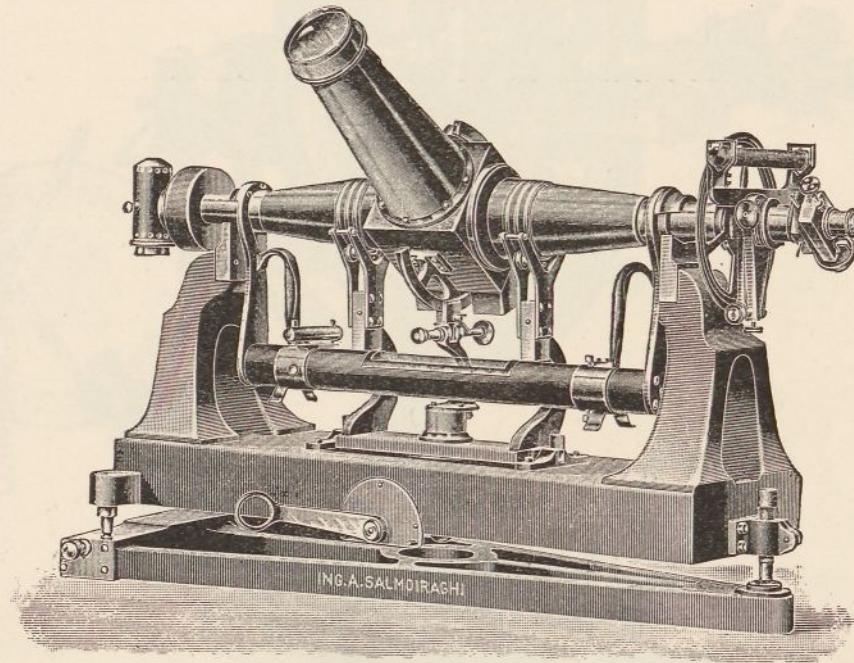


Fig. 226

Durchgangs-Instrument, 55^{mm} Oeffnung,
nach Katalog von 1907.

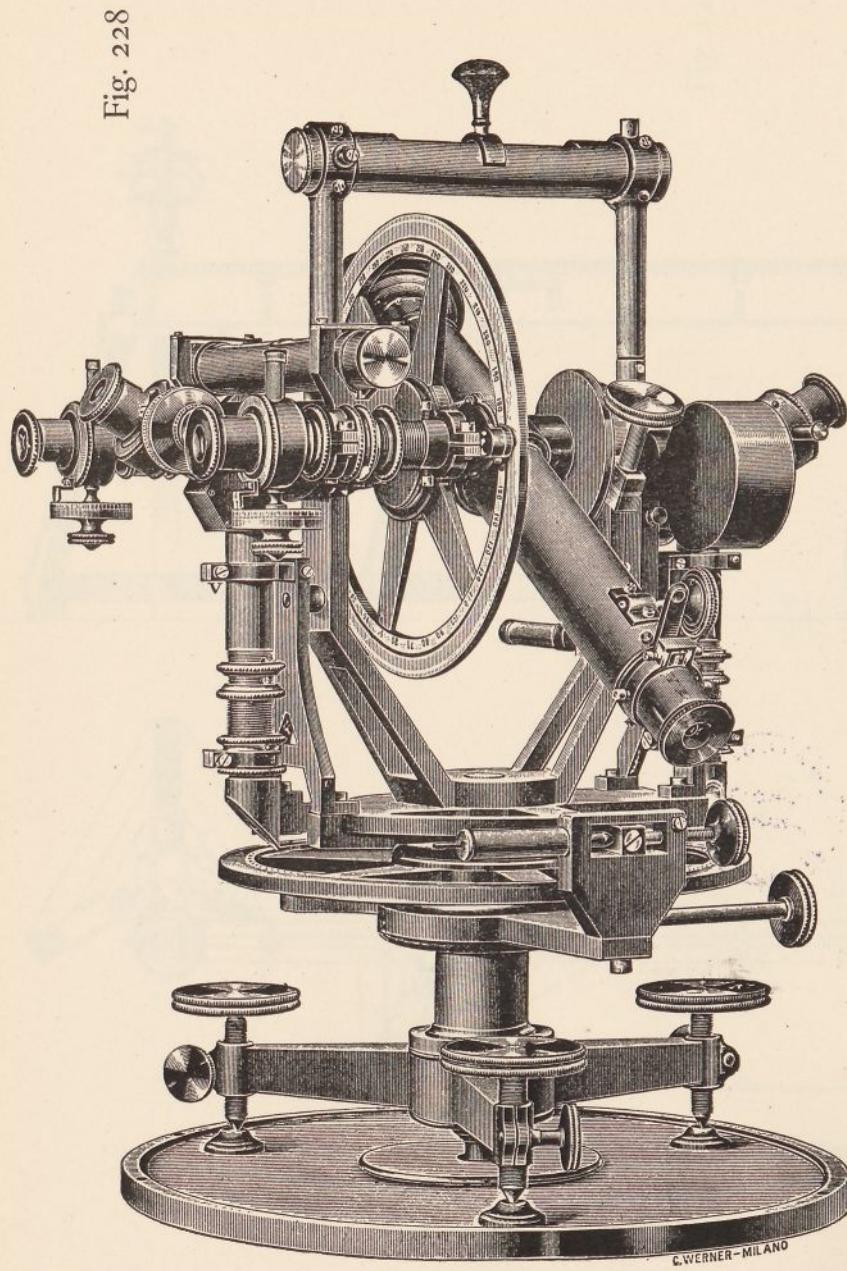


Fig. 228

Universal-Instrument,

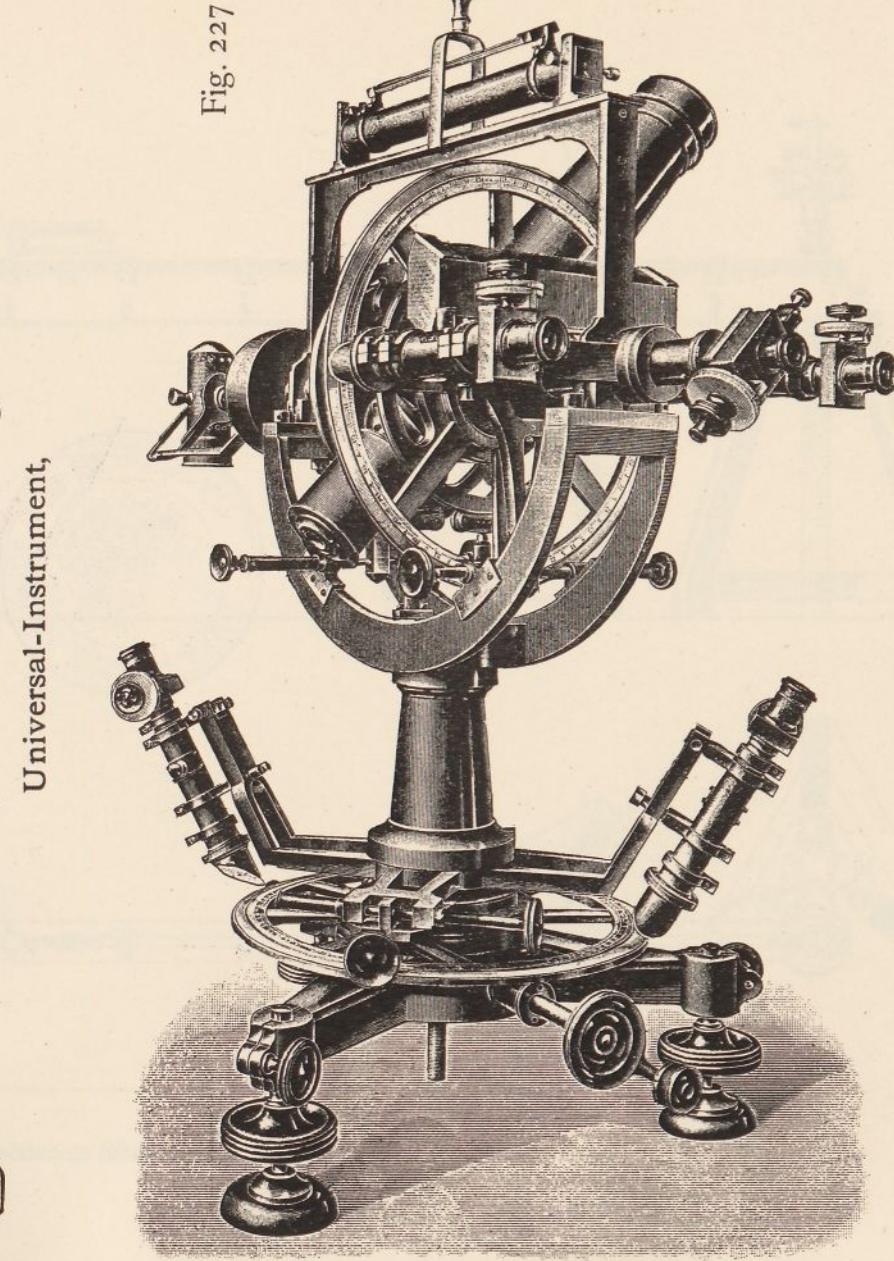
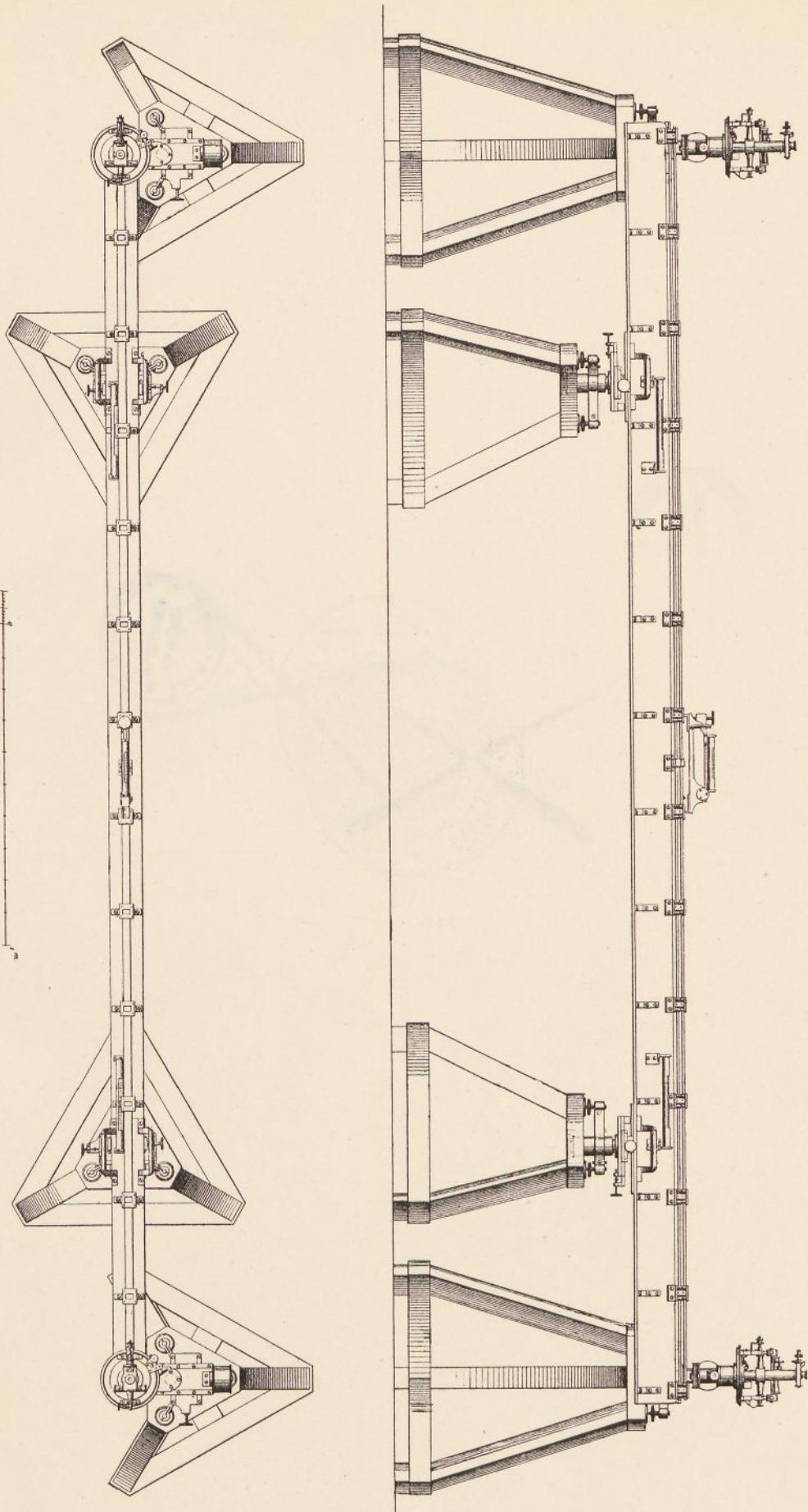


Fig. 227

Universal-Instrument,
nach Katalog von 1907.

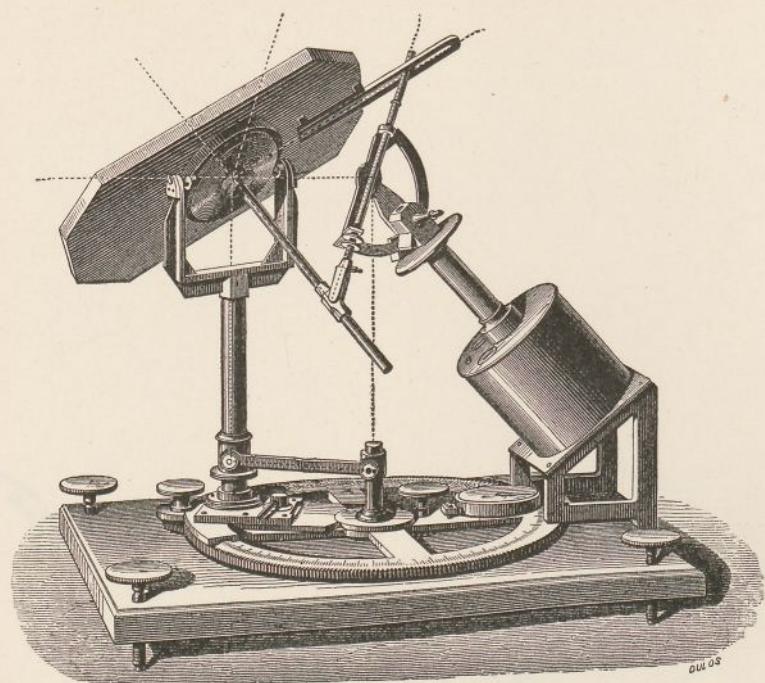


Basis-Apparat, 1857,

nach Ibanez, Expériences faites..., 1, 1860.

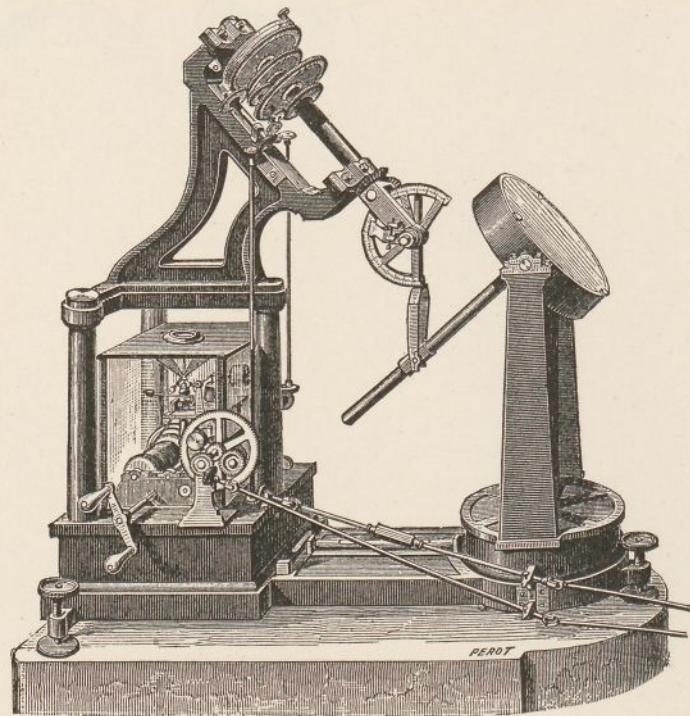
Fig. 229

Fig. 230



Heliostat von 1862,

Fig. 231



Heliostat von 1869,

nach Bulletin astronom. 1.

zénithale». D'Abbadie's Instrument soll aus zwei in horizontaler Lage über einander auf der selben Grundplatte befestigten Fernrohren bestehen, ohne alle Achsen, Kreise und Verniers. Jedes Fernrohr trägt vor dem Objectiv ein rechtwinkeliges Prisma, und diese Prismen stehen gegen einander gekehrt, so daß das untere Rohr zum Zenith, das obere zum Nadir gerichtet ist. Das obere Rohr läßt sich ohne Störung des Gleichgewichts seitwärts drehen, um das untere frei zu machen. Die Beobachtung geschieht in der Weise, daß zunächst ein Quecksilber-Horizont zwischen die beiden Prismen gebracht und danach das obere Rohr auf das Nadir berichtet wird, daß darauf der Quecksilber-Horizont beseitigt, das untere Rohr nach dem oberen auf das Zenith eingerichtet und endlich durch Fortdrehen des oberen Rohres das Zenith freigelegt wird; man beobachtet dann die Durchgänge bekannter Sterne an auf Glas gezogenen Kreisen in der Brennebene des Objectivs; Fäden sind, als für Reisende zu empfindlich, vermieden. — Statt eines Pfeilers soll eine mit Sand oder Steinen beschwerte Kiste dienen. — Im Jahre 1865 vereinfacht d'Abbadie sein Project, indem er die beiden Prismen von verschiedener Größe macht und mit einander verbindet, um Zenith- und Nadir-Beobachtungen neben einander möglich zu machen (C. R. 60, 1170ff.). — Weder Faye's Project, noch d'Abbadie's scheinen zur Ausführung gelangt zu sein.

Im Jahre 1862 legt Duboscq einen von ihm nach Foucault's Angaben hergestellten Heliostaten vor (C. R. 54, 618ff.). Der Apparat unterscheidet sich von dem früher (1843) in der Akademie besprochenen Silbermann'schen Heliostaten hauptsächlich dadurch, daß die beiden Bewegungs-Mittelpunkte (des parallaktischen Systems und der Spiegelhaltung) wieder auseinander gerückt worden sind, wie bei dem Apparat von s'Gravesande (vorn Fig. 10). Foucault begnügt sich aber nicht mit der Führung des Spiegels an einem rechtwinkelig abgehenden Arm (s'Gravesande) oder einem Arm in der Ebene des Spiegels (Gambey), sondern wendet beide an [Fig. 230]. Duboscq überzeugte sich bald (C. R. 55, 644f.), daß das unnötig und nicht einmal zweckmäßig ist. — Foucault gelangte dann 1869 zu einer neuen Construction, die gegen alle früheren wesentliche Vorteile hat. Er läßt den Spiegel nicht, wie die meisten anderen, nach der Richtung zum Pole, sondern entgegengesetzt reflectiren und hat die Polachse nach oben gelegt. Die Spiegelung ist so günstiger geworden, der ganze Apparat fester und das Feld der Benutzung größer; Foucault nennt ihn deshalb »Siderostat« [Fig. 231]. Er hat ihn mit bequemen Einrichtungen zur Berichtigung des Spiegelbildes im Felde versehen (C. R. 69, 1221ff.); auch mit einem Uhrwerk eigener Construction, das durch seinen sogenannten »régulateur isochrone« ausgeglichen wird. Es ist dies ein zweiarmiges Centrifugal-Pendel, dessen in Höhe beweglichen Theile durch ein Hebelwerk äquilibriert werden (C. R. 57, 738ff.); daß dieses nicht genügend wirkt, geht schon daraus hervor, daß später noch ein durch das Pendel in seiner Wirkung veränderlicher Windfang hinzugefügt wurde (Carl, 2, 289ff.).

Von Le Verrier hören wir 1867 (C. R. 65, 873ff.), daß die beiden großen Gambey'schen Instrumente immer noch die hauptsächlichsten Meridian-Instrumente der Pariser Sternwarte sind; er beabsichtigt indeß ein Jahr später einige Abänderungen daran vorzunehmen. Villarceau spricht dagegen (C. R. 68, 161).

In den Jahren von 1864 bis 70 sind bei geodätischen Arbeiten der Sternwarte

vielfach tragbare Meridiankreise von Rigaud benutzt worden. Villarceau lobt sie und bezeichnet einen derselben als »l'instrument le plus précis et le plus complètement étudié que possède l'observatoire« (C. R. 64, 564ff.; 72, 611f.). Es sind Instrumente mit geraden Fernrohren von 78^{cm} Brennweite in Mitte der Achse und mit Ocular-Mikrometern, die zur Einstellung auf Miren benutzt werden. Villarceau, der die Construction im Wesentlichen bestimmte, giebt eine eingehende Beschreibung (ohne Abbildung) in den Annalen der Pariser Sternwarte (9, 1ff.): Das gußeiserne Stativ steht auf einem Pfeiler und trägt außer den Zapfenlagern auch den radförmigen Mikroskop-Halter, der aber abgenommen wird, wenn Durchgänge beobachtet werden, weil er das Umlegen des Fernrohres behindern würde. Die Umlegung geschieht durch einen auf die Grundplatte des Stativs zu stellenden Hebebock, der unter den Fernrohr-Cubus greift. Der auf der Achse drehbare Kreis hat 41^{cm} Durchmesser, ist von 5' zu 5' getheilt und wird von der auf der anderen Seite befindlichen Feldlampe beleuchtet; das Fernrohr kommt bei 45° Höhe in den Lichtweg. — Diese Instrumente scheinen auch 1877 zur Längendifferenz-Bestimmung Berlin-Paris gedient zu haben (C. R. 88, 1055ff.).

Le Verrier's Nachfolger, Mouchez¹⁾, begann die Herausgabe der »Rapports annuels sur l'état de l'Observatoire de Paris«. Aus dem ersten (1879 veröffentlichten) Hefte für 1878 erhält man einen genaueren Ueberblick über die Instrumente, welche damals auf der Sternwarte in Gebrauch waren. Fortin's Mauerkreis, dessen Theilung Mauvais 1853 und, da das Manuscript verloren gegangen, Villarceau in den Jahren 1855—58 nochmals untersuchten (C.R. 37, 677ff.; 46, 458), um die seit 1823 vorliegenden Beobachtungen reduciren zu können, hatte 1863 Secretan's Meridiankreise weichen müssen. Ramsden's Durchgangs-Instrument, welches 1803 das von Le Noir ersetzt hatte (Gautier 156), war seinerseits 1834 durch Gambey's Lunette méridienne verdrängt worden. — Von Reichenbach's Wiederholungskreis, den Gautier 1823 im Mittelthurm der Sternwarte aufgestellt gesehen hatte (Gautier 180), ist nicht die Rede, ebensowenig von Gambey's Aequatoreal. — Die beiden Meridian-Instrumente von Gambey, Mauerkreis und Durchgangs-Instrument (I, 126), werden noch hoch geschätzt; sie dienen zur Neu-beobachtung des von Lalande hinterlassenen Katalogs. Am Durchgangs-Instrument sollen die seit längerer Zeit vernachlässigten Nadir-Beobachtungen wieder aufgenommen werden. Der Mauerkreis ist seiner großen Dimensionen wegen gegen Temperatur-Aenderungen empfindlich und »heute« (1878) nicht mehr für Fundamental-Beobachtungen zu benutzen. — Das »grand instrument méridien« von 240^{mm} Oeffnung, 3,85^m Brennweite von Secretan (Eichens) ist sehr gut gebaut (parfaitement construit), hat aber den Fehler, nicht umgelegt werden zu können, und kann daher nur zu Differenz-Beobachtungen benutzt werden; auch macht die Größe des Instruments seine Benutzung etwas mühsam. Es wird zur Beobachtung kleiner Planeten benutzt; die Durchgänge werden nach dem Gehör beobachtet. — Das neueste und beste Meridian-Instrument ist der »Cercle Bischoffsheim« (so genannt nach dem Geber, Raphael Bischoffsheim, oder auch Cercle méridien du Jardin), von 190^{mm} Oeffnung, 2,32^m Brennweite; es war erst kürzlich von Eichens aufgestellt worden [Fig. 232].

¹⁾ Ernest Amédée Barthélémy Mouchez, Madrid 1821 — Paris 1892, Contre-Admiral, Dir. Obs. Paris.

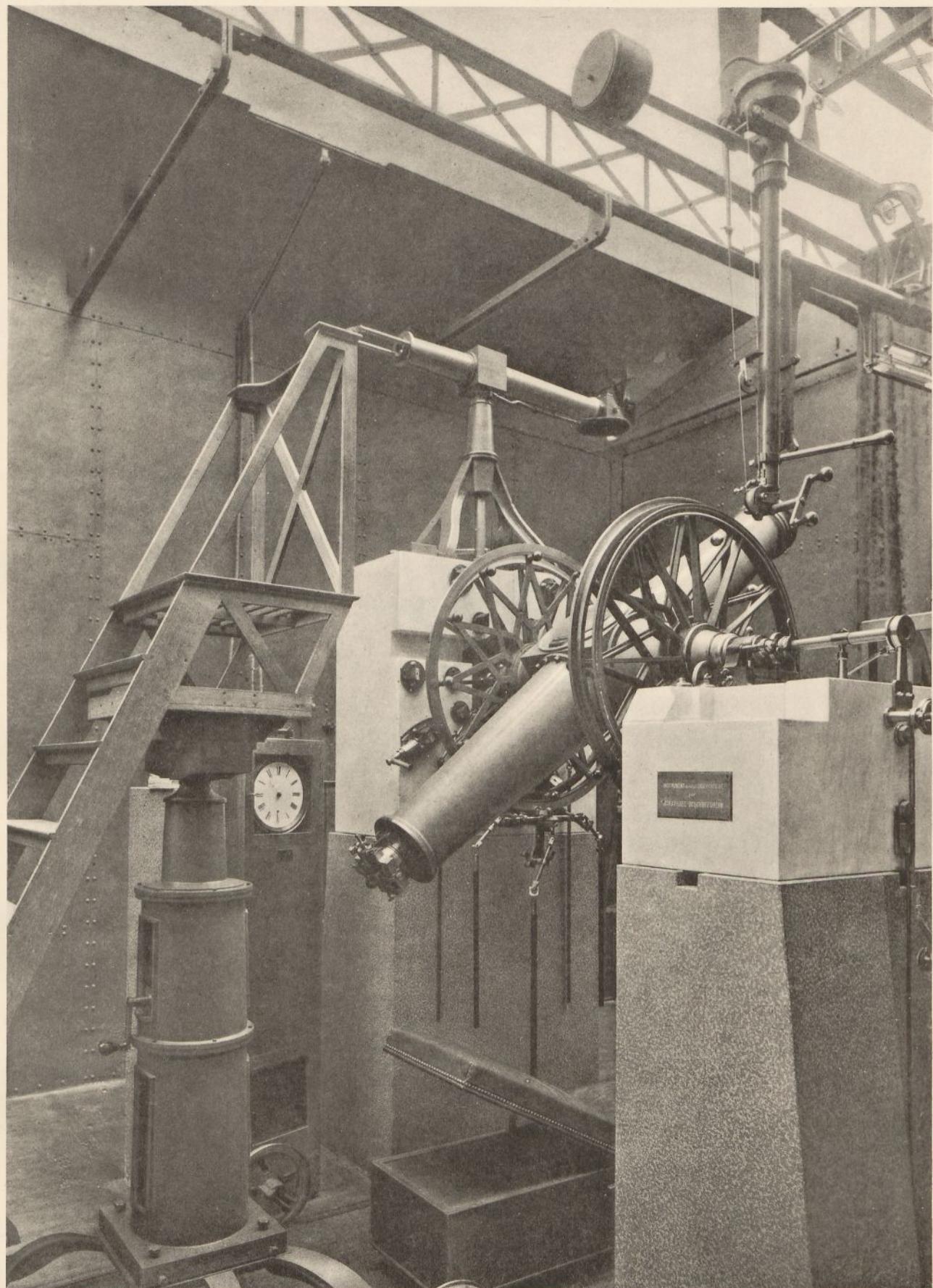
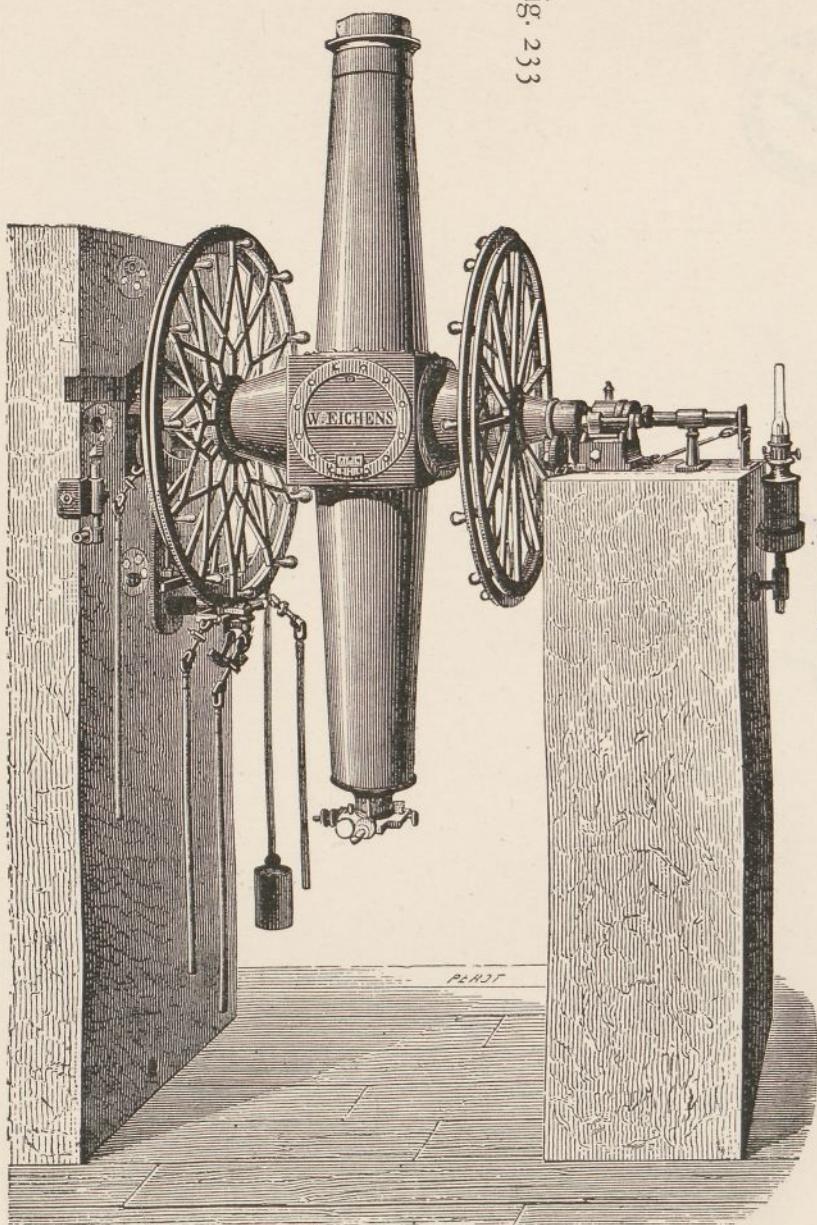
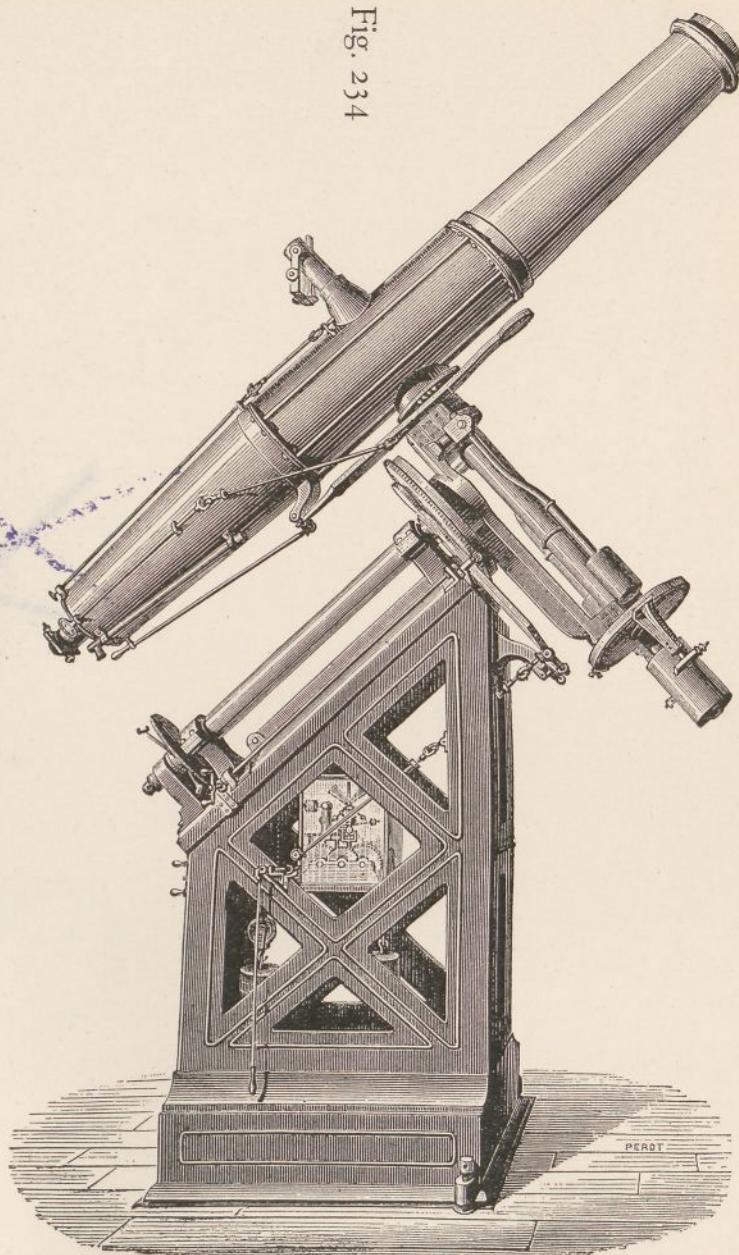


Fig. 232

Cercle Bischoffsheim, 2,32^m Brennweite, Paris 1878,
mitgetheilt von E. A. B. Mouchez.

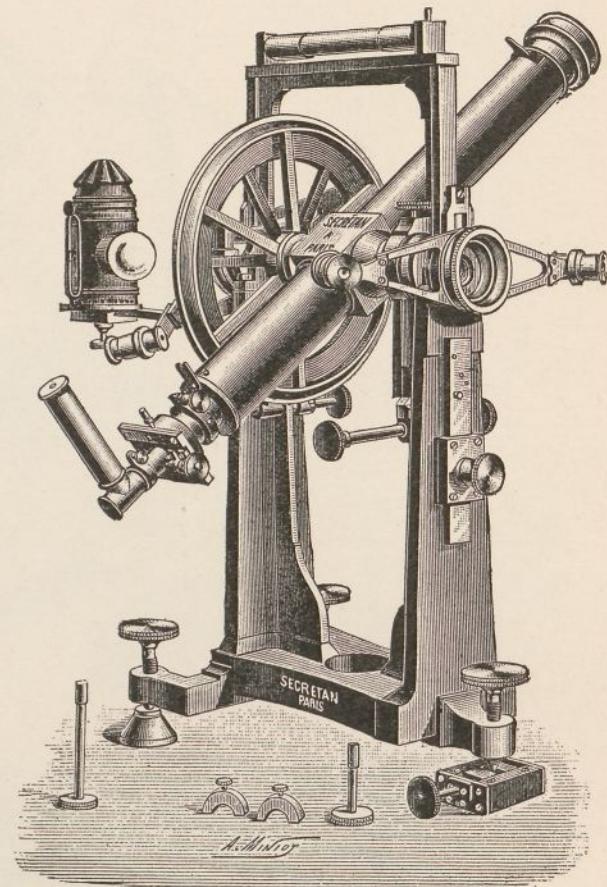
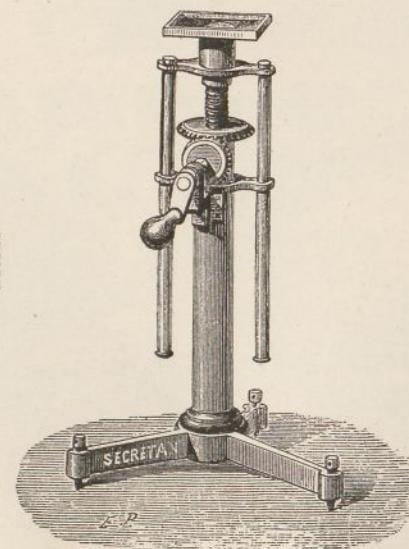
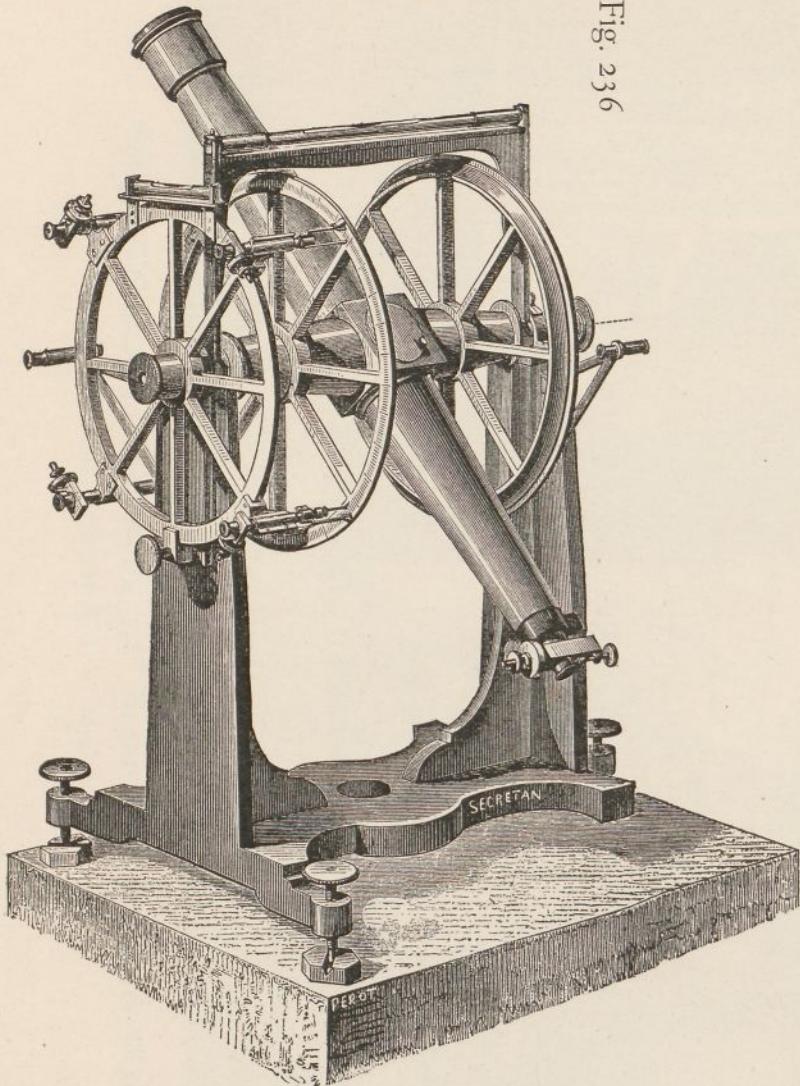


nach André et Angot, Astronomie pratique, 1881, 4.

Fig. 235



Spiegel-Teleskop 1,2^m Oeffnung, 7,2^m Brennweite, Paris um 1878,
mitgetheilt von E. A. B. Mouchez.



Umlege-Vorrichtung,

Mouchez hat noch einen Zenith-Collimator dazu machen lassen in Form eines horizontalen Fernrohres mit einem Prisma vor dem Objectiv, welches über das senkrecht gestellte Fernrohr zu drehen ist. Zur vorausgehenden Berichtigung des Collimators soll er vermutlich, bei horizontaler Lage des Fernrohres, durch die Oeffnungen des Cubus auf den Quecksilber-Horizont eingestellt werden; das verlangt eine sehr zuverlässige Aufstellung des Collimators. — Das Instrument selbst ist durch Kreise auf beiden Seiten des Cubus symmetrischer gestaltet, als der große Meridiankreis, im Uebrigen diesem ähnlich. Die Pfeiler sind auch hier unsymmetrisch, obgleich die Achse umgelegt werden kann. Der dazu bestimmte Fahrbock trägt zugleich eine Nadir-Leiter. — Das erste Instrument dieser Art hatte Eichens schon gegen 1870 für die Sternwarte in Lima ausgeführt (André 4, 44); es entstanden später noch mehrere, z. B. für Bordeaux und Marseille [Fig. 233].

Unter den parallaktischen Instrumenten der Sternwarte hält Mouchez das im Tour de l'Ouest aufgestellte (vorn Fig. 221) für das beste. Etwas spätere und kleinere Instrumente, die Eichens nach Marseille und Lima sandte, von 280^{mm} Oeffnung, zeigen einfachere Formen; besonders ist die dort überlange Declinations-Klemme verkürzt und die Ablesung der Kreise weniger fein [Fig. 234]. — Das größere Rohr der Sternwarte Paris, von 380^{mm} Oeffnung, 8,9^m Brennweite, von Brunner im Tour de l'Est aufgestellt, wird kaum benutzt, weil das Objectiv (von Lerebours) stark verwittert ist. — Zwei »Equatoriaux du Jardin« von Lerebours, von 240^{mm} Oeffnung, 3,6^m Brennweite, werden fleißig benutzt; doch ist eins der Objective schadhaft. — Die schon vor 24 Jahren bewilligte, erst vor drei Jahren begonnene »grande Lunette« (R. a. 1, 11) von 0,74^m Oeffnung, deren Ausführung von Le Verrier aus unbekannten Gründen unterbrochen wurde, soll fertig gemacht werden. — Das große Spiegel-Teleskop von 1,2^m Oeffnung, 7,2^m Länge ist noch nicht in Gebrauch; der Spiegel muß nachgeschliffen werden. Seine Aufstellung (von Eichens) »fait le plus grand honneur à son constructeur«. Die Anordnung der Achsen ist nach Sisson; Gautier hat nachträglich mehrere Theile verstärkt und verbessert, auch das Ganze erst vollendet [Fig. 235].

Für die energische Leitung der Pariser Sternwarte unter Mouchez ist ein Satz im ersten Rapport (R. a. 1,7) bezeichnend; er sagt: »Nous sommes tellement habitués »dans la Marine, à travailler, veiller, observer à toute heure de nuit comme de jour, »que j'ai été fort surpris d'une semblable lacune dans les travaux aussi intéressants et »importants que ceux qu'on peut faire ici.«

Von den kleineren Instrumenten der Sternwarte werden die tragbaren Meridiankreise von Rigaud (vorn S. 128) auch später, zusammen mit ganz ähnlichen Instrumenten von Secretan-Eichens, bei den Vermessungen des Generalstabes verwandt (Mémorial 11, 11 ff.). In Secretan's Katalog von 1908 werden zwei verschiedene Formen angegeben: mit zwei Kreisen, von denen nur der eine getheilt ist, und vier von einem radförmigen Träger am Stativ gehaltenen Mikroskopen, [Fig. 236], oder (etwas kleiner) mit nur einem Kreise und zwei Verniers [Fig. 237]. Die Objective haben 55 bis 108^{mm} Oeffnung. Umlegung ist auch hier nicht unmittelbar vorgesehen; auf Verlangen wird aber der alte, auf das Stativ zu stellende Hebebock [Fig. 238] beigegeben, eine für diese Zeit auffällig unbequeme, zeitraubende Einrichtung, die man

für nötig gefunden zu haben scheint, um Nadir-Beobachtungen machen zu können. — Als eine verbesserte Construction nennt Perrier¹⁾ die von Brunner eingeführte (Mémoires 11, 11ⁿ); nach einer von Berthaut gegebenen Abbildung (Berthaut 2, 280) ist sie im Ganzen etwas schwerer, als Secretan's, besonders in der Grundplatte, sonst ohne wesentliche Änderungen, auch ohne Umlege-Vorrichtung; vielleicht war das Instrument nur zu Höhenmessungen bestimmt.

Für Azimutthe benutzte man in Frankreich bis nach 1860 Wiederholungskreise, Cercles repétiteurs, mit Verniers (vorn S. 115 u. 116). Nur mit Mühe erlangte Perrier, für seine Messungen von 1861 bis 1869, einen auf seinem Dreifuß verdrehbaren Azimuthalkreis, Cercle azimuthal réitérateur, mit zwei Mikroskopen (Berthaut, 2, 264), und 1879 beschreibt er selbst ein ähnliches Instrument mit vier Mikroskopen und einem Ocular-Mikrometer (Francoeur, 509 ff.). Dies von Brunner gebaute Instrument von 0,42^m Durchmesser ist einfach und symmetrisch, ohne Verticalkreis, der an späteren Instrumenten aber eingeführt wurde; das gerade Fernrohr ist mit einem Ocular-Mikrometer versehen [Fig. 239]. Die Mikroskope haben im Wesentlichen Troughton's Einrichtung [Fig. 240]. — Auch ein als »Théodolithe réitérateur« bezeichnetes kleines Universal-Instrument baute Brunner (Francoeur, 536 ff.); es zeigt mit dem einseitig gelegten Kreis und Fernrohr noch Gambey's Form und wird durch Verniers abgelesen [Fig. 241]. Ein Schüler Brunner's, Huetz, gab später ähnlichen Instrumenten, die von Maurice d'Ocagne (Les instruments de précision en France, Paris 1904, 22) empfohlen werden, symmetrische Form und stattete sie mit Mikroskopen und Ocular-Mikrometer aus [Fig. 242]. D'Ocagne bemerkt bei dieser Gelegenheit, an den französischen Azimuthalkreisen seien Mikroskope erst gegen 1886 von Bassot, und Ocular-Mikrometer von Bourgeois eingeführt worden. Das stimmt nicht mit den oben angeführten Angaben. — Perrier spricht auch von einem sehr einfachen, von Brunner hergestellten Heliotrop (Francoeur, 526 ff.), das neben einem anderen, nach Gauß construirten benutzt wird: Auf dem Stationspfeiler wird ein in der Mitte durchbohrter Spiegel mit einer aus der Hand doppelt drehbaren Haltung aufgestellt, und in 5 bis 6^m Abstand soll dann ein Pfahl ins Erdreich getrieben werden, auf dem, wie es scheint ohne alle Stellvorrichtungen, eine Scheibe mit einer Durchbrechung von 12^{cm} in die zur fernen Station gehende Linie einzurichten ist. Vielleicht ist hier die Einfachheit etwas weiter getrieben, als zweckmäßig [Fig. 243].

Für Basis-Messungen erhielt das Dépôt de la Guerre 1854 von Porro einen Apparat, welcher, obgleich fast gleichzeitig mit Secchi's Apparat (vorn Fig. 223) hergestellt, von diesem etwas abweicht (Berthaut, 2, 273). Die Meßstange wollte Porro aus einem gefirnißten Holzstab von 3^m Länge, circa 7^{mm} Durchmesser herstellen, der in einem Glasrohr in Lagern gehalten werden und so, nach seiner Annahme, genügend unveränderlich bleiben sollte. Als ein Versuch dies nicht bestätigte, wurden zwei Metallstäbe, Stahl und Kupfer, als Metall-Thermometer in der Mitte verbunden, in einem durch Rippen verstieften Holzkasten hergerichtet, ähnlich wie es Secchi einführte. — Um die Ablesung sowohl der Theilungen des Stabes, als auch die des Erdpunktes,

¹⁾ François Perrier, Vallerange, Gard, 1834 — Montpellier 1888, General.

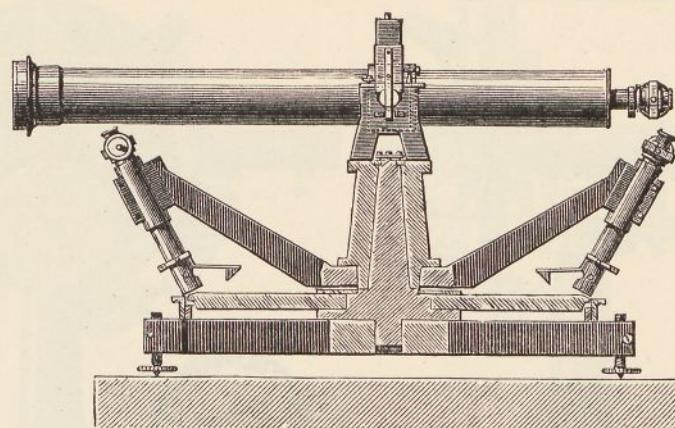
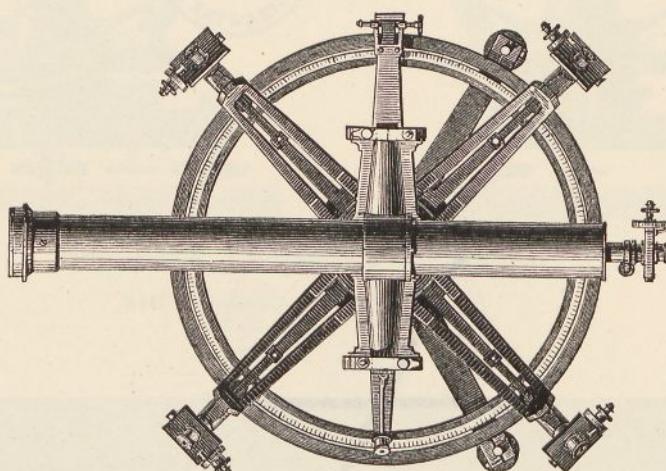


Fig. 239



Cercle azimuthal réitérateur,

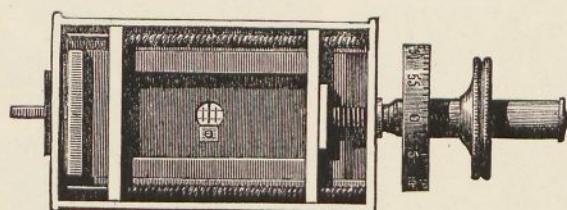
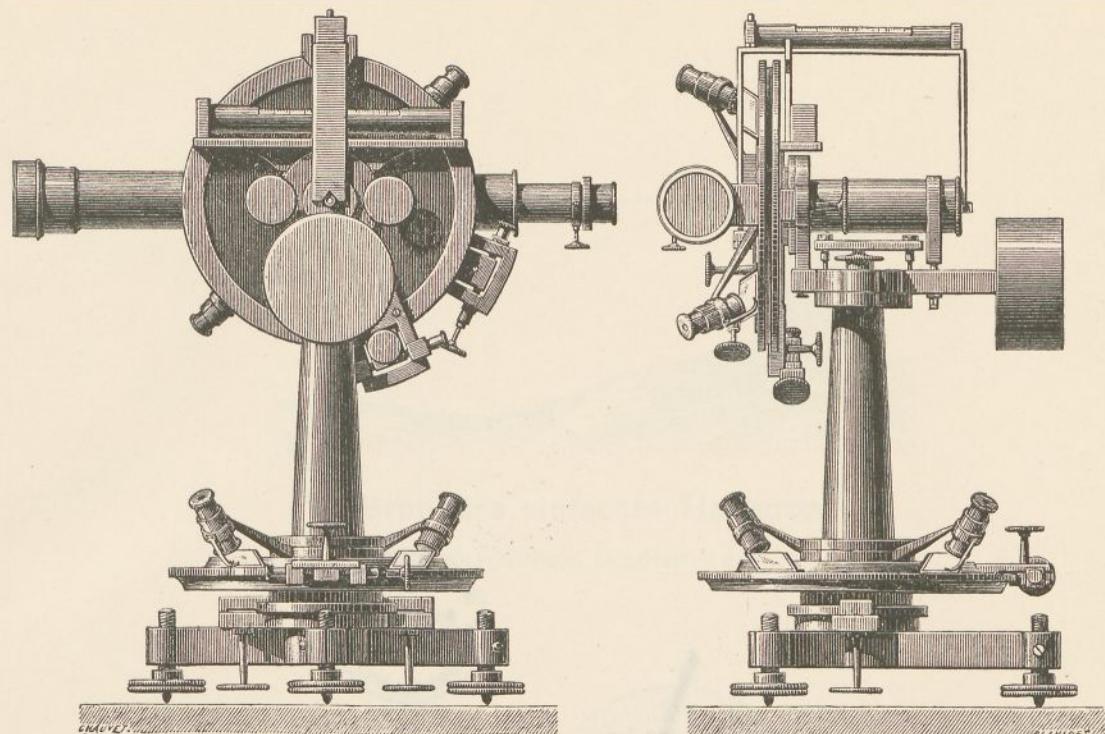


Fig. 240

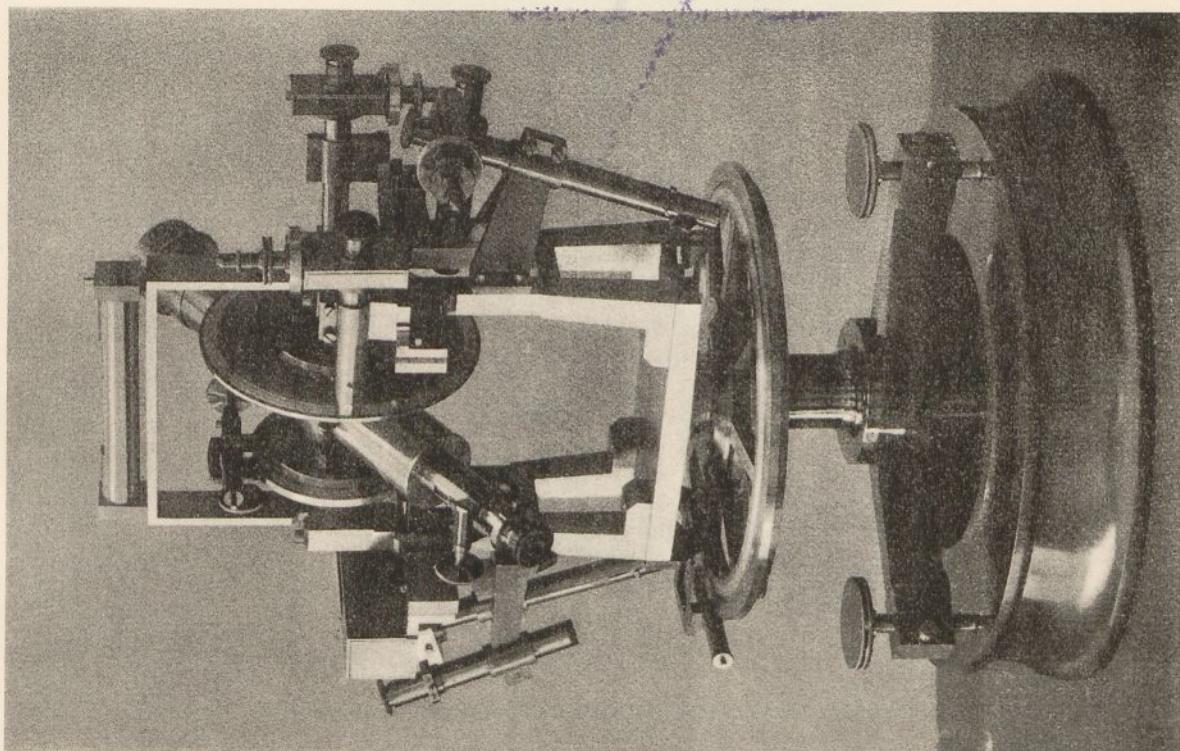
Mikroskop-Mikrometer,
nach Francoeur, Géodésie, 8^o ed. 1903.



Brunner's Théodolite réitérateur,

nach Francoeur, Géodésie, 1903.

Fig. 241



Huetz' Théodolite réitérateur, um 1890,

nach d'Ocagne, Les Instruments de précision en France, 1904.

Fig. 242

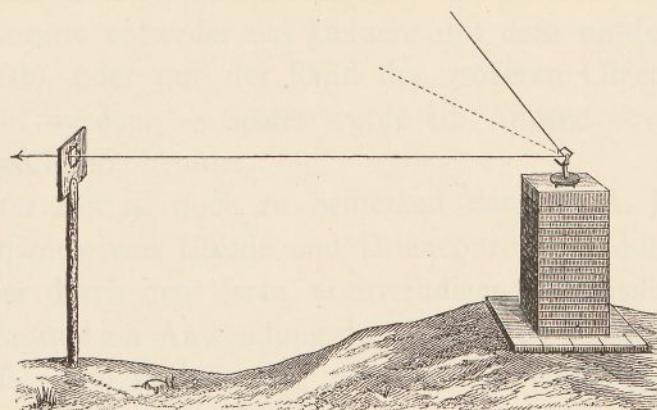


Fig. 243

Brunner's einfaches Heliotrop,

nach Francoeur, Géodésie, 1903.

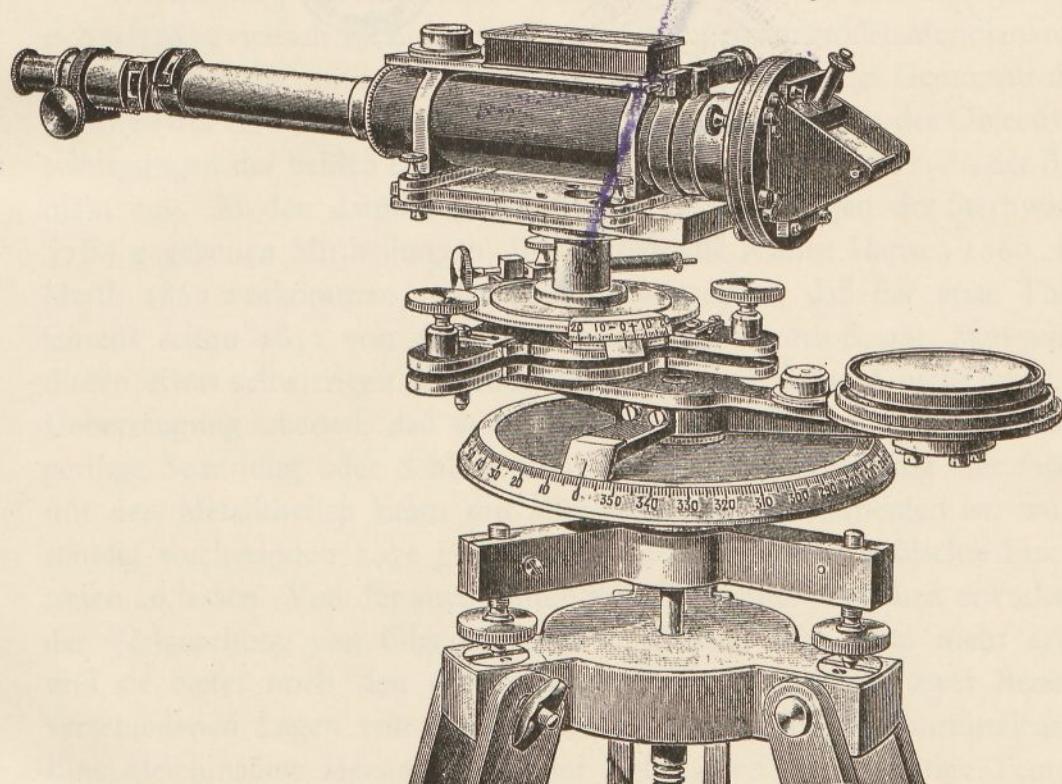


Fig. 244

Jobin's Astrolabe à prisme nach Claude und Driancourt,

nach Verhandlungen der Erdmessungs-Conferenz, 1904—7.

mit dem selben senkrechten Rohr machen zu können, wandte Porro hier nicht die für Secchi benutzte, zwischen Objectiv und Ocular verschiebbare Linse an, sondern zwei Objective, die fest hinter einander standen, ein größeres und ein kleineres; durch zwei Blenden konnte entweder das kleinere mit dem mittleren Theile des größeren (für den Maßstab), oder nur der Rand des größeren Objectivs (für den Endpunkt) wirksam gemacht werden. — Später wurde ein Apparat von Brunner, ähnlich dem für Ibañez ausgeführten, benutzt.

Aus neuester Zeit ist noch zu bemerken das von A. Jobin, Paris, ausgeführte »Astrolabe à prisme« von Claude und Driencourt¹⁾), ein durch seine Einfachheit ansprechendes, aber durch den daran nothwendigen Quecksilber-Horizont wohl etwas mühsames Hülfsmittel zur Anwendung der Gauß'schen Methode dreier gleicher Höhen (M. C. 19, 134 ff.). Ein horizontales, um eine senkrechte Achse drehbares Fernrohr trägt vor seinem Objectiv ein Prisma von $3 \times 60^\circ$, durch welches ein Stern zweimal, d. i. allein durch das Prisma, und auch durch Reflexion an einem mit herumgeföhrten Quecksilber-Horizont, im Felde erscheint (Verhandlungen d. 15. Conf. d. internat. Erdmessung 1904—7, 2, 250). Der Zeitpunkt der Coïncidenz der Bilder ist zu beobachten. [Fig. 244]. — Das Princip dieser Construction war schon 1892 von A. Beck in den Astron. Nachr. behandelt worden (vorn S. 80).

Aus den Rapports annuels ist weiterhin zu ersehen, daß Mouchez' Nachfolger, Loewy²⁾, sich seit 1879 vielfach mit Biegungs-Untersuchungen am großen Meridiankreis beschäftigte. Sein Verfahren (Bestimmung der astronomischen Biegung des Gesamtrohres durch eine inmitten des Cubus angebrachte Linse von $\frac{1}{4}$ der Brennweite des Objectivs und der Einzelbiegungen der beiden Hälften durch einen Hohlspiegel von $r = \frac{1}{2}$ der Brennweite) war nicht neu. Zu den darüber in den Astron. Beobachtungen der Sternwarte Kiel (1905, 37 ff.) gegebenen Mittheilungen, in welchen die Namen Hansen 1860, Pape 1860 und Marth 1862 vorkommen, wäre noch zu bemerken, daß der erste Theil dieses Verfahrens schon 1852 von Airy angewandt wurde (vorn S. 92). Man wird übrigens bei diesen etwas schwierigen und complicirten Untersuchungen nicht leicht mit der vollen Ueberzeugung arbeiten, daß wirklich die gesuchte Biegung gefunden wird; eine sehr geringe Spannung oder Schlotterung, die in der Verbindung der Gläser im Cubus mit den Metalltheilen kaum mit aller Sicherheit zu vermeiden ist, würde bei der beständig wechselnden Lage genügen, um ähnliche, aber gefälschte Erscheinungen aufzutreten zu lassen. Von der alten, durch ihre Einfachheit Zutrauen erweckenden Methode der Vertauschung von Objectiv- und Ocularkopf wird man mehr erwarten dürfen, und sie bietet noch den großen Vortheil, im Mittel aus zwei Beobachtungen bei verschiedenen Lagen von Objectiv und Ocular die Biegung unmittelbar zu eliminiren. Eine gleichmäßige Herstellung beider Rohrhälften und günstige Temperatur-Verhältnisse muß man bei beiden Methoden voraussetzen. — Die wiederholten Berichte, auch im Bulletin astron., über Versuche mit Quecksilber-Horizonten bestätigen im Wesentlichen, daß die alten, flachen, sehr wenig concaven und gut verquickten Kupfer-

¹⁾ Schon 1904 hatten sie ein ähnliches Instrument von Vion in Paris ausführen lassen (d'Ocagne, 24).

²⁾ Moritz Loewy, Wien 1833 — Paris 1907, 1896 Dir. Obs. Paris.

schalen sich am besten bewähren, daß aber Erschütterungen des Erdbodens kaum in ausreichender Weise unschädlich zu machen sind.

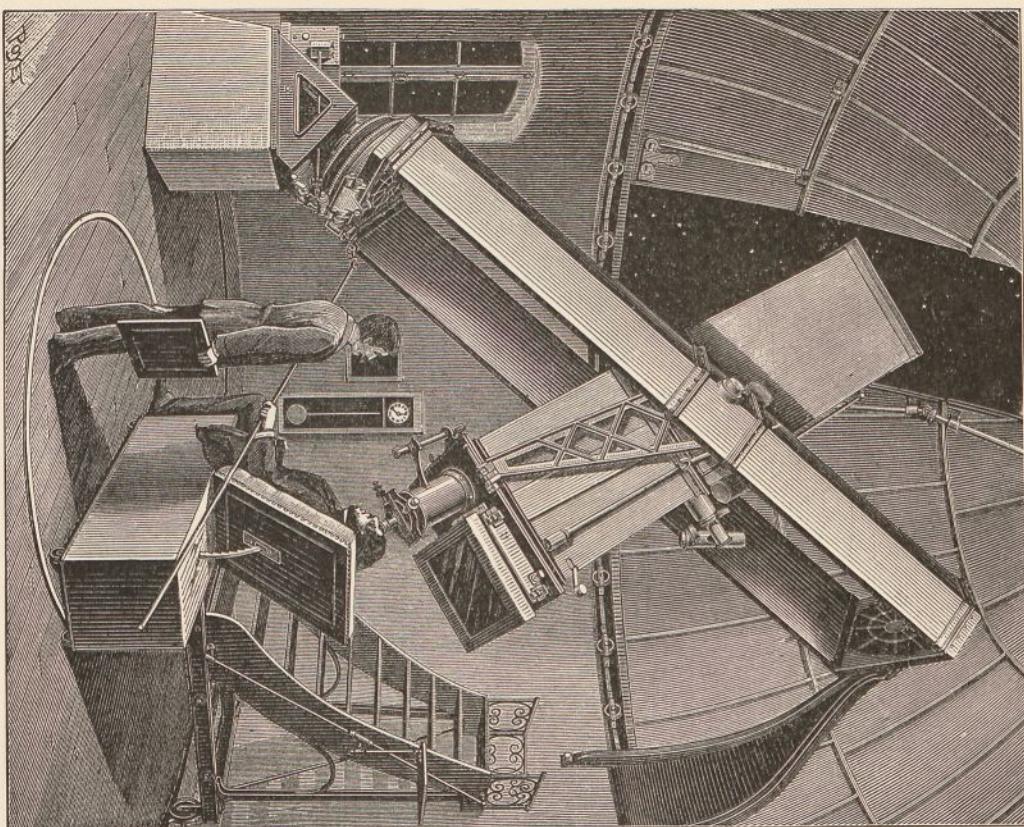
Der Bericht von 1883 klagt über Veränderlichkeit der im Pfeiler (Marmor) getrennt befestigten Objective und Mikrometer der Mikroskope am Cercle méridien Bischoffsheim; dem wird später mit durchgehenden Rohren möglichst nachgeholfen. — Zugleich wird die Vollendung des nach Loewy's Angaben hergestellten »Equatorial coudé« gemeldet, eines um die Erdachse in zwei Lagern drehbaren Fernrohres mit einem in 45° vorgesetzten Spiegel, vor welchem ein zweiter in Declination drehbar ist. Das ist das schon 1847 von Steinheil angebotene »Aequatoreal mit Doppel-Prismen-Objectiv« (A. N. 26, 134f.), nicht das spätere Project (A. N. 48, 147f.), von dem Christie spricht, als er Loewy für seine Nacherfindung die Medaille überreicht (M. N. 49, 247ff.). Außer der auf Kosten einer geringeren optischen Wirkung erzielten Bequemlichkeit ließe sich dieser Aufstellung ein ernster Vorzug wohl nur dann nachsagen, wenn Loewy's Annahme (Bull. 1, 266) zuträfe, daß Objective, um gleich gute Bilder zu geben, in der Brennweite im Verhältniss des Quadrats der Öffnung wachsen müßten. Das Fortlassen einer Kuppel hat zu manchen Uebelständen geführt. — Eine umständliche Beschreibung findet sich in den Ann. de l'Observatoire de Paris, Mém. 21.

Von ganz anderer Bedeutung waren die schönen Erfolge der Brüder Henry¹⁾ in der photographischen Aufnahme von Sternbildern, die 1885 zur Errichtung einer besonderen parallaktischen Aufstellung englischer Form an der Pariser Sternwarte führte. Das Fernrohr ist von rechtwinkeligem Querschnitt und enthält neben einander ein photographisches Objectiv von 330^{mm} Öffnung, $3,43^{\text{m}}$ Brennweite und ein optisches gleicher Brennweite mit festem Fadenkreuz in der Bildebene, als Leitrohr, nach dem mit Hilfe langer, zum Ocular geführter Schlüssel der Beobachter das Fernrohr dauernd auf einen Leitstern gerichtet halten kann. Bei der mehrere Stunden erfordernden Länge der Aufnahmezeit konnte das Uhrwerk allein nicht genügen wegen der kleinen durch Änderungen in den Biegungen und der Temperatur-Einwirkungen unvermeidlichen Abweichungen [Fig. 245]. Auffällig ist der kleine Durchmesser des Uhrkreises und sein Gewinde von 555 Zähnen für die Uhrschraube, wie ihn eine der Schwesteraufstellungen (in Santiago) aufweist. — Die englische Form fand aber auch in Frankreich nicht überall Beifall; die Sternwarte in Besançon erhielt einen photographischen Refractor, nach deutscher Art aufgestellt, von Secretan. In seinem Katalog von 1906 werden solche Aufstellungen bis zu 220^{mm} Öffnung angegeben; die Abbildung zeigt aber nur ein Rohr, das zweite wird nach Bedarf hinzugefügt [Fig. 246].

Für die Ausmessung photographischer Stern-Platten baute Gautier einen Apparat (R. a. 1886), an dem die Platte auf einem Schlitten in Position drehbar und verschiebbar ist unter einem Mikroskop, das selbst in Position gedreht und auf einer Brücke rechtwinkelig gegen den Schlitten bewegt werden kann [Fig. 247]. Der Schlitten wird durch eine Schraube bewegt, die auch zur Messung dient ($I^R = I^{\text{mm}} = 600^\circ$). Auch in Position wird durch eine Tangent-Schraube gedreht und gemessen. — Ein ähnlicher,

1) Paul Henry, Nancy 1848 — Paris 1905.

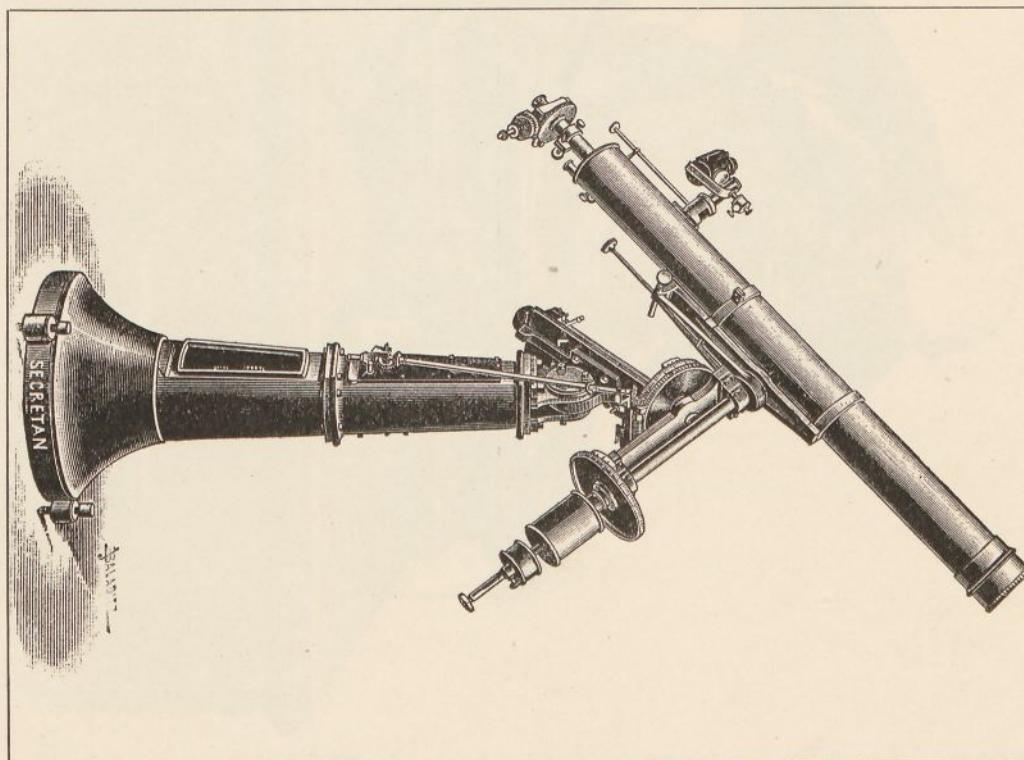
2) Prosper Henry, Nancy 1849 — Paris 1903.



nach Rapport ann. Paris pour 1885.

Fig. 245

3,43^m-Photographischer Refractor von Gautier,



nach Katalog von 1906.

Fig. 246

Refractor von Secretan,

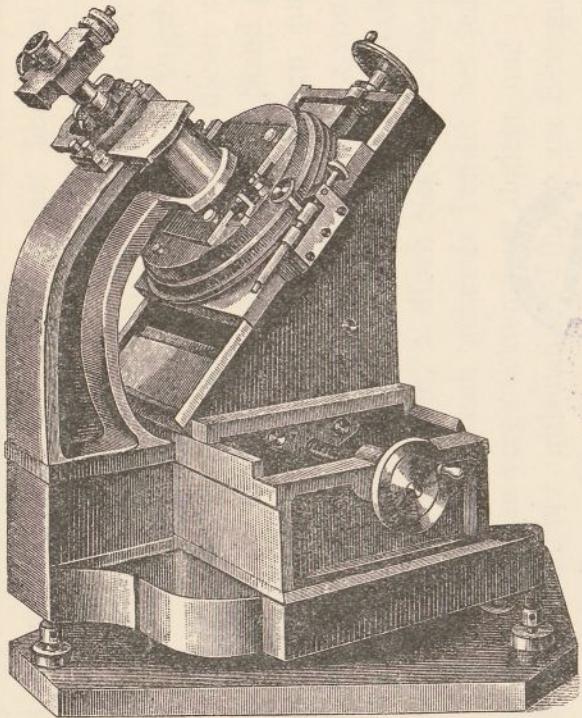


Fig. 248

Plattenmesser von 1892,
nach Scheiner, Photographie, 1897.

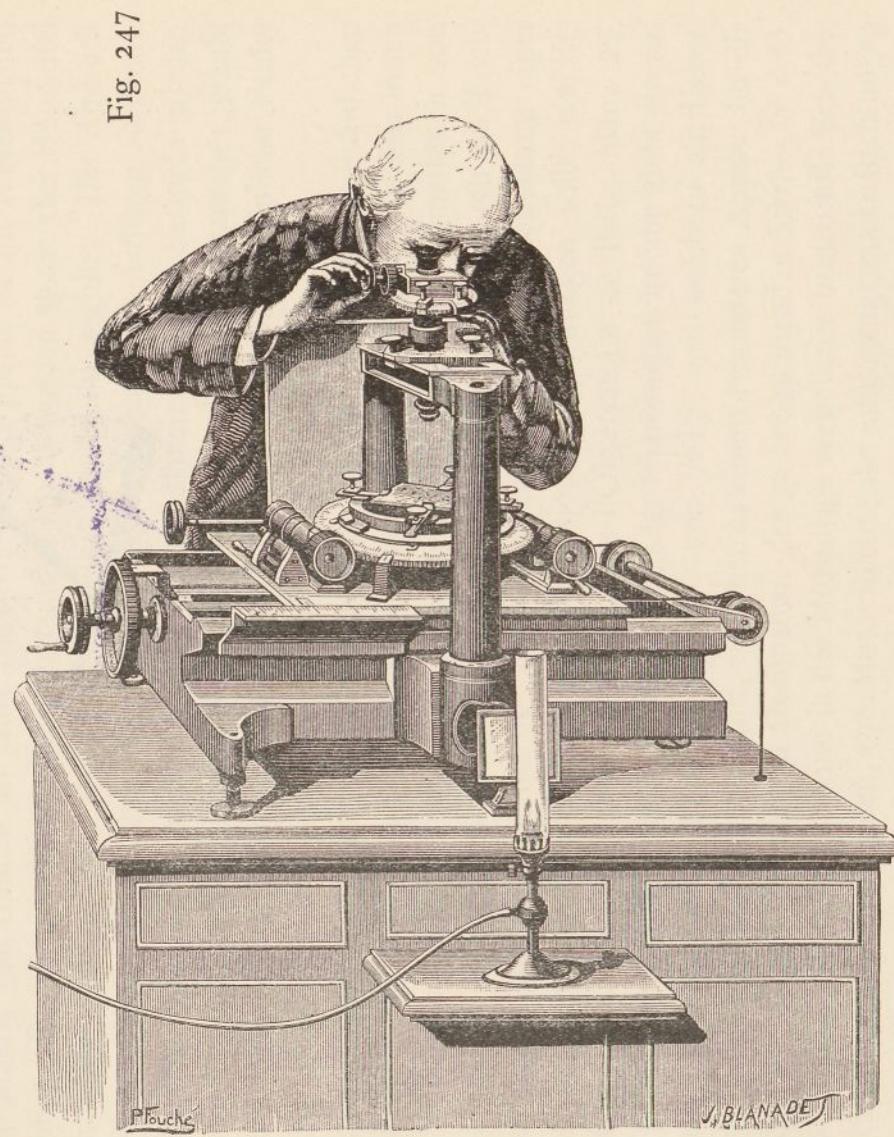


Fig. 247

Plattenmesser von 1886,
nach Rapp. ann. Paris pour 1886.

doch für Haltung der Platte in 45° Neigung und mit zwei gegen einander rechtwinkeligen Schlittenbewegungen eingerichteter Plattenmesser folgte 1892 [Fig. 248].

Der Rapport annuel für 1903 berichtet über zwei druckende Chronographen (chronographes imprimants oder enregistrateurs), die bei den Meridian-Instrumenten in Gebrauch genommen worden sind; sie sind eingehender beschrieben im Bull. astron. 22, 257 ff. — Der erste scheint nach d'Abbadie's Angaben von Radiguer hergestellt worden zu sein. Er wurde von Verschaffel, als dieser d'Abbadie's Sternwarte übernahm, vernachlässigt vorgefunden, aber wieder in Stand gesetzt und durch Verbesserungen so brauchbar gemacht, daß er bei Versuchen auf der Pariser Sternwarte genügte. Von G. W. Hough's ähnlichem Apparat von 1872, von dem weiterhin die Rede sein wird, unterscheidet er sich: 1. durch vier Typenscheiben (für Minuten, Zehnersecunden, Secunden und Zehntelsecunden, 2. durch elektrische Regulirung des Uhrwerkes in der Weise, daß das etwas zu rasch gehende Pendel bei jedem Rundgange seine überschüssige Kraft an einen vorgerückten Fang abgibt, und 3. durch ein besonderes Treibwerk mit in Quecksilber umlaufenden Flügeln zur Bewegung der druckenden Hämmer und der Papierrollen. Die Hämmer wirken, wie bei Hough, durch einen kurzen Schlag auf Federung. Das Wiederspannen der Hebel dauert $2,5^s$. Man hat gefunden, daß der Abdruck mit einer kleinen Verzögerung erfolgt: »il y a une équation d'enregistrement constante« (a. a. O. 268).

Der andere, von Gautier im Jahre 1901 vollendete Apparat ist im Wesentlichen sehr ähnlich. Er gab anfangs nur Zehntelsecunden an; es wurden später aber Hundertel gedruckt. Das Uhrwerk wird elektrisch von einer Pendeluhr regulirt. Der Abdruck geschieht mit Hülfe eines über dem weißen Papier ablaufenden farbigen Streifens. Man kann die Abdrücke in Abständen von weniger als einer halben Secunde wiederholen und hat die Druckvorrichtung so regulirt, »que le choc soit instantané«, glaubt also keine Verzögerung mehr zu haben (a. a. O. 276). Der wahrscheinliche Fehler eines Abdruckes wird zu $\pm 0,011^s$ angegeben (S. 283).

Im Jahre 1906 wurde der Cercle méridien du Jardin mit einem unpersönlichen Mikrometer versehen. Zwischen Loewy und Gautier wurde, nach Erwägung aller ihnen bekannten früheren Einrichtungen der Art, verabredet, daß für Declinationen von 0 bis 80° die Mitführung des Fadens nicht durch die Hand, sondern durch ein Treibwerk, erfolgen sollte, von 80° bis 90° aber durch die Hand unter Benutzung einer einfachen Registrir-Vorrichtung; auch für Declinations-Beobachtungen sollte ein Registrir-Mikrometer eingeführt werden (Annales de l'Observatoire de Paris, Mém. 26, E. 31 ff.) [Fig. 249]. Die Treibkraft für die Durchgangs-Mikrometerschraube giebt ein auf dem Fußboden aufgestellter elektrischer Motor von $1/5$ PS, von welchem ein Uebertragungs-Schlüssel senkrecht hinaufführt, zunächst zu einem besonderen Apparat für die Einstellung des Ganges, je nach der Declination des zu beobachtenden Sternes (a. a. O. 34—41). Diese geschieht durch eine in der Höhenlage verstellbare horizontale Scheibe, welche zwischen zwei senkrechten, vom Motor in einander entgegengesetzten Richtungen angetriebenen Planscheiben auf Reibung mitläuft; im höchsten Stande erreicht sie ihre größte, im tiefsten ihre geringste Umlaufgeschwindigkeit. Eine mit dieser Scheibe umlaufende Welle führt durch ein Paar Winkelräder die drehende Bewegung weiter

bis nahe vor den einen der Zapfen der Fernrohr-Achse, wo sie ein Lager hat, und durch weitere Uebersetzungen in die Achse und durch das Fernrohr zum Ocular-Kopf. Das ist ohne Zweifel der beste, schon von Braun angegebene Weg. Die hier austretende Welle wirkt durch mehrfache Räder-Uebersetzungen sowohl auf die Mikrometerschraube, als auch auf die Ocularschiebung. Nach einer Auslösung ist auch eine gleichzeitige Mitführung dieser beiden Theile durch die Hand möglich (a. a. O. 58); aber die Lage der Schraube ist wenig geeignet für eine gleichmäßige Fortführung des Fadens. — Die Verbindung des Chronographen mit den isolirten Contacten am Kopfe der Mikrometerschraube vermitteln zwei Drähte, die den Strom durch zwei außen an den Conen der Fernrohr-Achse befestigte Contactringe und weiter durch das Fernrohr leiten (a. a. O. 53—55). — Die Contacte des Mikrometers sind nicht in die Oberfläche einer nichtleitenden Scheibe eingebettet, sondern treten aus derselben hervor; bei Mitführung des Fadens durch die Hand wird man den Reibungs-Widerstand der Contactfeder nach jeder Lücke störend empfinden.

Die Registrirung von Polstern-Durchgängen (a. a. O. 58 ff.), die nach Einstellungen des Fadens auf den Stern oder Abwarten der Coïncidenzen nach alter Art benutzt werden soll, ist der am Declinations-Mikrometer eingeführten gleich und erinnert an Knorre's Declinographen (vorn S. 76): Eine Trommel an der weit vorragenden Mutter des nach Troughton gebauten Mikrometers ist mit 12 vorspringenden Spitzen versehen und mit einer cylindrischen Hülle überdeckt, welche die Spitzen kaum frei durchgehen läßt, so daß ein Papierstreif, den man durch eine Oeffnung einführt, von den Spitzen erfaßt, mitgezogen und durch eine zweite Oeffnung wieder hinausgeführt wird. Eine der Spitzen ist durch eine nahe daneben stehende zweite als Ausgangspunkt gekennzeichnet. Neben den Stichen der 12 Spitzen wird nach jeder Einstellung der Schraube mit einer ähnlichen, durch die Hand beweglichen Spalte ein besonderer Stich gemacht; es sind, zur Vermeidung des Zusammentreffens zweier Stiche, drei solcher beweglichen Spalten vorhanden, die zur Unterscheidung in verschiedenen Parallelen absetzen. — Die Spitzen-Trommel ist während des Gebrauches mit der getheilten Trommel, an der sie sich führt, verbunden. Wenn man sie löst, so läßt sie das benutzte Papier ablaufen und kann neues aufnehmen, um dann wieder geklemmt zu werden. — Der Umgang der Mutter, innerhalb dessen registriert worden ist, muß besonders an einer durch Differential-Räder bewegten Zählscheibe abgelesen werden. Die Stiche werden unter einer getheilten Glasplatte abgelesen. — Es ist auffällig, daß man nicht auch hier zu dem zweckmäßigeren und einfacheren Typendruck übergegangen ist. — Der ganze Mikrometer-Kopf ist außerordentlich complicirt gebaut.

Aus den von Loewy 1883 begonnenen Rapports annuels sur les Observatoires de Province (1883, Vorwort) ist zu ersehen, daß diese Sternwarten meist um 1870 wieder in »une voie d'activité régulière« gesetzt worden waren, zuletzt Lyon. — Bordeaux hat 1881 einen Meridiankreis von Eichens bekommen, 1882 ein Equatorial Eichens-Gautier von 8^z Oeffnung und 1883 eins mit Objectiv von Merz, von 14^z Oeffnung; 1890 kommen noch hinzu: ein Equatorial photographique Gautier-Henry (dessen Uhrwerk sich als zu schwach erwies) und 1895 ein Plattenmesser. — Marseille hatte 1876 von Bischoffsheim einen Eichens'schen Meridiankreis von 188^{mm} Oeffnung geschenkt er-

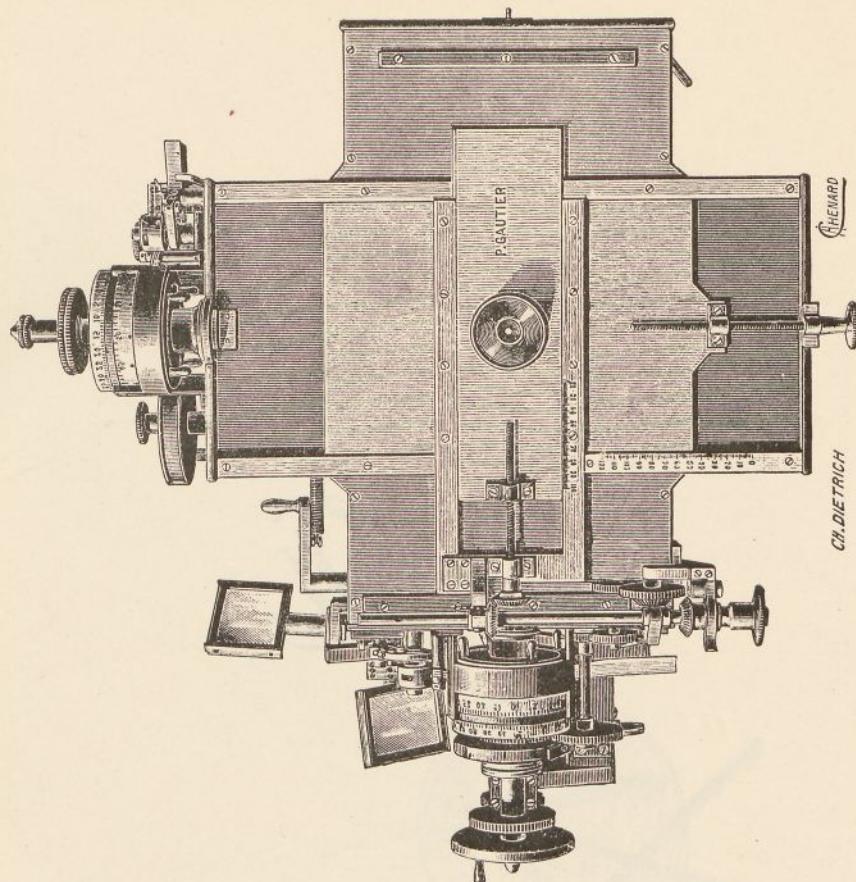
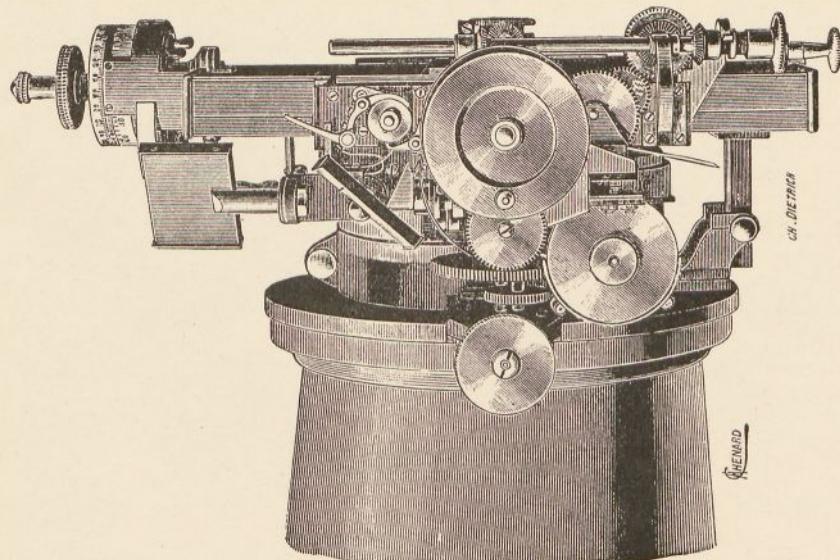
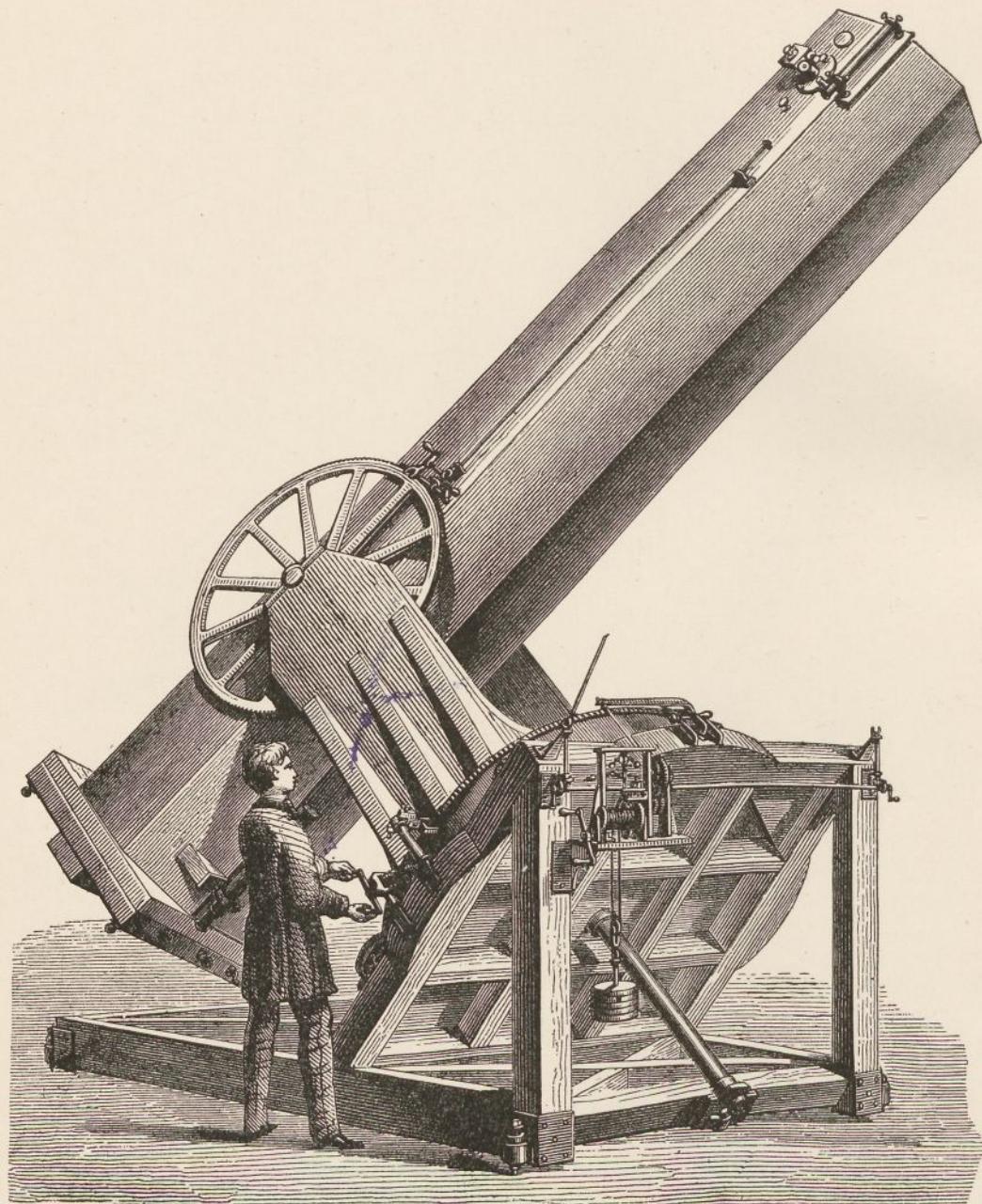


Fig. 249



Unpersönliches Mikrometer (Micromètre enrégistreur), 1906,
nach Mém. de l'Observatoire de Paris, 26.

Fig. 250



Teleskop von 0,80^m Oeffnung, Spiegel von Foucault, Marseille, ca. 1873,
nach André und Rayet, Astronomie pratique, 1874.

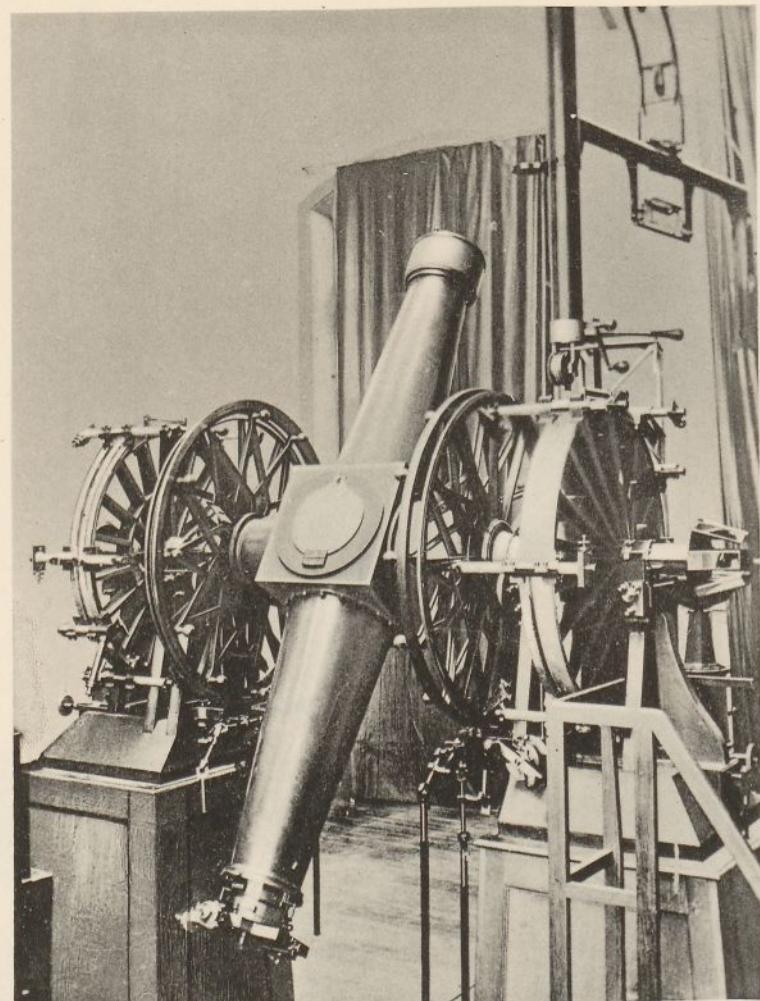


Fig. 251

Meridiankreis, 190^{mm} Oeffnung, Besançon 1885.

halten. Aus etwas früherer Zeit stammt ein Reflector von Foucault, von $0,8^m$ Oeffnung bei $4,8^m$ Brennweite, mit einer schwerfälligen Holz-Aufstellung von Secretan [Fig. 250] und einer Uhrbewegung, die André lobt (André 2, 113), sowie auch ein Equatorial Merz-Eichens von 258^{mm} Oeffnung mit einem Foucault'schen Uhrwerk. — In Toulouse befand sich ein Equatorial Brunner von 250^{mm} Oeffnung mit Mikrometer, Feld- und Faden-Beleuchtung und sehr gutem Uhrwerk; ein Spiegel-Teleskop von Secretan von $0,85^m$ Oeffnung, 5^m Brennweite, welches 1891 mit einer metallenen Aufstellung versehen wurde; noch ein Spiegel-Teleskop von $0,38^m$ Oeffnung von Foucault und ein Equatorial Secretan-Eichens von 108^{mm} Oeffnung. Im Jahre 1891 wurde von Gautier ein Meridiankreis und ein Equatorial photographique geliefert, 1895 auch ein Plattenmesser. — Lyon hatte 1883 einen kleinen Meridiankreis mit elektrischer Beleuchtung von Rigaud, einen Meridiankreis von Eichens und ein Equatorial Brunner von 6^f Brennweite; später kam ein Apparat zur Bestimmung der persönlichen Gleichung und ein Chronograph hinzu. — In Algier war neben einem alten, unvollendeten Meridiankreis von Brunner nur ein parallaktisch aufgestelltes Teleskop von Foucault; es kamen aber 1891 hinzu: ein Meridiankreis von 189^{mm} Oeffnung, eine lunette coudée von 320^{mm} Oeffnung, ein photographischer Refractor und ein Plattenmesser. — Die später entstandene Sternwarte in Besançon erhielt 1885 einen Meridiankreis von 190^{mm} Oeffnung, bei dem Gautier von Eichens' Construction insofern abwich, als er die von Troughton & Simms für Winlock ausgeführten eisernen Pfeilerköpfe annahm [Fig. 251]; es folgten 1890 eine lunette coudée und ein Altazimuth, sowie 1892 ein Heliograph. — Das Observatoire du Pic du Midi de Bigorre wurde 1897 mit einem Equatorial Eichens von 220^{mm} Oeffnung und einem älteren Theodoliten (Gambey) ausgerüstet und erhielt später einen Spectroheliographen mit Siderostat von Foucault. — Man sieht aus dieser Zusammenstellung, daß die Provinzial-Sternwarten in Frankreich während der letzten Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts mit Instrumenten reichlich versorgt worden sind.

19. U.S. Coast Survey. Die ersten Werkstätten in Nord-Amerika.

Rutherford. Rowland.

In den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika erwachte das Interesse für astronomische Beobachtungen um 1830. Es hatte sich bisher nur in gelegentlichen privaten Unternehmungen gezeigt, und von Seiten der Regierung hatte man sich bei der im Jahre 1807 auf Hassler's Anregung aufgenommenen Küsten-Vermessung (Coast Survey) auf die nothwendigsten astronomischen Hülfsmittel beschränkt, die in Verbindung damit vorgeschlagene Sternwarte aber abgelehnt (Loomis, 203ff.). Von den unter Hassler benutzten Apparaten ist zu beachten der nach seinen Angaben um 1825 hergestellte Basis-Apparat: vier in einem Holzkasten in gegenseitigem Contact ruhende, je zwei Meter lange Eisenstangen, deren Enden, also in 8^m Abstand, hervorragten und unter Mikrometer-Mikroskopen auf Stativen mit Schiebungen eingerichtet wurden. Wenn das vorausgehende Ende eingerichtet war, wurde die Stange vorgetragen und

das folgende Ende unter dem inzwischen unberührten Mikroskop eingerichtet, u.s.f. Die Temperatur wurde durch 8 Thermometer bestimmt (Report U.S. Coast Survey 1865, App. 21). Einen ähnlichen Apparat hatte Hassler schon 1797 unter Tralles in der Schweiz benutzt (vorn S. 37ⁿ).

Im Jahre 1836 entstand in Verbindung mit dem Williams College, Mass., die erste richtige Sternwarte (Loomis, 208), und es folgte ihr in kurzer Zeit eine große Zahl anderer: in West-Point 1841, in Washington 1844 (Naval Observatory), in Cambridge (Harvard College) 1844 u. a. m.; Loomis¹⁾ zählt 1856 schon über 40 Sternwarten in Nord-Amerika. — In Bezug auf die Instrumente war man aber zunächst auf Europa angewiesen, und Troughton & Simms, Ertel, Merz, Pistor & Martins wurden vorzugsweise in Anspruch genommen. Dagegen wurden frühzeitig auf Anregung der Coast Survey unter Bache²⁾ selbständige Versuche mit Längendifferenz-Bestimmungen auf elektrischem Wege unternommen. — Bekanntlich hatte, nach Oersted's³⁾ Entdeckung des Elektromagnetismus (1819) schon Ampère⁴⁾ 1821 einen elektrischen Telegraphen angegeben, der aber sehr complicirt war und für jeden Buchstaben eine besondere Nadel brauchte. Im Jahre 1832 hatte Schilling⁵⁾ Versuche mit einer Nadel gemacht, ohne aber die technischen Schwierigkeiten überwinden zu können (Steinheil, Ueber Telegraphie, München 1838, 13). Morse⁶⁾ wollte im October 1832 die Grundzüge des nach ihm benannten Apparates festgestellt haben (C.R. 7, 593); aber es waren Gauss und Weber⁷⁾, die zuerst (1833) einen brauchbaren Apparat herstellten, und dieser wurde dann von Steinheil weiter vervollkommen und durch seine Entdeckung der Leistungsfähigkeit des Erdbodens auf weite Strecken (1838) wesentlich vereinfacht. — Die Benutzung des Telegraphen für Längendifferenz-Bestimmungen soll dann Morse 1839 Arago gegenüber angeregt haben (Loomis 304), doch ohne Erfolg; und 1844 begann man in der Coast Survey mit Versuchen zwischen Baltimore und Washington, indem zunächst nur von jedem der Orte nach einem Chronometer Zeitsignale telegraphisch übermittelt wurden. Im nächsten Jahre verband man schon die Sternwarten telegraphisch mit einander und tauschte Stern-durchgänge und Uhrstände aus, fand es aber bald nöthig, die Uhr selbst ihren Gang neben den Beobachtungssignalen aufzeichnen zu lassen. Sie wurde zu dem Zweck in den Stromkreis eingeschlossen in solcher Weise, daß das Pendel bei jedem Schlage eine Unterbrechung verursachte, die durch einen Elektromagneten einen registrirenden Schreibstift bewegt. — Es wurden verschiedene Apparate der Art gebaut: Locke benutzte einen Morse-Apparat (Loomis, 325f.), das ist ein durch eine Feder angetriebenes und durch einen Windflügel regulirtes Uhrwerk, welches zwischen zwei Walzen einen Papierstreifen auslaufen läßt, und über diesem ein Stift an einem Führungsarm, mit dem man durch einen leichten Druck ein Zeichen auf dem Papier absetzen kann,

1) Elias Loomis, Connecticut 1811 — ??, Prof. math., New-York.

2) Alexander Dallas Bache, Philadelphia 1806 — Newport 1867.

3) Christian Oersted, Rudkjöbing 1777 — Kopenhagen 1851. Prof. phys.

4) André Marie Ampère, Lyon 1775 — Marseille 1837, Prof. phys. Paris.

5) Pawel Lwowitsch Schilling, Reval 1786 — St. Petersburg 1837.

6) Samuel Finlay Breese Morse, Charlestown Mass. 1791 — New-York 1872.

7) Wilhelm Weber, Wittenberg 1804 — Göttingen 1891.

ganz ähnlich dem schon 1828 von J. G. Repsold hergestellten Registrir-Apparat für Durchgangs-Beobachtungen (I, Fig. 159), doch mit dem Unterschied, daß bei diesem der Druck mit dem Finger gegeben wurde, bei jenem durch einen Elektromagneten, der mit einer Pendeluhr in Verbindung stand. Von dem Schreibstift wurden in der fortlaufenden Reihe der Secundenzeichen die Minuten durch Auslassung eines Zeichens, der Anfang jeder fünften Minute durch zwei, der jeder zehnten Minute durch drei und die Stunde durch vier fehlende Secundenzeichen unterschieden. — Saxton baute 1849 einen Apparat für Bond¹⁾), an dem eine mit Papier bespannte Walze durch ein Uhrwerk langsam herumgedreht und gleichzeitig ein Wagen mit dem Schreibstift und dem Elektromagneten vorübergeführt wird, so daß der Stift auf dem Papier eine Spirale zeichnet, in welcher durch die Elektromagneten kleine Ausrückungen erzeugt werden können (Loomis, 327f.). Das Uhrwerk erhielt einen von Bond angegebenen Regulator, den er »Spring governor« nannte: ein gerade schwingendes Pendel mit einem Anker, wie in den Uhren, dessen Hemmrad aber nicht fest, sondern durch eine Feder mit seiner Achse verbunden ist; ein von der Achse angetriebener Windflügel kann so die springende Bewegung in eine annähernd gleichmäßige umwandeln (Loomis, 328). Diese Einrichtung ist also ähnlich der von Gambey an seinem Aequatoreal von 1834 verwandten (vorn S. 117). — Mitchell endlich benutzte eine horizontal umlaufende Scheibe als Schreibplatte, die aber natürlich wenig bequem sein konnte. Die andern beiden Apparate haben in verschiedenen Ausführungen weite Verbreitung gefunden.

Mitchell stellte auch einen Apparat zur Registrirung von Declinations-Differenzen her: Ein langer, auf der Achse eines Meridiankreises festklemmbarer, senkrechter Arm trug einen Elektromagneten mit Schreibstift, der auf einer am Pfeiler angebrachten Schreibplatte, nach den Einstellungen im Fernrohr, Signale aufzuzeichnen gestattet, die später auf ein nach dem Anhaltstern gegebenes Signal zu beziehen sind (Loomis, 366; vgl. vorn S. 73ⁿ).

Unter den allmählich in Nord-Amerika entstandenen Werkstätten für astronomische Meßwerkzeuge war eine der ersten die von Jonas H. Phelps in New-York errichtete. Schon 1836 machte er eine Aufstellung mit Theilkreisen zu einem Herschel'schen Teleskop von 10^e Brennweite. Er associerte sich 1845 mit William Gurley (1821—87) zu der Firma Gurley & Phelps, die um 1850 Aufstellungen mit Uhrwerk für ein 8- und ein 9 $\frac{1}{2}$ -füßiges Fernrohr, nach Newark und an das William-College lieferte. Nachdem Phelps 1851 ausgeschieden war, entstand die noch jetzt arbeitende Firma W. & L. E. Gurley, die meist Wegebau- und Feld-Instrumente (Civil Engineer's and Surveyor's Instruments) baut, aber auch wissenschaftliche Apparate und Maaße anfertigt (Loomis, 209 f., 271; André 3, 11; Berger).

Zu der selben Zeit arbeitete William J. Young (1800—70) in Philadelphia; um 1846 baute er einen Meridiankreis von 4^e Brennweite für das Sharon Observatory und eine parallaktische Aufstellung nach Fraunhofer für das Friends' Observatory, Philadelphia (Loomis 258, 262; André 3, 136). Im Jahre 1855 nahm Young seine Söhne in den Betrieb auf, Andrew Jackson und Alfred, dessen Sohn Alfred C. Young die

¹⁾ William Cranch Bond, Falmouth (Maine) 1789 — Cambridge 1859, Dir. Obs. Cambridge, U. S. A.
Repsold, Astronomische Meßwerkzeuge.

Werkstatt (Young & Sons) noch fortführt. Astronomische Instrumente werden nur gelegentlich ausgeführt, meist kleinere Vermessungs-Instrumente (Berger).

Ein Zeitgenosse von Young war John H. Temple (1812—1877), dessen Arbeiten sehr gelobt werden, besonders seine Theilmaschine, die er mit großer Ausdauer und Sorgfalt zwischen 1852 und 72 gebaut hat (Berger).

Um 1838 errichtete Charles A. Spencer (1813—1881) in Canastota N. Y. eine Werkstatt, die hauptsächlich gute Mikroskope lieferte, 1854 aber auch einen Refractor von $13\frac{1}{2}^i$ Oeffnung, 16^e Brennweite mit parallaktischer, den Münchenern nachgebildeter Aufstellung, für das Hamilton College Observatory, und 1856 einen Meridiankreis von 5^e Brennweite mit Verniers für das Haverford Observatory. Ein für das Dudley Observatory übernommenes Heliometer von 10^i Oeffnung scheint nicht zur Ausführung gelangt zu sein (Loomis, 286, 392ff.; André 3, 115). Spencer arbeitete mit seinen Söhnen; einer derselben, Herbert R. (1849—1900), errichtete 1880 eine eigene Werkstatt. — Robert B. Tolles wird als Spencer's Mitarbeiter genannt (Berger).

Einen guten Ruf hatte lange Jahre die Firma Stackpole & Brother, die Meridian-Instrumente an die Sternwarte in Washington ($5\frac{1}{2}^i$ Oeffnung) und die Lehigh University, Penn., geliefert hat (André 3, 134; Report Naval Observatory 1897, 5, 8; 1898, 10); später auch die für Beobachtung des Venus-Durchgangs 1874 erforderlichen Instrumente. Die Werkstatt besteht nicht mehr. (Berger.)

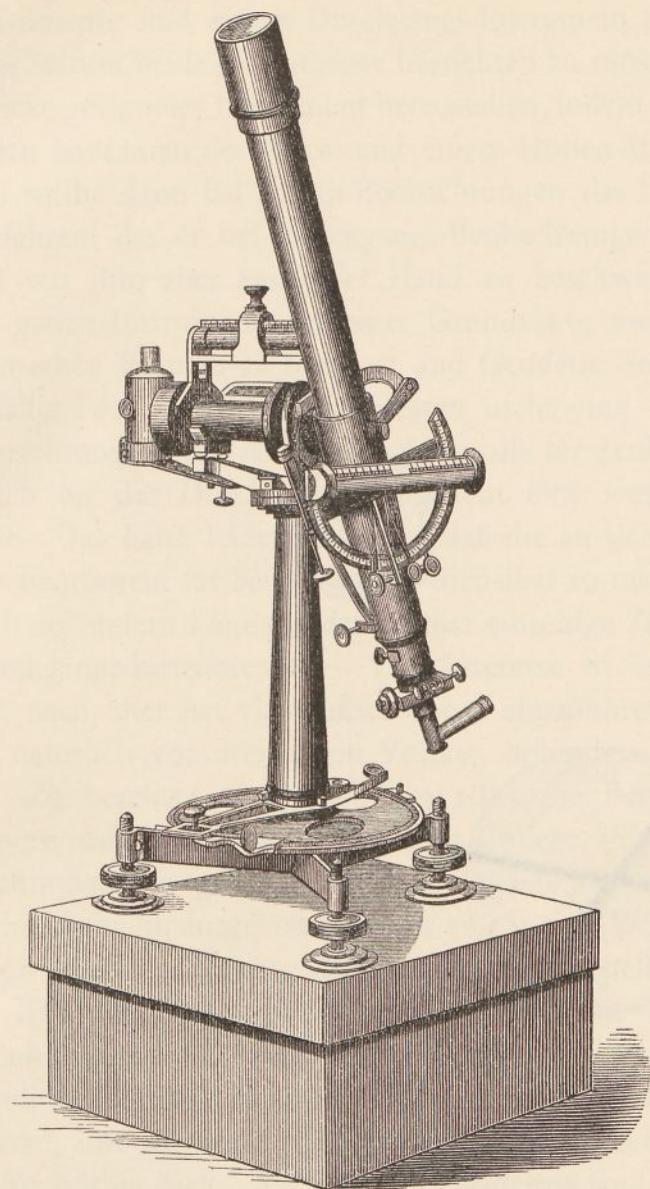
G. W. Blunt wird genannt wegen eines an die Lehigh University gelieferten Zenith-Instruments (André 3, 134) und eines guten, in der Coast Survey benutzten 10-zölligen Theodoliten (Report U. S. Coast Survey 1860, 36).

Als Optiker machte sich seit 1846 Henry Fitz in New-York bekannt. Ein von ihm für Rutherford¹⁾ gearbeitetes Objectiv von $0,23^m$ Oeffnung, $2,9^m$ Brennweite, erhielt von Gregg & Rupp, New-York, eine dem Refractor in Dorpat nachgebildete Aufstellung; andere seiner Objective, die er bis zu $13\frac{1}{2}^i$ Oeffnung, $17\frac{1}{2}^e$ Brennweite ausführte, wurden von Young und Anderen aufgestellt (Loomis, 260ff.).

Als Uhrmacher wird um 1846 J. L. Gropengiesser, Philadelphia, genannt (Loomis, 262, André 3, 136).

Die Coast Survey blieb aber zunächst das treibende Element. Dort hatte man 1846 zur Anwendung der im Jahre 1732 von P. Horrebow angegebenen (I, 49), von Andrew Talcott wieder aufgenommenen Methode der Polhöhen-Bestimmung ein tragbares Zenith-Instrument eingeführt (Report U. S. Coast Survey for 1866, 72): ein gerades Fernrohr von $1,17^m$ Brennweite mit Ocular-Mikrometer und gebrochenem Ocular, auf einer Säule altazimuthal aufgestellt und mit zwei feinen Niveaux versehen, die um einen horizontalen Zapfen drehbar und an einem Gradbogen klemmbar sind; sie sollen sich gegenseitig controlliren. Vier solche Zenith-Instrumente wurden bei Troughton & Simms bestellt und 1849 geliefert. Sie erwiesen sich als zu schwach gebaut, wurden in der Werkstatt der Coast Survey wiederholt verändert und hatten 1865 das Aussehen wie in [Fig. 252] wiedergegeben (Report Coast and Geodetic Survey 1892 2, 6; M. N. 28, 182).

¹⁾ Lewis Morris Rutherford, Morrisania N.-Y. 1816 — Tranquillity, N.-Jersey, 1892, Jurist.



Zenithrohr nach Talcott, 1865,

nach Monthly Notices 28.

Fig. 252

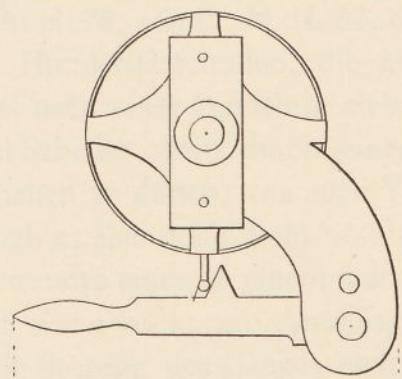
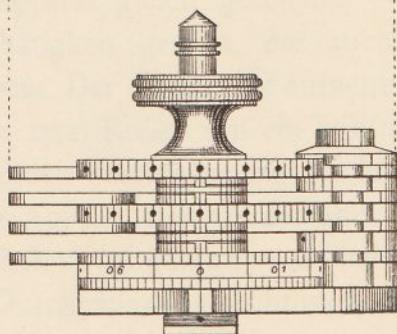
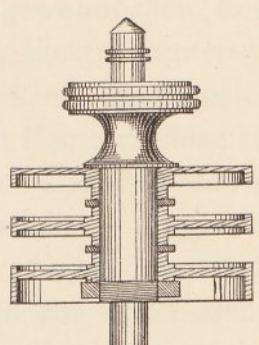


Fig. 253



Roger's Mikrometer, nach Astron. Nachr. 63, 1864.

Sehr bald hatte indeß George Davidson bei Vermessungen mit einem dieser Zenith-Instrumente und einem Durchgangs-Instrument es als sehr unbequem empfunden, an jeder Station beide Instrumente herrichten zu müssen. Er schlug 1853 vor, ein für beide Zwecke geeignetes Instrument herzustellen, indem ein Durchgangs-Instrument mit einem feinen Niveau an der Achse und einem Höhen-Mikrometer am Ocular versehen wurde, und wollte dann bei Zenith-Beobachtungen das Fernrohr in den Lagern umlegen, ein Verfahren, das er bei Durchgangs-Beobachtungen nicht angewandt zu haben scheint. Das war ihm aber aus freier Hand zu beschwerlich, und er regte deshalb 1867 an, das ganze Instrument auf einer Grundplatte zwischen Anschlägen um 180° drehbar zu machen (Report U. S. Coast and Geodetic Survey 1881, App. 7 for 1879). Es ist auffällig, daß Davidson statt dessen nicht eine damals doch schon übliche Umlege-Vorrichtung für die Achse vorschlug, die für Zenith-Beobachtungen bequemer und zugleich für das Durchgangs-Instrument eine wesentliche Vervollkommnung gewesen wäre. Das hatte leider zur Folge, daß die an sich sehr nützliche Anregung Davidson's, ein Instrument für beide Zwecke dienstbar zu machen, wenig Erfolg hatte. Man ahmte auch in andern Ländern das höchst einseitige Zenithrohr nach und benutzte daneben Durchgangs-Instrumente. — Von Interesse ist es, daß Davidson sich nicht gescheut hat, nach alter Art vier Fußschrauben einzuführen; bei vernünftiger Behandlung haben sie natürlich vor dreien den Vorzug, besonders bei hochgebaute Instrumenten.

Zu beachten sind auch um 1865 die Bemühungen von Hilgard, U. S. Coast Survey, und A. Young, Dartmouth College, um einen Chronographen, der seine Aufzeichnungen in gedruckten Ziffern geben sollte. Beide waren indeß über Entwürfe wohl kaum hinausgekommen, als es 1871 G. W. Hough, Dudley Observatory, gelang, einen solchen »Printing Chronograph« herzustellen (A. N. 78, 369 ff.; M. N. 32, 86 ff.). Er läßt drei Typenscheiben, von denen die eine Hundertsecunden, die andere Secunden und die dritte Minuten angibt, durch zwei nach einer Pendeluhr elektrisch regulirte Uhrwerke treiben, und zwar die Hundertel-Scheibe allein durch eines der Werke, um sie ohne Störung der andern beiden anhalten zu dürfen, wie auch Young es für nöthig hielt. Nach vielen Versuchen fand Hough es aber doch nicht nöthig, die Scheibe beim Abdruck anhalten zu lassen, sondern verwandte einen an einem federnden Schaft befestigten Hammer, der durch sein Moment einen so kurzen Anschlag gab, daß bei schnell auf einander folgenden Abdrücken die Störung des Ganges nicht eine hundertel Secunde betragen haben soll; der mittlere Fehler eines Abdrucks wird dem einer Ablesung an einem gewöhnlichen Registrir-Apparat gleich geschätzt. — Der Hammer wird durch einen Elektromagneten in Thätigkeit gesetzt, der auch vom Beobachter ausgelöst werden kann, um Signale zu geben. Der die Drucke aufnehmende Papierstreif wird nach jedem Hammerschlag zwischen zwei Rollen um ein bestimmtes Stück automatisch vorgezogen. Die Typenscheiben werden durch eine dagegen laufende Tuchscheibe mit Dinte versehen. — Obgleich dieser Apparat sich gut bewährt haben soll, scheint er lange weder Anwendung noch Nachahmung gefunden zu haben.

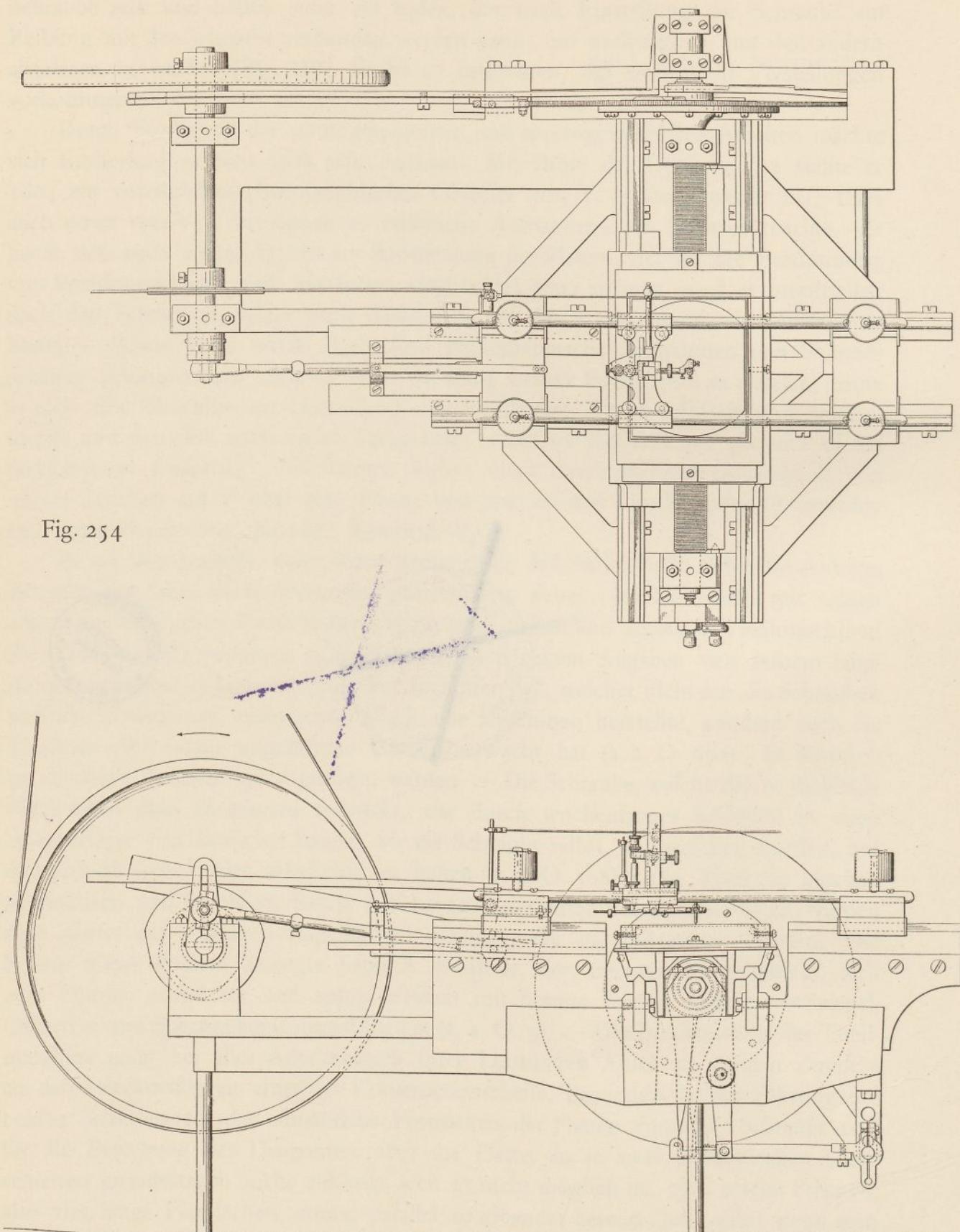
Neben diesen Versuchen zur Verschärfung der Durchgangs-Beobachtungen wurde 1864 von Jos. A. Rogers in Washington ein Vorschlag zur Vervollkommnung der Mikrometer-Ablesung gemacht (A. N. 63, 77). Es sollen mehrere Theilscheiben an der

Schraube sein und neben jeder ein Index, der nach Einstellung der Schraube auf Reibung mit der Schraube verbunden werden kann, um nachträglich, mit den andern abgelesen zu werden [Fig. 253]. Es ist zu befürchten, daß unbemerkt Verstellungen vorkommen.

Durch Förderung der photographischen und spectrographischen Arbeiten machte sich Rutherford in New-York sehr verdient. Mit Hülfe des Optikers Fitz stellte er 1864 ein vorzügliches photographisches Objectiv von $11\frac{1}{4}$ ⁱ Durchmesser her, 1868 auch eines von 13^i , mit denen er zahlreiche Aufnahmen am Himmel machte. Er baute sich auch einen Apparat zur Ausmessung der Platten, der für die Bestimmung von Positionswinkeln und Abständen eingerichtet war; anfangs maaß er unmittelbar nach den Schrauben, später nach Glasscalen, auf die er sich durch ein Mikrometer bezog. — Schon 1864 waren Rutherford photographische Aufnahmen von Sonnen-spectren gelungen; um auch in dieser Richtung weitere Fortschritte zu erzielen, baute er sich eine Maschine zur Herstellung von Interferenz-Gittern auf Glas und Spiegel-metall und erreichte nach vielen Versuchen, »aided by the skill and patience of his mechanician, Chapman«, Theilungen bisher nicht durchgeföhrter Genauigkeit von 17000 Strichen auf 1^i über eine Fläche von zwei bis drei Quadratzollen (Astronomy and Astro-Physics 692, Nr. 108; Rowland, 8).

Es sei hier sogleich voreiligend hinzugefügt, daß Rutherford's Gitter im Anfange der achtziger Jahre noch übertrffen wurden von denen, die Rowland¹⁾ mit seinen unter ungewöhnlichen Vorsichtsmaßregeln hergestellten und benutzten Theilmaschinen (Rowland, 691 ff.) ausführte, oder vielmehr nach seinen Angaben von seinem lang-jährigen Assistenten Theodor Schneider ausführen ließ, welcher nicht nur die Schrauben und die meisten der wichtigeren Theile der Maschinen herstellte, sondern auch die Theilung aller darauf ausgeführten Gitter überwacht hat (a. a. O. 692). Es konnten bis zu 20000 Strichen auf 1^i gezogen werden. — Die Schraube, welche die zu theilende Platte unter dem Diamanten fortrückt, war durch wochenlanges Schleifen in einer Spannmutter von ähnlicher Länge, wie die Schraube selbst, ausgeglichen worden, um die periodischen Fehler möglichst zu heben (a. a. O. 508). Die Theilung geschah automatisch und in einem Raum von nahezu constanter Temperatur. — Es wurden auch Gitter auf concaven Kugelflächen gezogen, die als Reflectoren dienten. Die Politur dieser Flächen besorgte John A. Brashear, der, ursprünglich Ingenieur, sich zum Optiker ausbildete und später vielfach mit bestem Erfolge Reflectoren-Spiegel, Objective und Spectroskope ausgeführt hat (a. a. O. 9). — Die Beschreibung der Theilmaschine giebt bei aller Anerkennung ihrer Leistungen Anlaß zu einigen Zweifeln an der Zweckmäßigkeit einzelner Constructionstheile. Besonders ist die Führung der beiden Schlitten, für das allmähliche Fortrücken der Platten durch die Schraube und für die Bewegung des Diamanten über die Platte, an je zwei prismatischen Gleitschienen grundsätzlich nicht zulässig, weil es nicht möglich ist, zwei solche Prismen, also vier lange Planflächen, streng parallel zu einander herzustellen, selbst wenn man constante Temperatur annimmt, und weil daher nicht immer auf ein städtiges, spannungs-

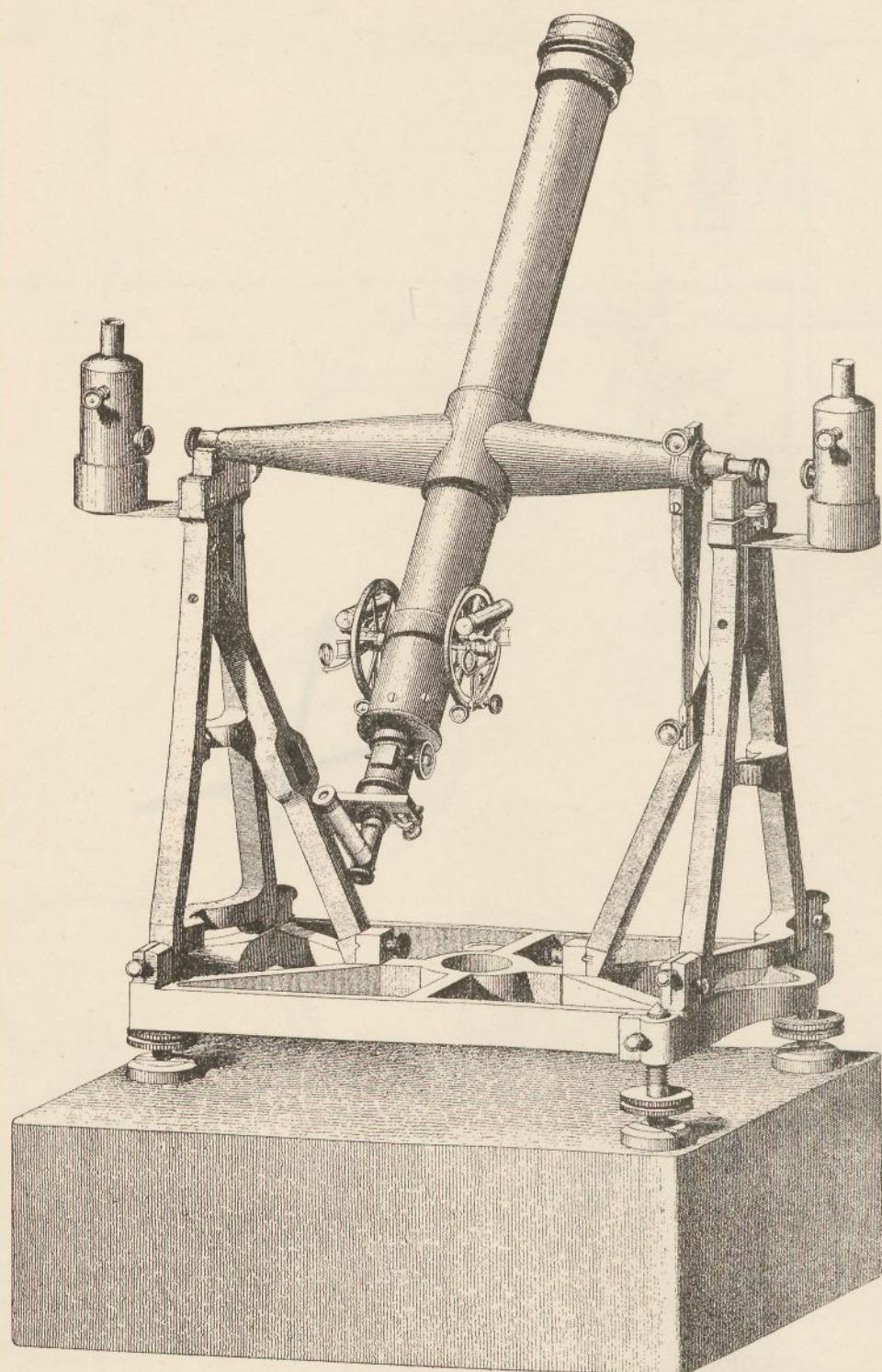
¹⁾ Henry Augustus Rowland, Honesdale (Penn.) 1848 — Baltimore 1901, Prof. phys.



Rowland's Gitter-Theilmaschine, um 1880,

nach The Physical Papers of H. A. Rowland, Baltimore, 1902.

Fig. 255



Durchgangs-Instrument,
nach Report U. S. Coast Survey, Washington, 1869.

freies Vorrücken zu rechnen ist. Ein Prisma (besser noch ein Cylinder, weil er mit größerer Vollkommenheit gerade herzustellen ist) und eine Planfläche wären besser gewesen; sie könnten nach einem auf den Schlitten gestellten Niveau parallel gerichtet werden und würden nie Spannungen und dadurch unständige Bewegungen geben, wie solche zu Ungleichmäßigkeiten in den Gittern führen müssen. Auch die Führung in Holz (bei der Schraubenmutter und dem oberen Schlitten) lässt Veränderlichkeit befürchten; man erinnert sich des verfehlten Versuchs, den Porro mit einer hölzernen Meßstange angestellt hat (vorn S. 130). Trotz aller Sorgfalt in der Anlage und großer Geduld bei der Arbeit sind Gitter zu 14000 Strichen auf ¹ⁱ von der größten der Maschine erreichbaren Ausdehnung (6ⁱ Seite) nur selten ganz gelungen (Rowland 511); man vermutet als Grund dieser häufigen Mißerfolge Ausnutzung der Maschine oder Temperatur-Aenderungen während der vier Tage und Nächte dauernden Arbeit. Man darf wohl den letzteren Grund als den wahrscheinlicheren annehmen und wird ihn zunächst dort suchen, wo Stoffe mit einander in Verbindung stehen, die sich gegen Temperatur-Einflüsse verschieden verhalten, das ist in den Verbindungen zwischen Holz und Metall. — Die Abbildungen [Fig. 254] geben eine allgemeine Vorstellung von der Einrichtung der durch einen Wassermotor betriebenen Maschine; die Einzelheiten müssen nachgelesen werden.

20. Würdemann, Clark, Buff & Berger, Fauth, Saegmüller.

Auf die Werkstätten zurückgehend, haben wir zunächst den langjährigen Leiter der Werkstatt der Coast Survey, Wilhelm Würdemann, zu nennen. (Oldenburg 1811 — Washington 1899.) Er lebte schon seit 1830 in Nord-Amerika und führte später eine eigene Werkstatt neben der der Coast Survey, für die er nur zu einer begrenzten Thätigkeit verpflichtet war. Seine Instrumente standen in gutem Ansehen; ein nach Davidson benanntes Durchgangs-Instrument von ihm mit zusammenlegbarem Stativ [Fig. 255] wurde bei der Coast Survey mit Vorliebe benutzt (Report Coast Survey 1866, 55), und auch andere Instrumente seiner Arbeit werden in den Berichten der Coast Survey öfter genannt: Zenithrohre, Basis-Apparate (darunter ein Contact-Apparat mit Compensations-Stangen von Eisen und Messing) und 10-zöllige Theodoliten, die neben Instrumenten gleicher Größe von Gambey benutzt wurden (Report Coast Survey 1856, 310; 1858, 45; Primary Triangulation N. S. Lake Survey 1882, Nr. 24, 6, 7, 11, 17). Würdemann hat auch mehrere Theilmaschinen gebaut. — Als er 1876 nach Deutschland zurückkehrte (vielleicht in der Absicht dort zu bleiben; er ging aber 1879 wieder nach Amerika), übernahm Georg N. Saegmüller die Leitung der Werkstatt der Coast Survey, in welcher er schon einige Jahre unter Würdemann gearbeitet hatte.

Große Erfolge hatte inzwischen Alvan Clark¹⁾ erzielt. Er war ursprünglich Zeichner und Maler von Beruf, begann aber gegen 1846, Objective zu schleifen, Anfangs aus amerikanischem Glase, das sich indeß als ungenügend erwies und durch Scheiben von

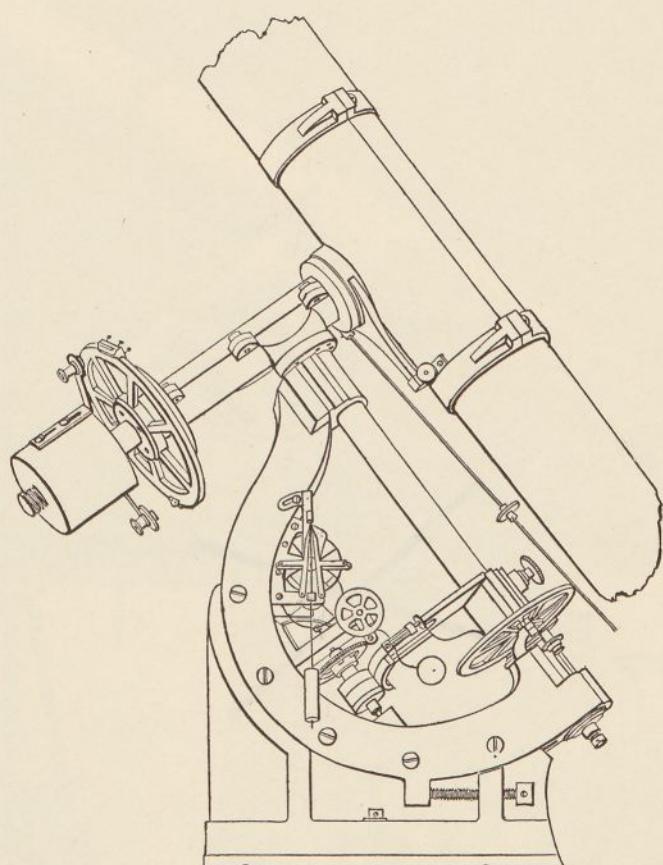
¹⁾ Alvan Clark, Ashfield, Mass. 1804 — Cambridgeport 1887.

Guinand ersetzt wurde. Es gelangen Clark dann gute Objective, und er lieferte für die 1847 gegründete Sternwarte des Amherst College einen Refractor von $0,18^m$ Oeffnung, $2,58^m$ Brennweite mit Aufstellung und durch einen »Spring governor« nach Bond (S. 137) regulirtem Uhrwerk. — Um 1850 vereinigte sich Clark mit seinen Söhnen: George B. (1827—92) und Alvan G. (1833—97) zu der Firma Alvan Clark & Sons, Cambridgeport, Mass.. Bis 1853 lieferten Clarks noch Refractoren für die Sternwarten West-Point, Annapolis und Williamstown; aber in weiteren Kreisen bekannt wurden sie erst durch den Refractor von $8\frac{1}{4}^i$ Oeffnung, 110^i Brennweite (M. N. 20, 62), den sie 1858 für Dawes in Haddenham (England) herstellten, diesen eifrigen Doppelstern-Beobachter, der um 1831, als Erster wohl, ein umkehrendes Prisma am Ocular benutzt hat (M. N. 26, 284 f.). Die Abbildung [Fig. 256] läßt in der schwungvollen Form des Pfeilerkopfes, die dem Uhrwerk mehr Raum gewährt, als nöthig, noch einen künstlerischen Zug bei Clark erkennen. Die Uhrbewegung geschieht an einem Sector, doch ohne Schraube; sie ist ersetzt durch zwei neben einander auf dem glatten Bogen liegende Metallbänder, von denen jedes an einem Ende mit dem Sector, am andern mit einem Cylinder in solcher Weise verbunden ist, daß sie sich gegenseitig in Spannung halten und todten Gang möglichst vermeiden. Der Cylinder ist mit einem Rad verbunden, in welches die vom Uhrwerk angetriebene Schraube greift, und das Lager dieser Schraube ist zwischen Führungsleisten beweglich durch eine dem Beobachter vermittelst Schnurzuges erreichbare Schraube, die die Feinstellung giebt. Die Klemmschraube liegt oberhalb der Achse und scheint ebenfalls durch Schnurzug beweglich zu sein. — In Declination geschieht die Klemmung durch einen langen Schlüssel vom Ocular her, die Feinstellung wahrscheinlich durch Schnurzug. — Die Kreis-Ablesung ist, wie damals noch üblich, an der Gegengewichts-Seite. Beide Theilkreise tragen große weiße Ziffern, nach denen die vorläufige Einstellung gemacht werden soll. Das setzt natürlich weit-sichtige Augen und helles Licht im Beobachtungsraume voraus. — Das Fernrohr liegt in einer halbcylindrischen Mulde, wie bei Fraunhofer.

Einen wesentlichen Fortschritt bedeutete der 1878 entstandene Refractor von $26^i = 0,65^m$ Oeffnung bei 10^m Brennweite für Washington, damals das größte der bestehenden Fernrohre [Fig. 257]. Die Aufstellung war im Allgemeinen der von 1858 ähnlich; doch ist das Fernrohr von Stahlblech und unmittelbar mit der Achse verbunden. Der Declinationskreis liegt nahe dem Fernrohr und ist durch zwei lange Mikroskope vom Ocular her abzulesen. Das obere Stundenlager wird durch Rollenhebel entlastet und die Biegung der Declinationsachse durch einen inneren Hebel verringert. — Das im Pfeiler angebrachte Uhrwerk ist nach Newcomb¹⁾ gebaut; es wird durch Wasser getrieben, nicht unmittelbar, sondern durch ein Gewicht, welches regelmäßig durch automatische Steuerung aufgezogen wird, um die Druckschwankungen in der Leitung unschädlich zu machen. Als Regulator dient ein horizontal laufendes Schwungrad mit darüber hängendem conischem Pendel, das sich in einem radialen Schlitz führt und bei zunehmendem Ausschlage durch einen elektrischen Contact eine Bremse gegen das Schwungrad führt, bis der Gang wieder normal ist. (Davis, Instru-

¹⁾ Simon Newcomb, Wallace (Nova Scotia) 1835 — Washington 1909.

Fig. 256

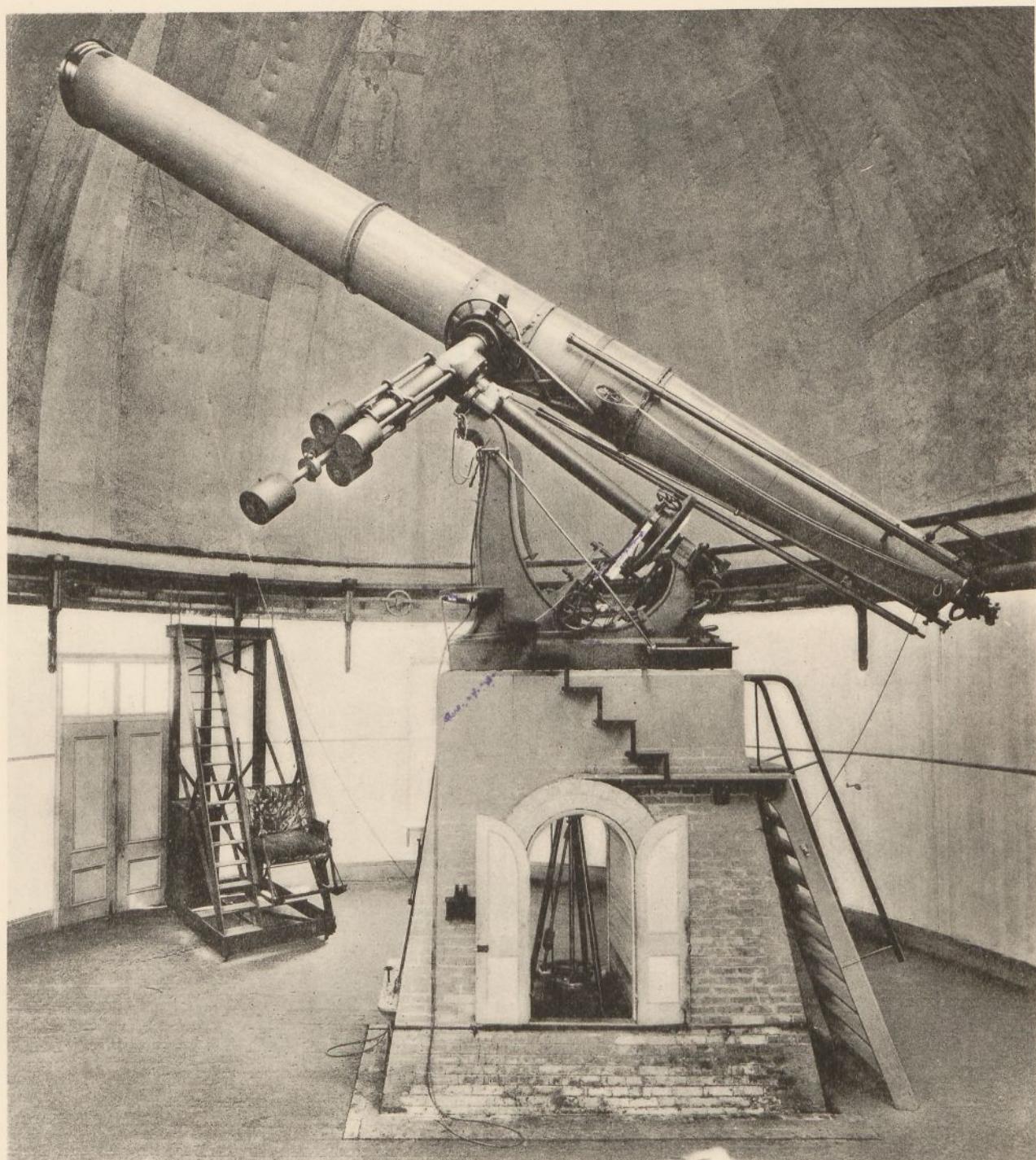


Equatorial Mounting of a Telescope,
aperture $8\frac{1}{2}$ inches, focal length 110 inches,
by Alvan Clark and Sons, Boston, U.S. ;
Erected in the Observatory of the
Rev. W. R. Dawes, Haddenham, Bucks.

1858.

Nach Monthly Notices, 20.

Fig. 257



26ⁱ-Equatorial, Washington 1878,
nach Davis, Instruments and Publications, Washington 1845—76.

Fig. 259

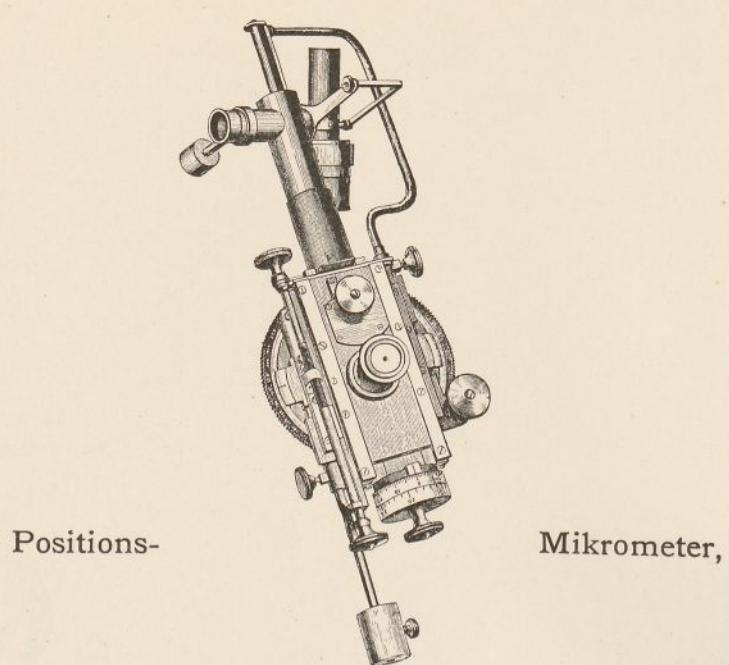
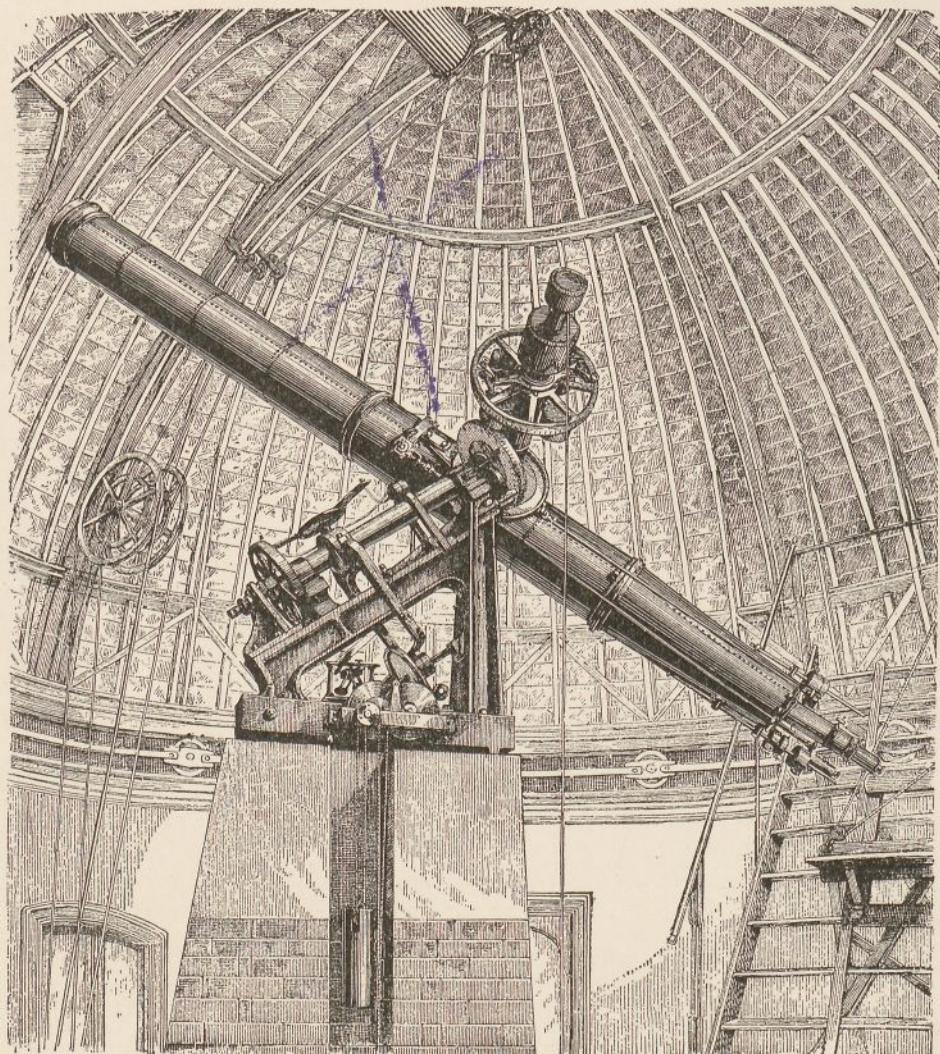


Fig. 258



nach Lick Observations 1.

12ⁱ-Refractor, Lick-Observatory, 1881,

Universal-Instrument (Alt.-Azimuth),

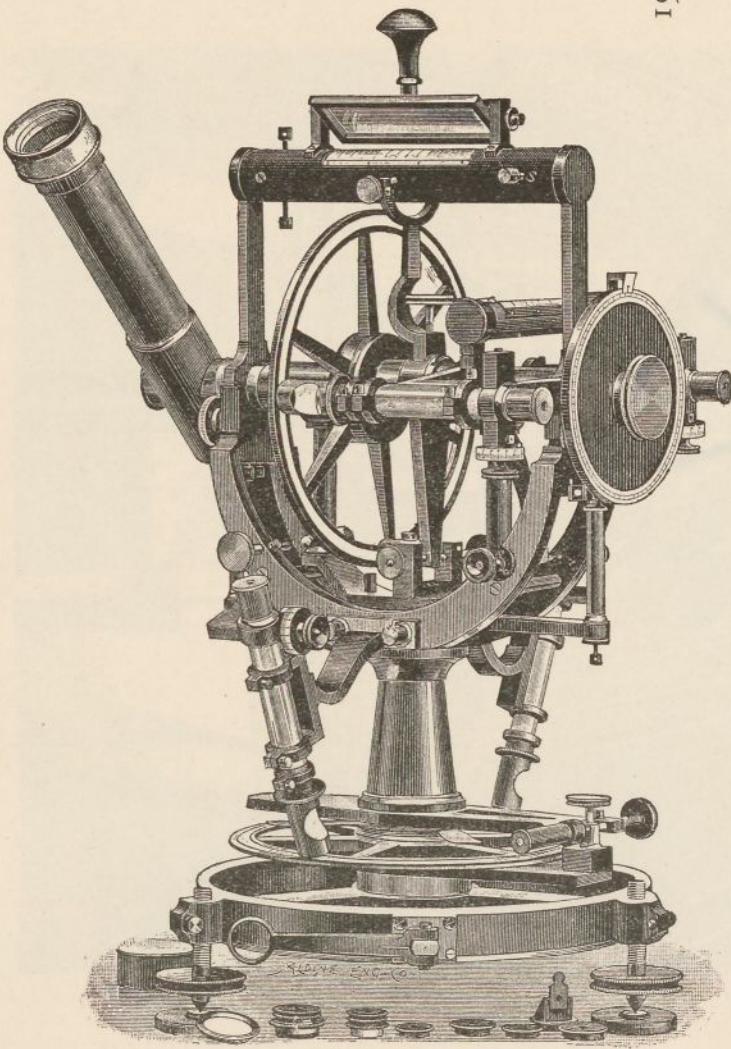


Fig. 261

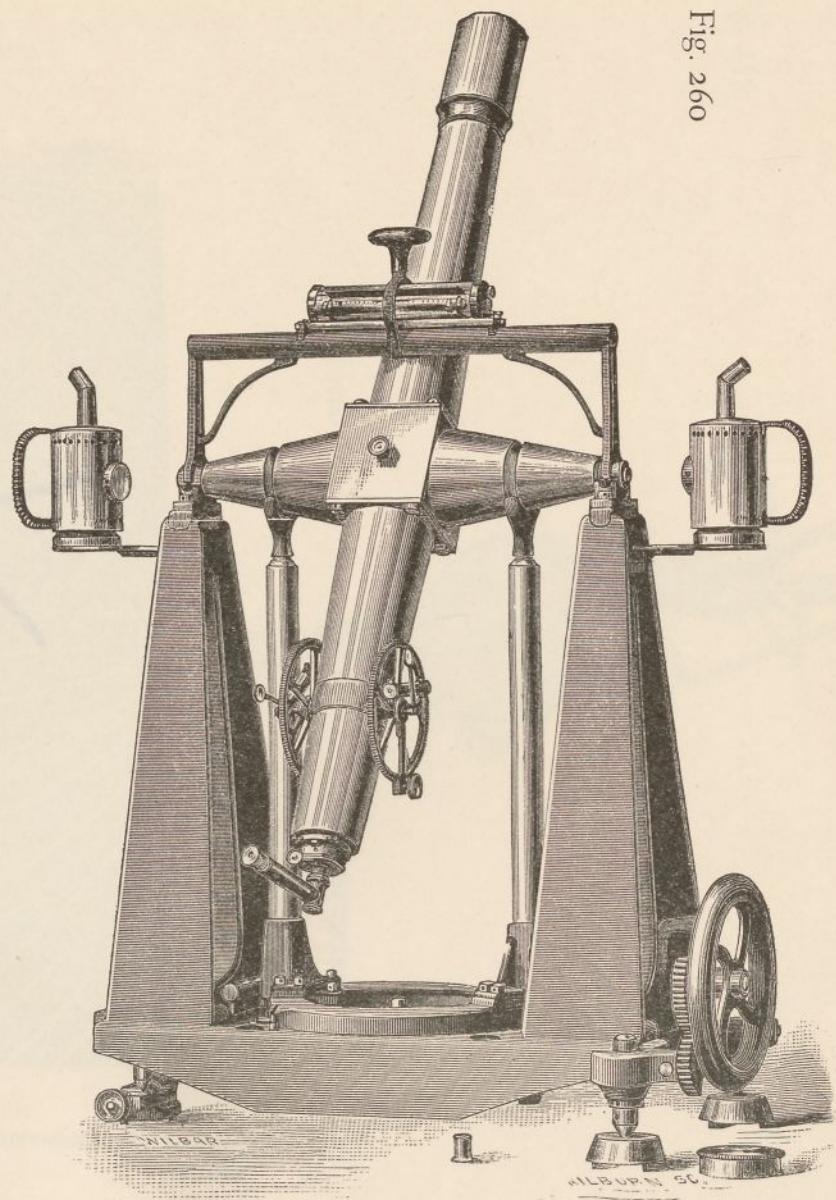


Fig. 260

nach Katalog von 1910.

ments and Observations, Washington 1845—76, 31 ff.) — Am Ende des Auszugsrohres befindet sich ein Positions Kreis mit einer Büchse, in welcher verschiedene Ocular-Apparate nach Winlock's Angaben anzubringen sind, darunter drei Mikrometer. Das meistbenutzte ist ähnlich dem Fraunhofer'schen, doch bewegt die zweite Schraube die festen und die beweglichen Fäden miteinander. Eine Feldbeleuchtung war Anfangs nicht vorhanden, nur Fadenbeleuchtung nach Fraunhofer; das Lampenrohr steht aber fest in Richtung der Schrauben, so daß die langen Fäden nicht hell erscheinen. Ein zweites Mikrometer mißt Rectascensions- und Declinations-Unterschiede, und das dritte ist ein Doppelbild-Mikrometer nach Airy. — Die Aufstellung muß sich nicht ganz bewährt haben, da sie 1892/7 durch eine andere ersetzt wurde.

Eine vereinfachte Form erhielt der 12ⁱ-Refractor der Lick-Sternwarte von 1881 [Fig. 258]. — Das Positions-Mikrometer, im Ganzen von englischer Form, hat eine von Burnham angegebene Art der Fadenbeleuchtung, die im Wesentlichen gegen Clark's darin verbessert ist, daß das Licht der in einem Doppelgelenk aufgehängten Lampe die Fäden durch einen Reflector noch von einer zweiten Seite trifft, um so auch die langen Fäden sichtbar zu machen, und daß farbige Gläser eingeführt werden können [Fig. 259].

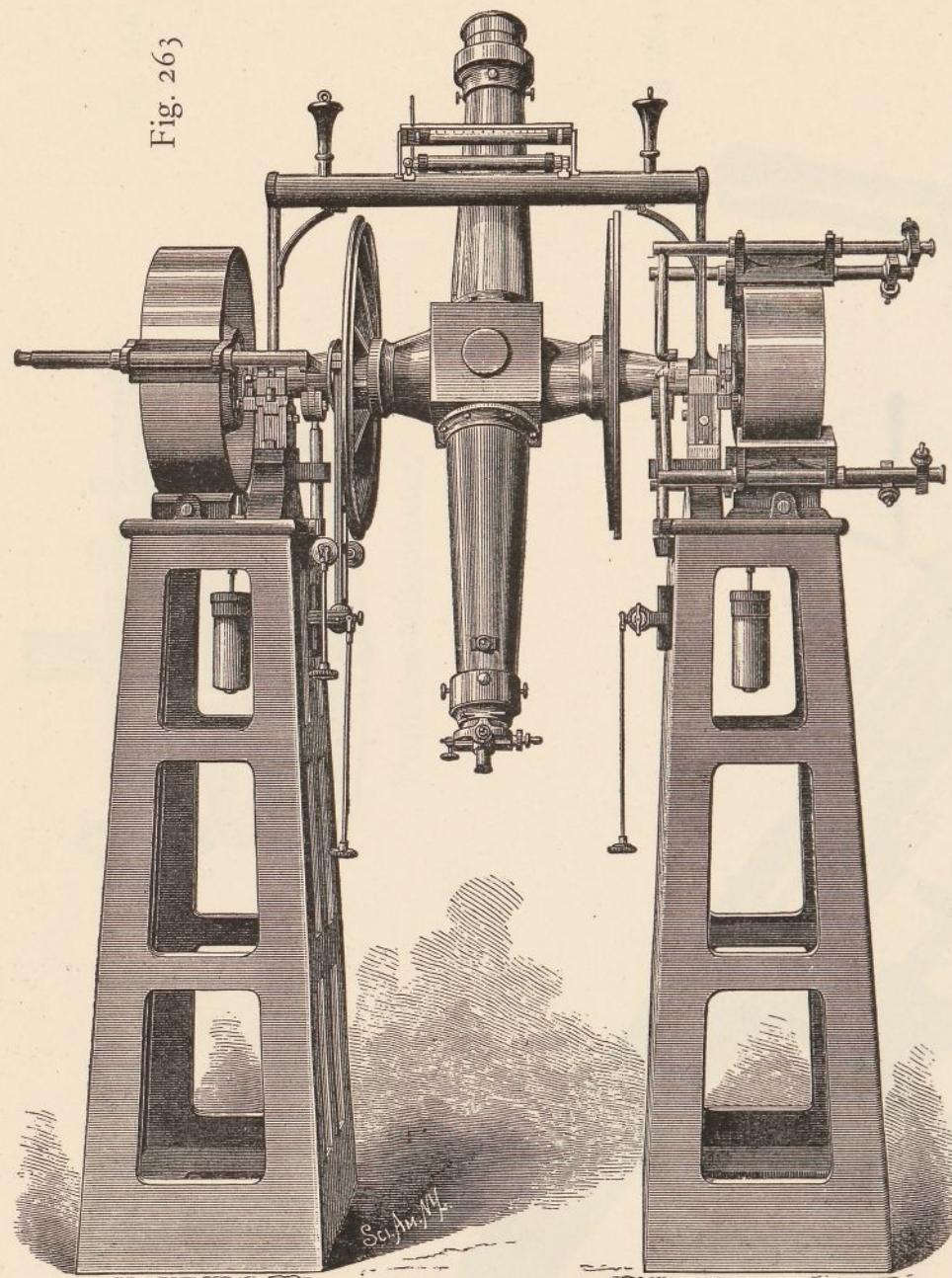
Später scheinen Clarks sich hauptsächlich nur ihren optischen Arbeiten gewidmet zu haben, in denen sie ganz Ungewöhnliches erreichten, besonders in den Objectiven für die Lick- und die Yerkes-Sternwarte. Ihre großen Erfolge auf optischem Gebiete sind zum Theil darauf zurückzuführen, daß sie, um der großen Schwierigkeit zu entgehen, völlig genügende Glasscheiben von so beträchtlichen Dimensionen zu bekommen, sich nicht scheut, Homogenitätsfehlern in denselben durch örtliche Nachhülfen an den Oberflächen entgegenzuwirken. Die großen Gläser wurden von Chance & Co., Birmingham, und Feil in Paris bezogen. — Die Clark'sche Werkstatt wurde von Carl A. R. Lundin, der, aus Schweden gebürtig, seit 1874 in derselben gearbeitet hatte, und von dessen Sohn C. A. Robert Lundin fortgeführt (Berger).

Neben Clarks arbeiteten, zumeist an kleineren Instrumenten, die Werkstätten von Buff & Berger in Boston und von Fauth & Co. in Washington. Die erstere wurde 1871 gegründet von Georg L. Buff, geb. Gießen 1839, und C. Louis Berger, geb. Stuttgart 1842; beide waren früher in der Repsold'schen Werkstatt und bei Th. Cooke & Sons thätig gewesen. Es gelang ihnen allmählich, Feld- und Gruben-Instrumente eigener Construction zur Geltung zu bringen; ein Katalog von 1896 enthält solche in reicher Auswahl, daneben aber auch astronomische Instrumente, besonders tragbare Durchgangs-Instrumente mit geradem Fernrohr und Umlegung durch Hebel und Excenter [Fig. 260]; dieses bei der Lake Survey benutzte Instrument ist ohne Declinationsklemme, die in der That für einen geschickten Beobachter entbehrlich ist, wohl nicht für jeden. Auch ein Universal-Instrument (Altazimuth) mit geradem Fernrohr am Ende der Achse, Mikroskop-Ablesung und Umlegung, zum Theil Pistor & Martins nachgebildet [Fig. 261], wird angeboten, sowie Reflexionskreise nach Pistor & Martins und Sextanten; diese werden aber zum Theil von Europa importirt (Katalog 1896, Preface). — Nach 27-jähriger erfolgreicher Thätigkeit trennten sich die beiden Theilhaber, und seit 1898 wird die Werkstatt unter der Firma C. L. Berger & Sons

von C. Louis Berger und seinen Söhnen William A. und Louis H. Berger fortgeführt. Ein Katalog von 1910 zeigt an astronomischen Instrumenten nichts wesentlich Neues; es wird aber in der Vorrede hervorgehoben, daß Bergers mehr anstreben, gute, als wohlfeile Instrumente zu liefern. Neuerdings sind aus ihrer Werkstatt auch $\frac{1}{2}$ -Pendel nach Angabe der Coast Survey hervorgegangen. — Ueber seine bei der Berichtigung der Instrumente in der Werkstatt benutzten Vorrichtungen hat C. L. Berger ausführlich berichtet (Instrk. 1886, 117 ff.). Der Apparat zur Bestimmung der Brennweite der Objective (a. a. O. S. 272) könnte von der ihm vorgeworfenen Ungenauigkeit (a. a. O. 348) befreit werden, indem das Objectiv auf einem um einen senkrechten Zapfen drehbaren Schieber aufgestellt würde, so daß die schon von Airy benutzte Methode (vorn S. 94) angewandt werden könnte. Es wäre das Objectiv solange über dem Zapfen zu verschieben, bis bei einer Drehung um denselben eine Verschiebung des Bildes der Collimatorfäden nicht mehr stattfindet. Der Abstand der Bildebene von der Mitte des Zapfens gäbe die Brennweite; für die Werkstatt wird man aber in der Regel bis zum Anschlag der Objectivfassung messen.

Camill Fauth, geboren in Karlsruhe und dort in der Sickler'schen Werkstatt ausgebildet, ging 1872 nach Nord-Amerika und gründete nach einiger Zeit auf Veranlassung und unter Beihilfe seines Schwagers G. N. Saegmüller, welcher die bei der Coast Survey vorkommenden Arbeiten in der seit 1876 von ihm geleiteten Werkstatt dieser Behörde nicht alle erledigen konnte, eine besondere Werkstatt in Washington. Diese unter dem Zwange der Verhältnisse zu Würdemann's Zeiten entstandene Doppelstellung war auf die Dauer nicht haltbar, und Saegmüller trat nach einigen Jahren ganz in die Leitung der Firma Fauth & Co. über. Fauth blieb der eigentliche technische Leiter, während Saegmüller, der vielseitige Beziehungen hatte, für das Geschäftliche sorgte und die Thätigkeit der Werkstatt auf größere Instrumente auszudehnen suchte. Fauth kehrte übrigens 1889 nach Deutschland zurück, und Saegmüller nahm seine Söhne in seinen Betrieb auf. — Betreffs der Instrumente zeigt Fauth's Katalog von 1885 ein Universal-Instrument [Fig. 262] mit geradem Fernrohr in Mitte der Achse und daher etwas hohem Aufbau. Ein größeres in den Lick-Observations 1, 69 theilweise abgebildetes Instrument ist das Resultat besonderer Vorschläge verschiedener Astronomen und erscheint im Katalog als voller Meridiankreis, etwas nach Simms-Winlock [Fig. 263]; im Katalog von 1892 hat er mehr das Ansehen des Meridiankreises in Straßburg angenommen. — Neben einem sehr leicht gehaltenen tragbaren Meridiankreise und einem Durchgangs-Instrument mit in Lagern drehbarem Fernrohr mit Objectiv-Prisma (nach Steinheil), das besonders für schwieriges Gelände empfohlen wird, erscheint hier als »new Combination Transit and Zenith Telescope« nach Davidson's Anregung [Fig. 264] ein Durchgangs-Instrument mit geradem Fernrohr in der Mitte der Achse, an dem ein Horrebow-Niveau angebracht ist; das fest gebaute Stativ hat nicht nur Umlege-Vorrichtung, sondern auch volle Drehung im Azimuth, eine im Allgemeinen zweckmäßige Einrichtung, die sich von den Zenithrohren auf hoher Säule vorheilhaft unterscheidet. — Refractoren werden bis zu 12ⁱ Oeffnung angeboten [Fig. 265]; von dieser Größe sind mehrere geliefert worden. In der Construction ist Manches den Repsold'schen Aufstellungen entlehnt (Kat. 1892, 85), aber auch Neues

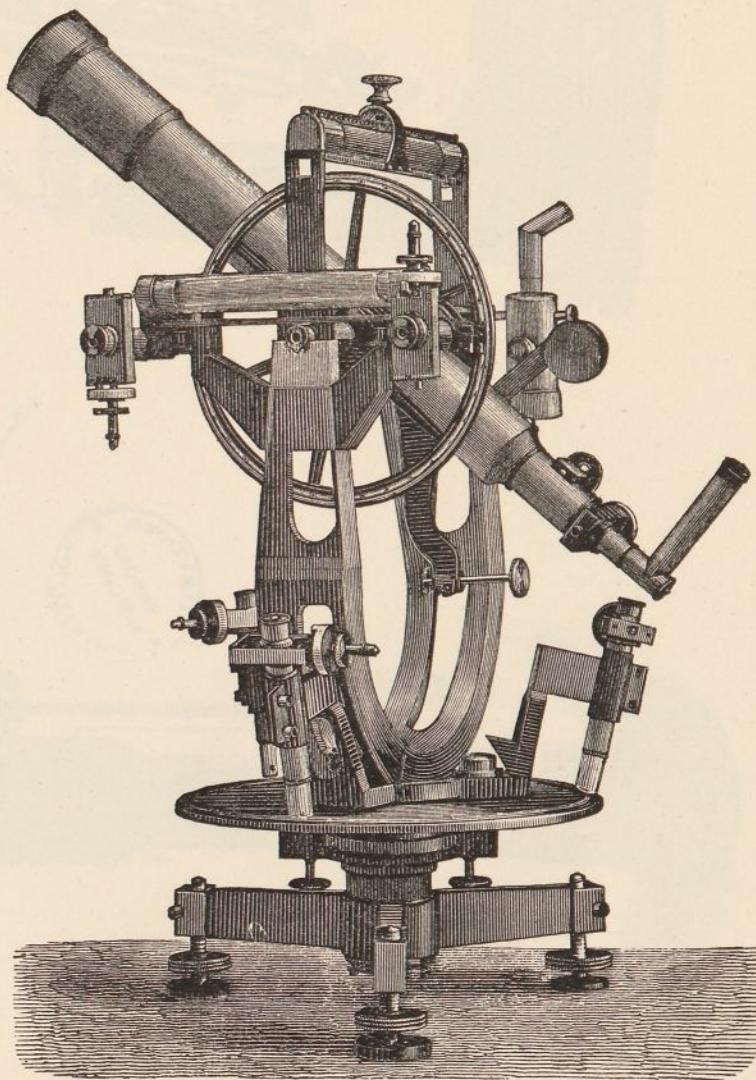
Fig. 263



Meridiankreis,

nach Katalog von 1885.

Fig. 262



Universal-Instrument,

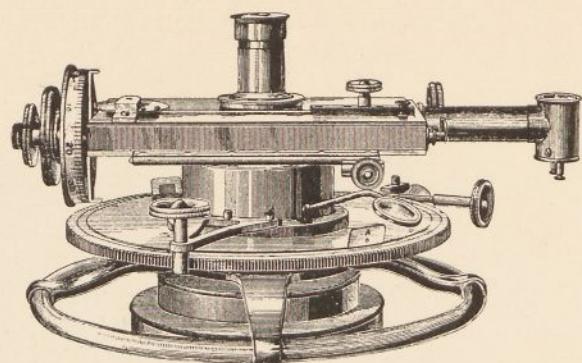


Fig. 266

Positions-Mikrometer,

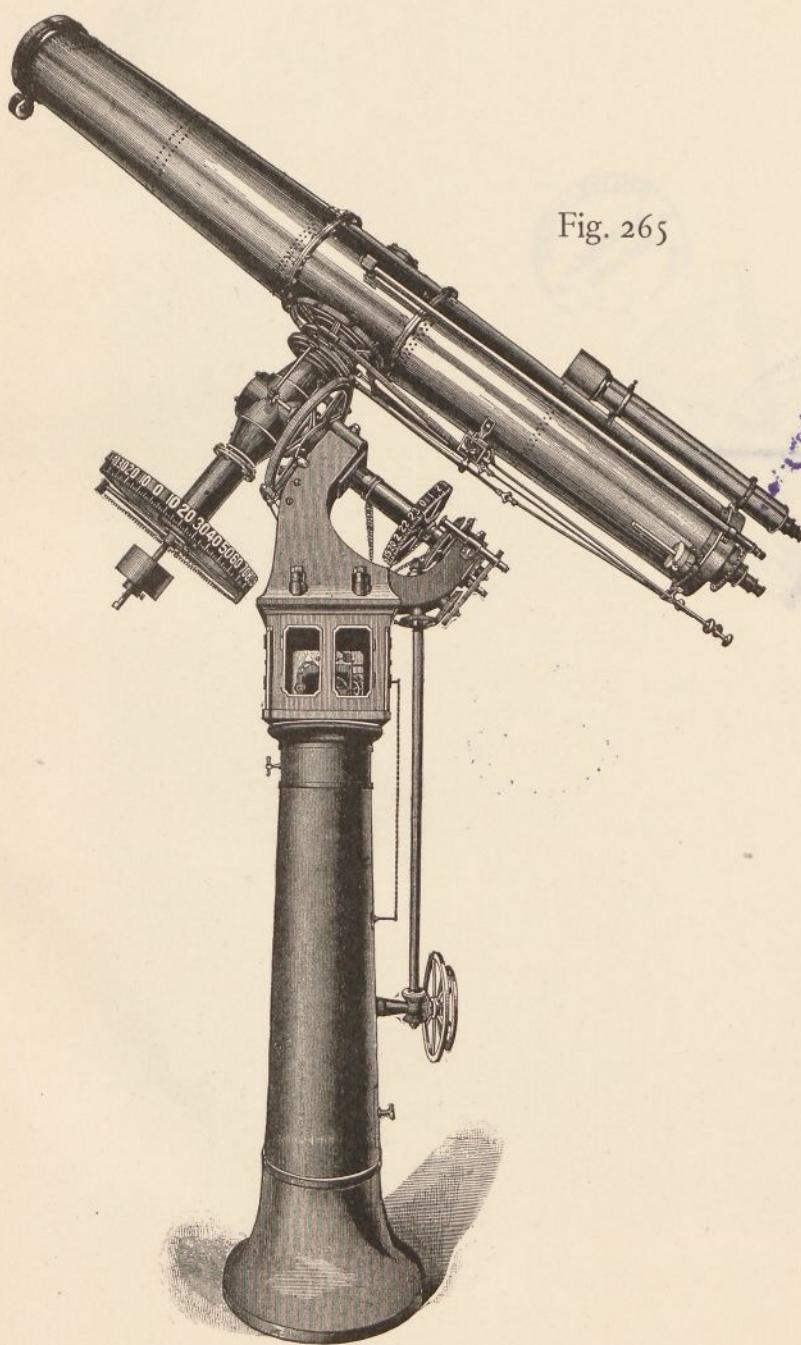
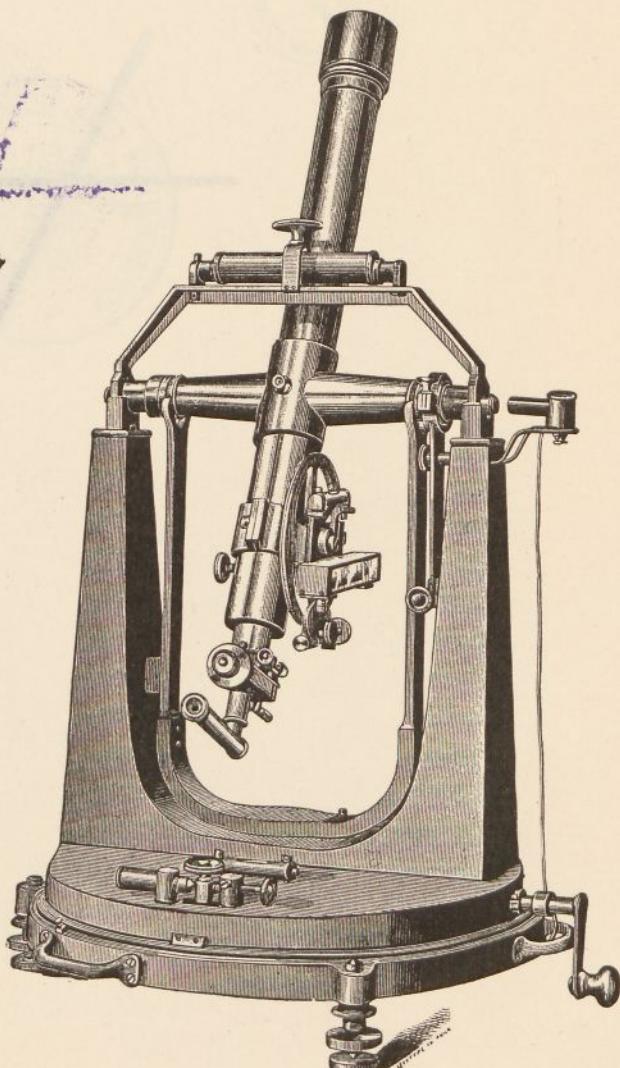


Fig. 265

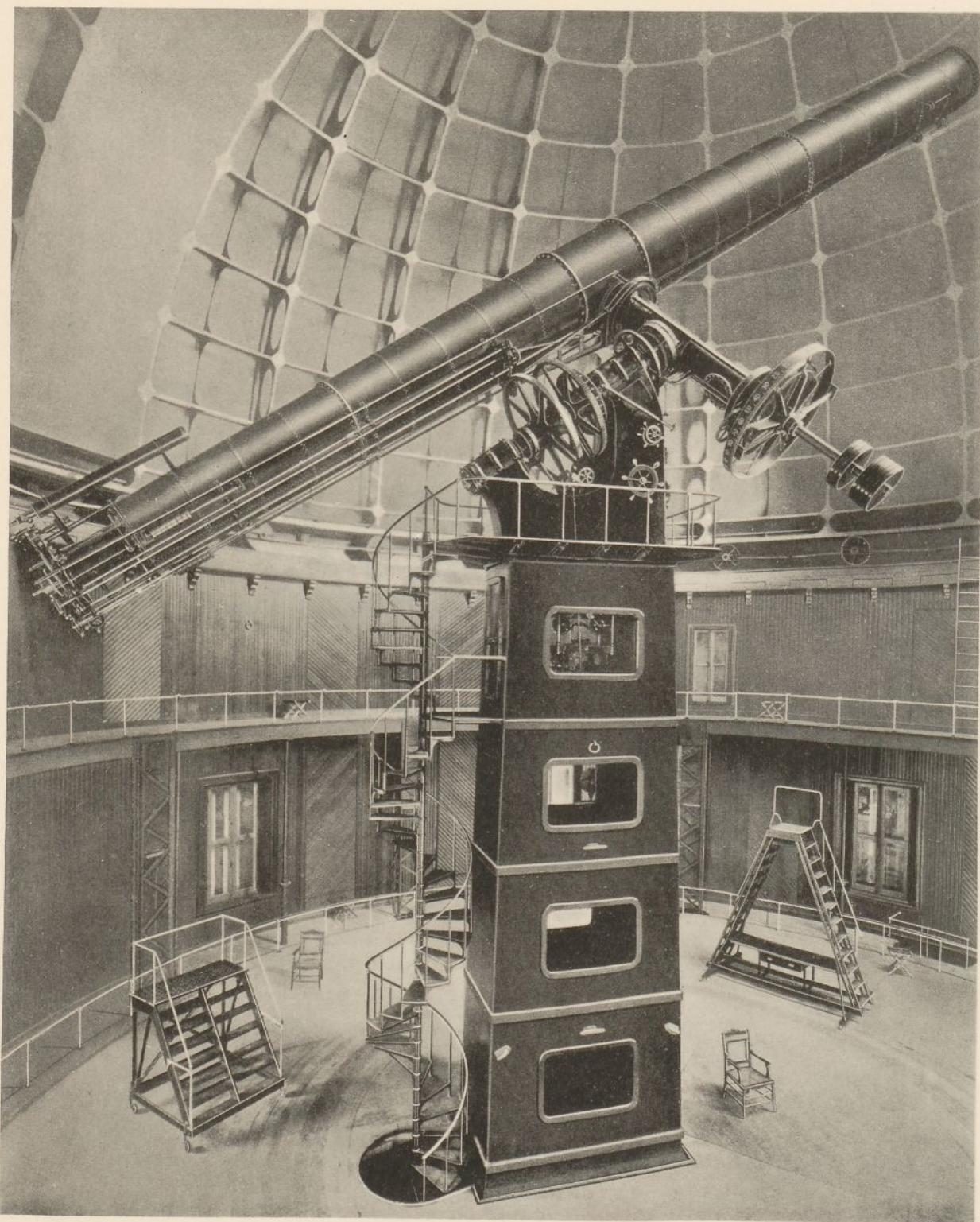
Fig. 264

12ⁱ-Refractor,

nach Katalog von 1892.

Combination Transit and Zenith-Telescope,

Fig. 267



36ⁱ-Refractor, Lick-Observatory 1888,
nach Warner & Swasey, A few astronomical Instruments, 1900.

hinzugefügt worden. Die eine senkrechte Scheibe unter der Stundenachse hat man mißverstandener Weise gegen einen Conus, statt in einer Hohlkehle laufen lassen und daher Schwierigkeiten gefunden. Später ist die eine Scheibe durch mehrere um den selben Zapfen laufende ersetzt worden, um die wälzende Reibung zu verringern. Es muß aber immer eine schädliche Neigung der Scheiben übrigbleiben, seitwärts abzulaufen; bei der in einer Hohlkehle laufenden Rolle ist das nicht der Fall, und die unvermeidliche wälzende Reibung zwischen Scheibe und Hohlkehle hat nur die Wirkung, beide Theile zu poliren. — Die Kreise tragen neben den Theilungen sehr große weiße Ziffern, wie schon Clark solche anwandte. Vom Fußboden aus kann durch Handräder und Uebertragungen auf dem gegebenen Wege in beiden Coordinaten gedreht werden. Von 1891 ab werden daneben auch »Finding Circles« angebracht: zwei concentrische Zifferblätter, die durch Räder-Uebertragungen mit den Handrad-Wellen in Verbindung stehen und Declination und Stundenwinkel oder, durch Einfügung eines Sternzeit gebenden Triebwerks, Rectascensionen angeben. — Das Uhrwerk hat einen Reibungs-Regulator mit elektrischer Controlle. — [Fig. 266] ist ein für Washington ausgeführtes Positions-Mikrometer; vermutlich zum 26ⁱ-Refractor, wenigstens scheint es die von Newcomb angegebene einseitige Beleuchtung zu haben.

21. Warner & Swasey.

Die im Jahre 1880 in Cleveland, Ohio, von Worcester R. Warner, geb. ca. 1850, und Ambrose Swasey, geb. Exeter, N. H., ca. 1850, gegründete Werkstatt war zunächst nicht für die Herstellung astronomischer Instrumente bestimmt, zeichnete sich aber bald durch die 1888 vollendete Aufstellung des 36ⁱ-Refractors der Lick-Sternwarte aus, zu welcher Clark das Objectiv lieferte. Für diese Aufstellung waren von den Lick-Trustees vier Werkstätten zu einer engeren Concurrenz aufgefordert worden: Alvan Clark & Sons, Cambridgeport, Mass., Warner & Swasey, Cleveland, Ohio, A. Repsold & Söhne, Hamburg, und Howard Grubb, Dublin; im Allgemeinen wurde dabei die Aufstellung des 30ⁱ-Refractors in Pulkowa als Grundlage bezeichnet. (»In a general way, the form of the mounting at present proposed by the Trustees, is similar to that of the 30 inch telescope at Pulkowa.« Brief des Präsidenten der Lick-Trustees, R. S. Floyd, vom 2. Februar 1886.) — Die Hamburger Werkstatt trat von der Concurrenz zurück, weil sie die gestellten Bedingungen nicht übernehmen konnte, besonders nicht die auf Ueberarbeitung der einzusendenden Pläne von Seiten der Trustees bezügliche und auch die sehr kurz bemessene Lieferzeit. Aus Grubb's Plänen wurde der Fußboden-Aufzug übernommen. Inwieweit Warner & Swasey's Pläne für das Instrument selbst, die zur Ausführung gewählt wurden, durch die Sternwarten-Verwaltung beeinflußt worden sind, läßt sich nicht verfolgen, jedenfalls aber bietet die Aufstellung viel Eigenthümliches [Fig. 267]. Der gußeiserne Pfeiler ist viereckig im horizontalen Querschnitt. Der Pfeilerkopf giebt, nach Clark, zwischen den Lagern Raum für Stundenkreis und Feinbewegung und ist von einer Gallerie umgeben, von der aus man beide

Achsen grob bewegen kann. Hinabhängende Seile geben die Möglichkeit, das auch vom Fußboden aus zu bewirken. — Die Declinations-Klemmung und -Feinstellung wird in etwas complicirter Art seitwärts in die Stundenachse und weiter unter der Declinationsbüchse hin zur Klemme neben dem Fernrohr geführt. Beide Achsen sind von Stahl und tragen sehr große Kreise mit auffälliger Theilung, nach Clark, zum vorläufigen Einrichten. Die schärfere Ablesung der Kreise vom Ocular her ist ähnlich wie in Pulkowa. — Die Stundenachse wird nahe dem oberen Lager angehoben durch einen Ring mit Kugeln, unter den zwei Hebel drücken; am unteren Ende läuft sie ebenfalls gegen Kugeln. — Auch die Declinationsachse wird nahe dem großen Lager durch einen Kugelring und Hebel angehoben. — Das Uhrwerk hat einen Reibungs-Regulator mit zwei über Kreuz gelegten Pendeln, deren obere Enden bei normalem Gang einen Ring sehr leicht berühren; bei überschüssiger Kraft soll die verstärkte Reibung den Gang isochron erhalten. — [Fig. 268 und Fig. 269] lassen viele Einzelheiten des Instruments im Querschnitt verfolgen und zeigen die nach Langley's und Holden's Zeichnungen ausgeführte Anordnung der Theile nahe dem Ocular (Engineering 1888).

Als 1892 Warner & Swasey die 1894 vollendete Neuaufstellung des 26ⁱ-Refractors der Sternwarte in Washington übernahmen, wurden ihnen weitgehende Vorschriften von dem astronomischen Leiter dieser Anstalt, Harkness, gemacht, der es sich zur Aufgabe machte, auf Grund der ihm bekannt gewordenen Aufstellungen dieser Art für die Maße aller wesentlichen Theile Formeln aufzustellen (R. W. 1893, 6). Das konnte besten Falles zu einem Ausgleichen bisher begangener Fehler führen, nicht zu einem wirklichen Fortschritt, und es ist anzunehmen, daß Warner & Swasey sich im Wesentlichen auf ihre eigenen durch Erfahrung und Sachkenntniß gestützten Berechnungen verlassen haben [Fig. 270]. Besonderen Werth legte Harkness auf die Einführung zweier durch Räder-Uebertragungen bewegten Indicatoren an der Säule für Stundenwinkel und Declination, womit er etwas ganz Neues zu schaffen glaubte. Auch sollte die neue Aufstellung ein kräftigeres Uhrwerk, ein größeres Positions-Mikrometer, elektrische Beleuchtung und einen Aufzug-Fußboden bekommen. Vom Lick-Refractor unterscheidet sich diese Aufstellung durch einen verhältnismäßig größeren und oberhalb des oberen Stundenachsen-Lagers angeordneten Uhrkreis. Das findet sich auch an dem 1897 vollendeten 40ⁱ-Refractor für die Yerkes-Sternwarte [Fig. 271 und 272], dessen Durchschnitt [Fig. 273] neben vielen anderen Einzelheiten von Interesse auch zeigt, daß die grobe Einstellung in Declination jetzt durch eine in der Stundenachse laufende Welle geschieht. — Der Antrieb kann für beide Coordinaten durch Handrad oder Elektromotor besorgt werden. Auch das Uhrwerk wird durch einen Motor aufgezogen. — Das Positions-Mikrometer ist ähnlich dem von Clark, doch mit einseitig liegender Schraube und mit Handring [Fig. 274] (Engineering 1904).

Warner & Swasey übernahmen 1893 für die neue Sternwarte in Washington auch die Ausführung eines Meridiankreises von 6ⁱ Oeffnung, 6° Brennweite und eines Altazimuths von 5^{1/2} Oeffnung, 5^{1/2}° Brennweite, die Harkness ebenfalls überwachte. Für den Meridiankreis [Fig. 275] berechnete er wieder Formeln (R. W. 1893, 7); dies Instrument ist aber (R. W. 1901, 4) nach den damaligen Repsold'schen Meridiankreisen gebaut, und darin wurde sogar die Ursache gesucht für eine starke Veränderlichkeit in

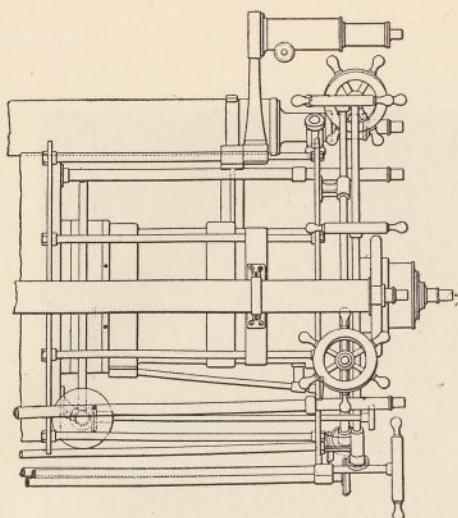


Fig. 268

Ocular-Kopf,

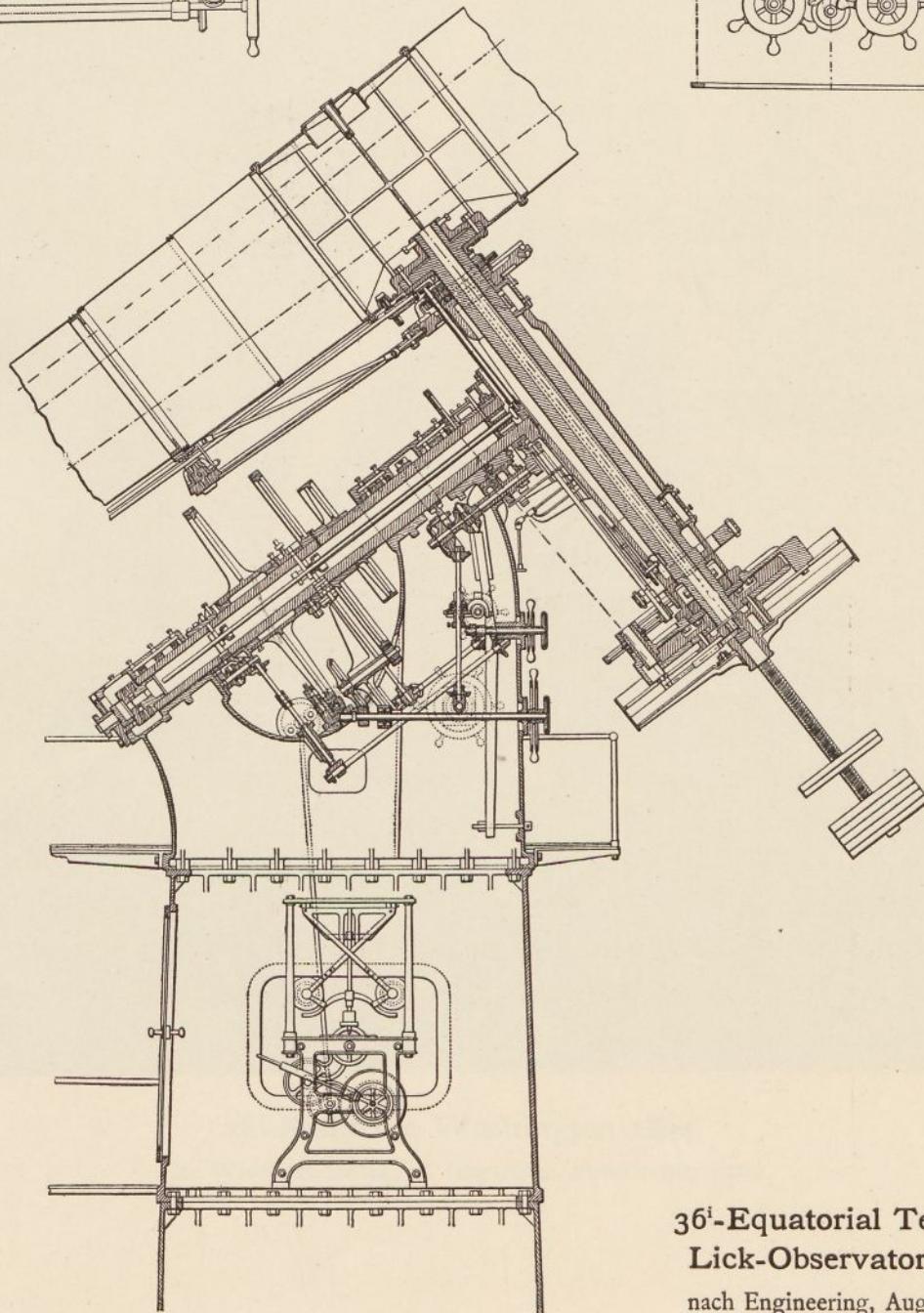
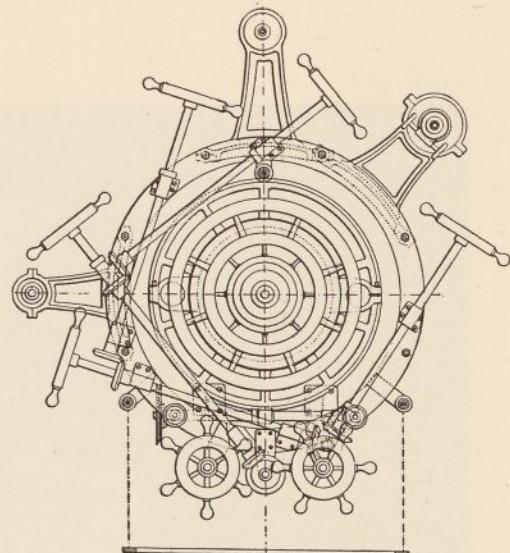
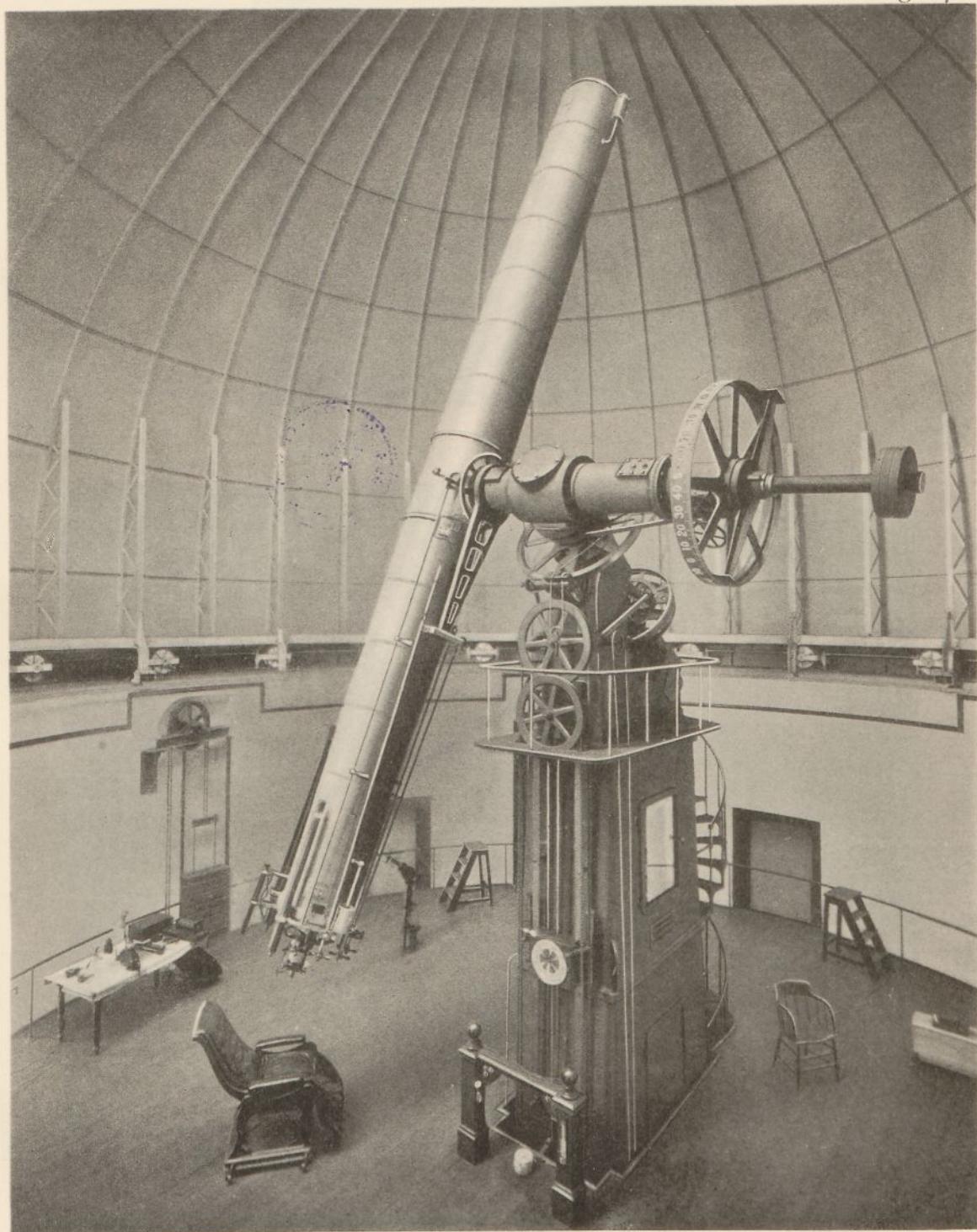


Fig. 269

36ⁱ-Equatorial Telescope,
Lick-Observatory 1888,
nach Engineering, August 1888.

Fig. 270

26¹-Refractor, Washington 1894,

nach Warner & Swasey, A few astron. instruments, 1900.

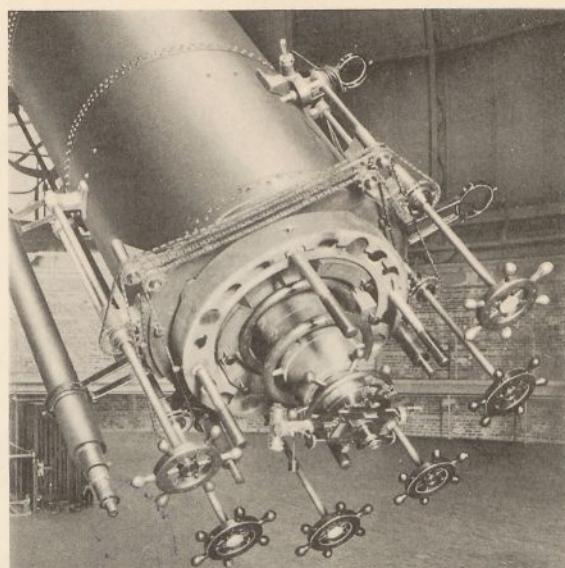


Fig. 272

Ocular-Kopf

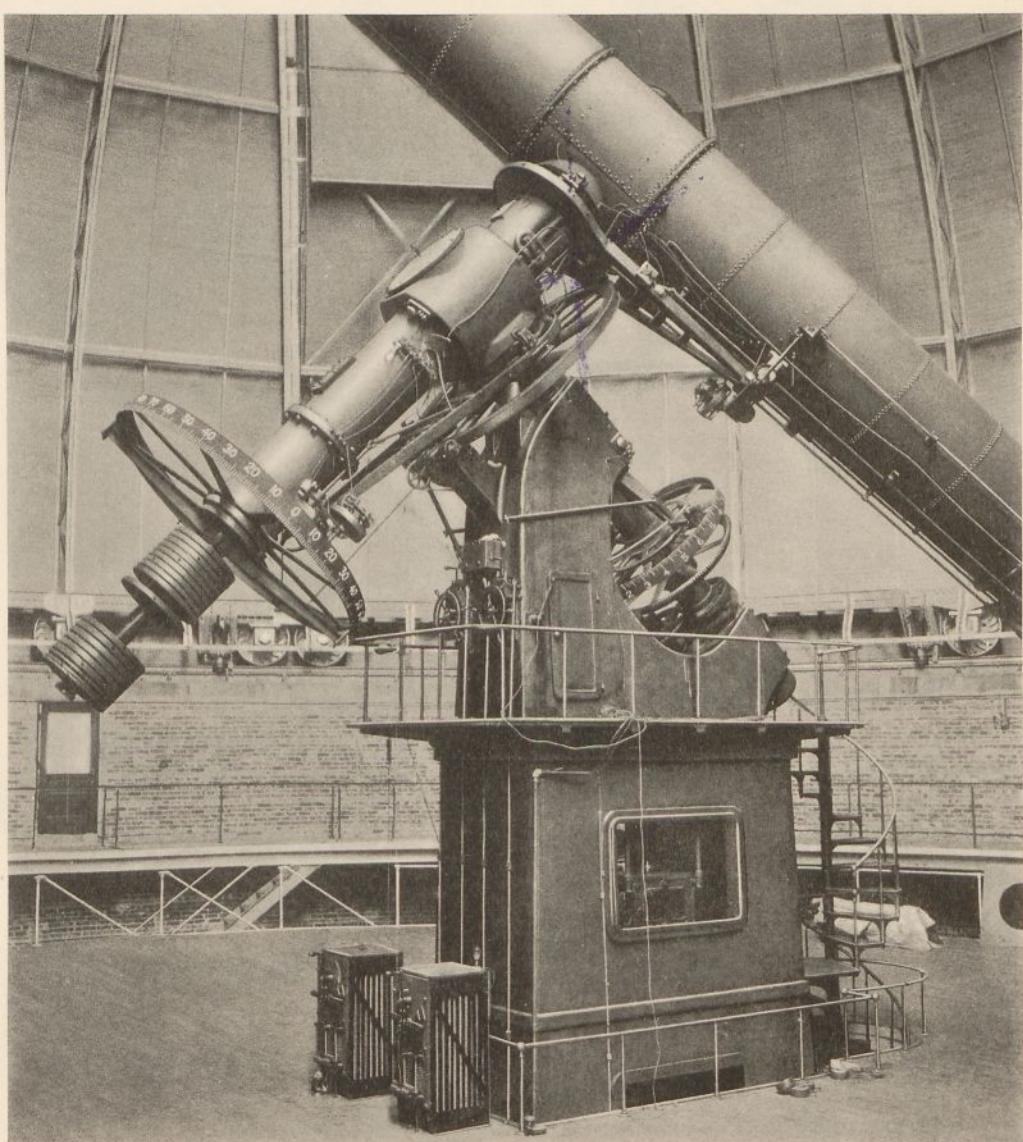
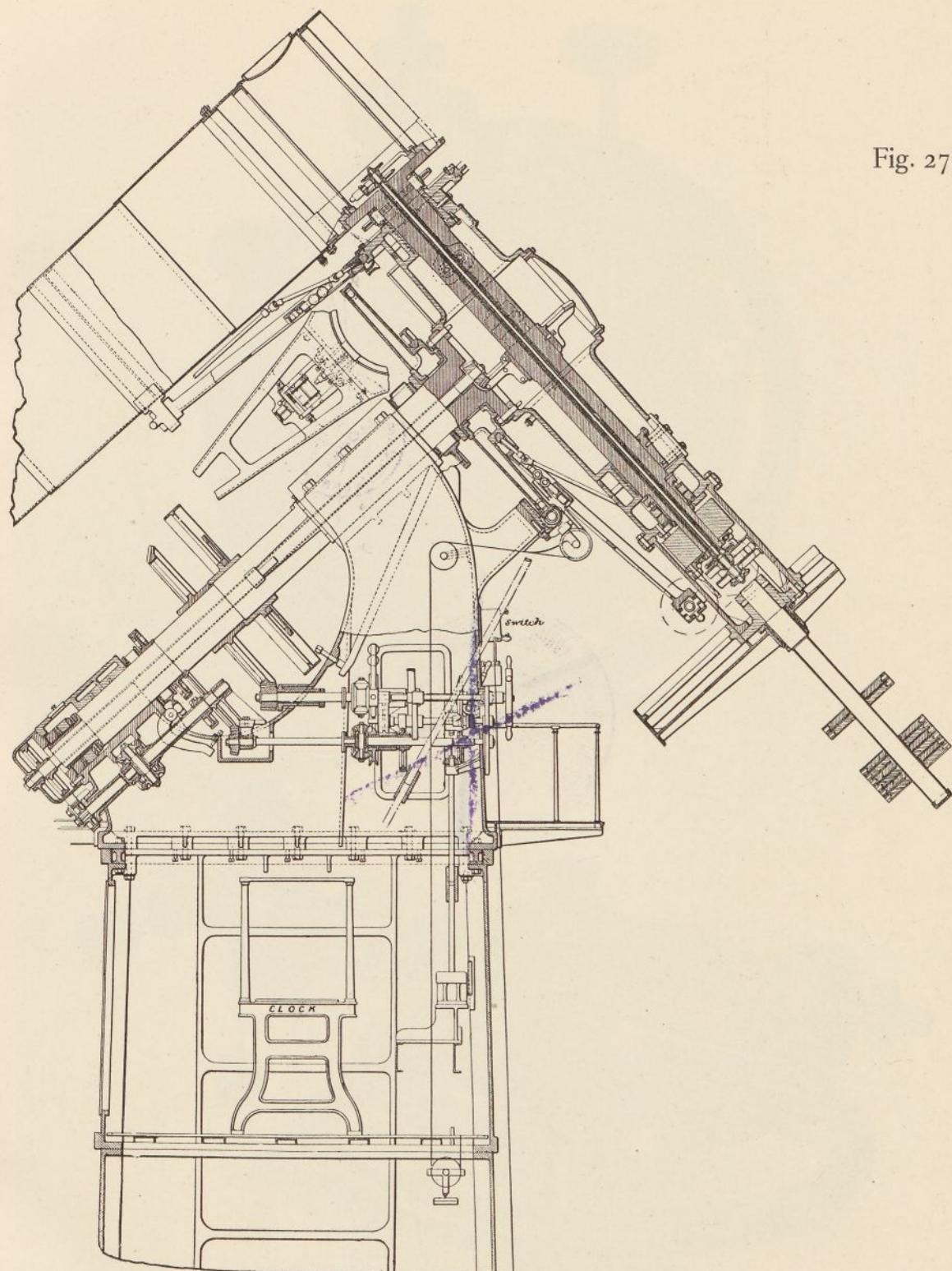


Fig. 271

40¹-Refractor des Yerkes-Observatory, 1897,
nach Warner & Swasey, A few astron. Instruments, 1900.



Telescope of the Yerkes Observatory, 1897,

nach Engineering, April und Mai 1904,

ca. 1/50 n. Gr.

Fig. 273

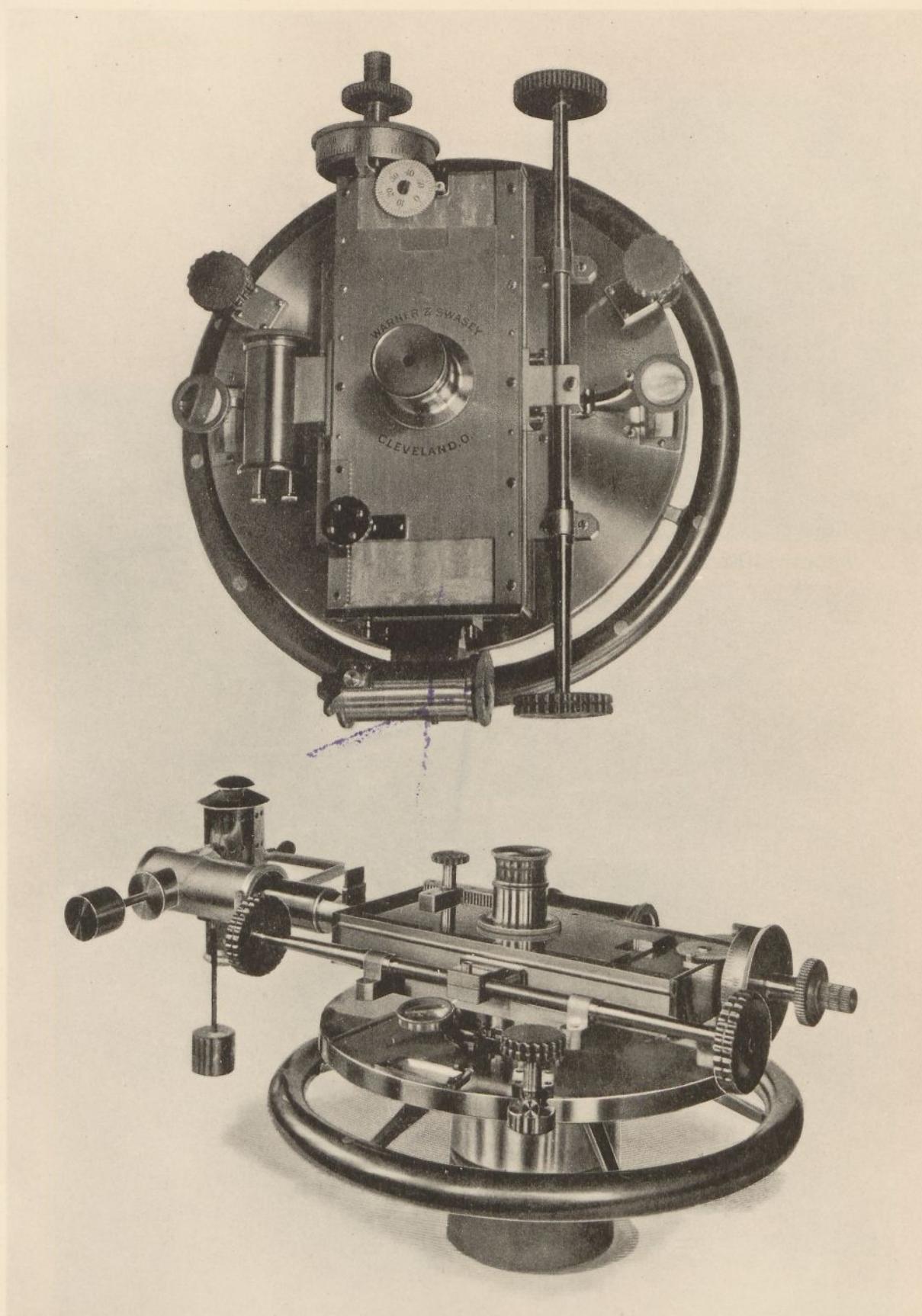


Fig. 274

Positions-Mikrometer des 40ⁱ-Refractor des Yerkes Observatory, 1900,
nach Warner & Swasey, A few astron. Instruments, 1900

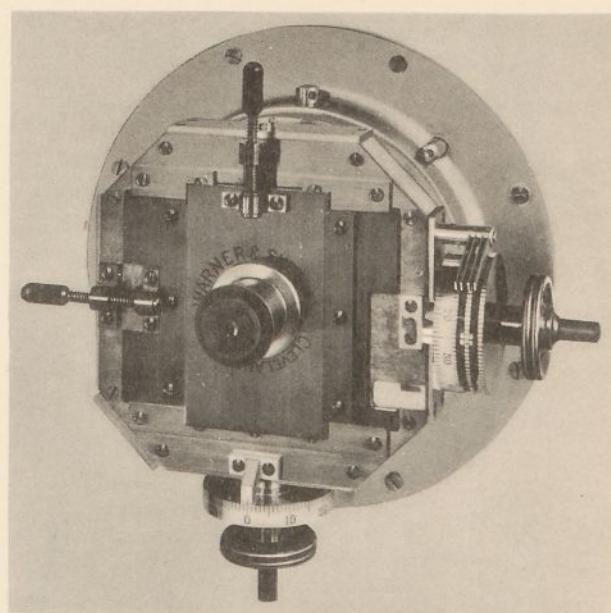


Fig. 276

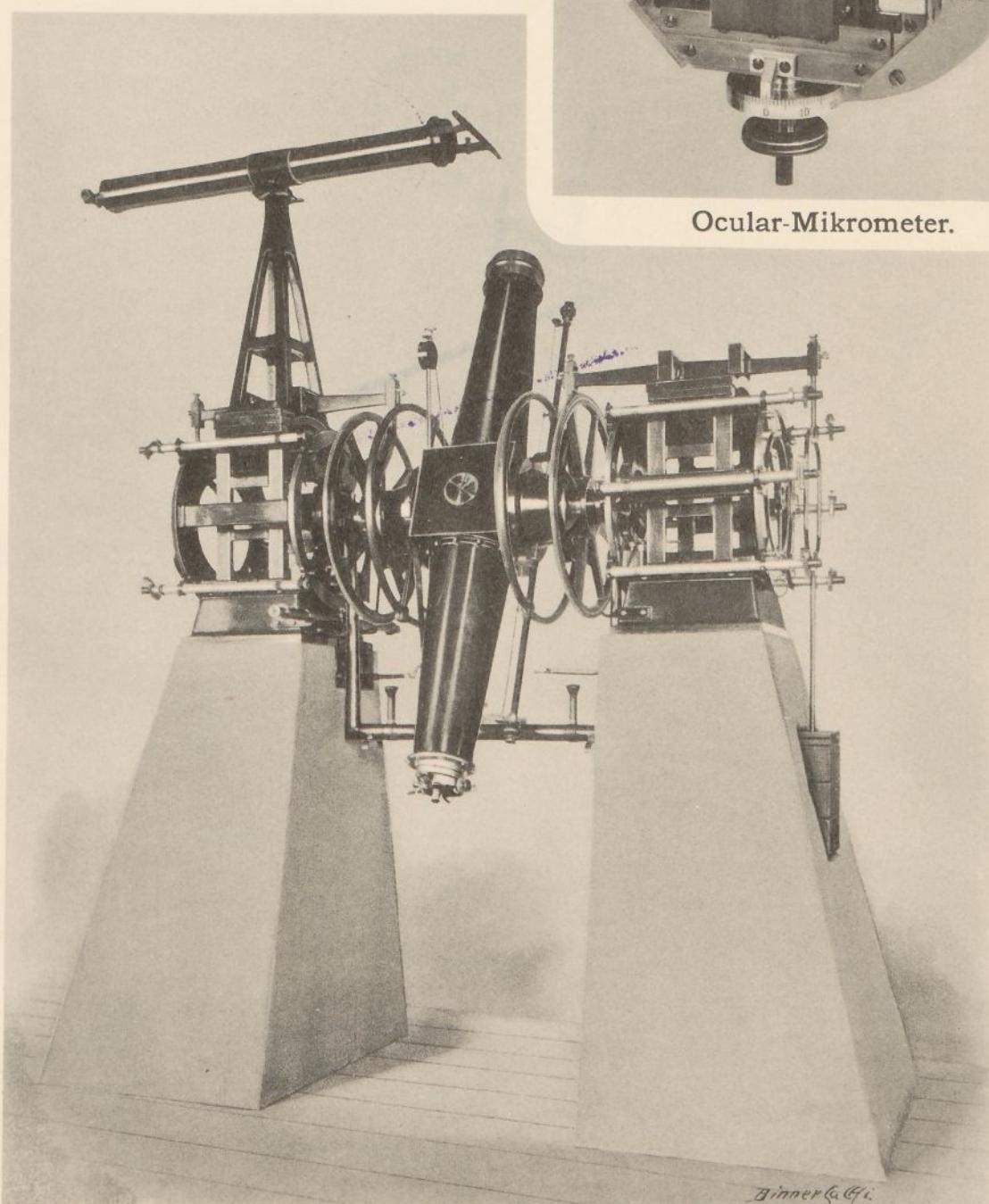


Fig. 275

Meridiankreis, 6^f Brennweite, Washington 1897,

nach Warner & Swasey, A few astron. Instruments, 1900.

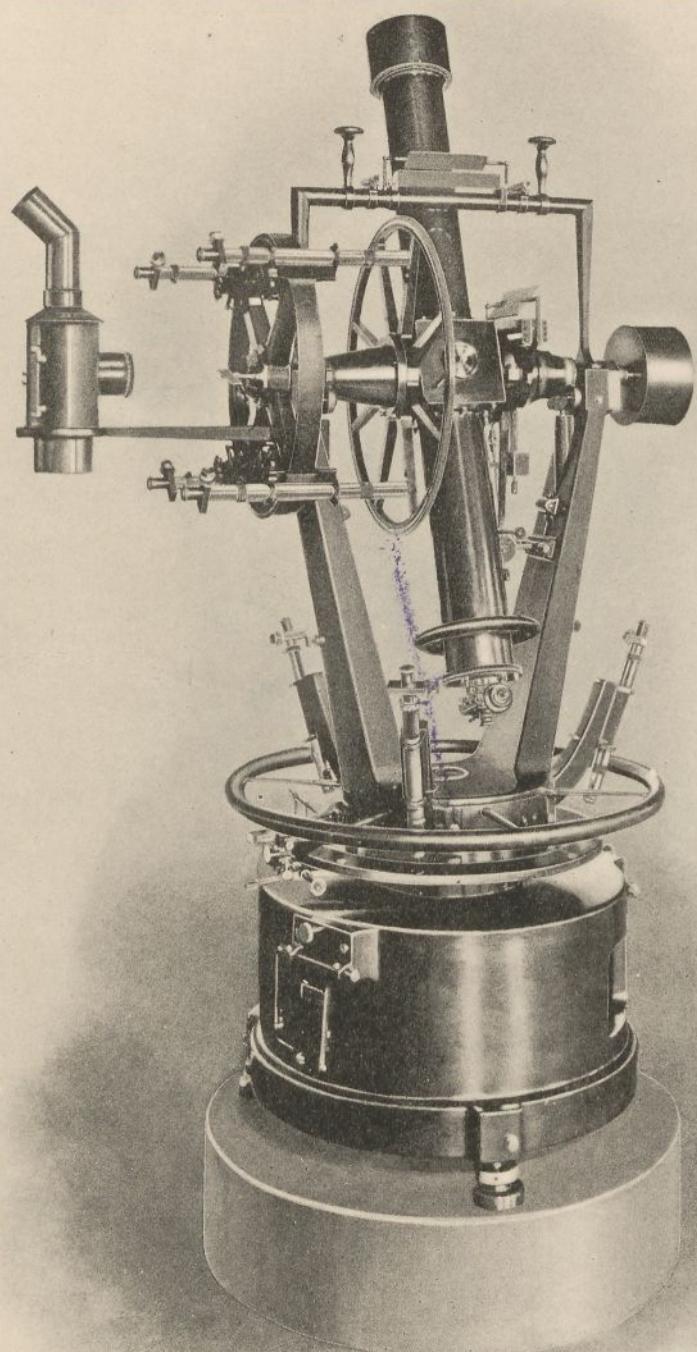


Fig. 277

5^f-Altazimuth, Washington 1898,
nach Warner & Swasey, A few astron. Instruments, 1900.

3ⁱ-Universal Prism Transit,

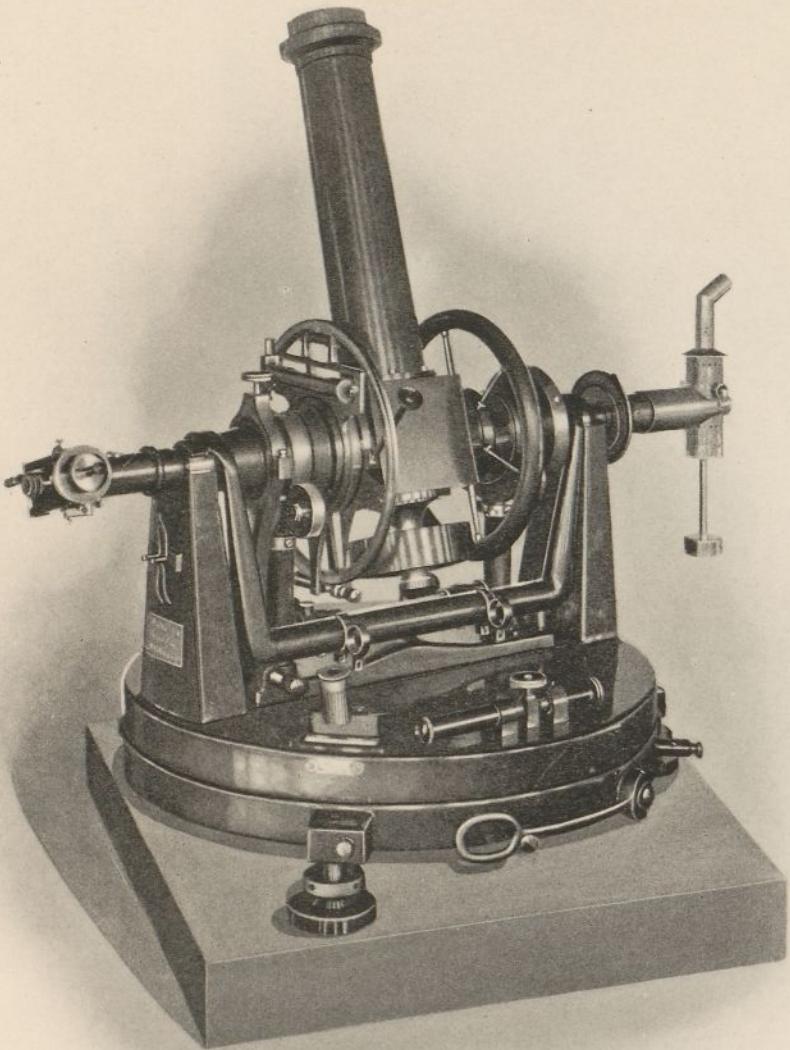


Fig. 279

3ⁱ-Combined Transit and Zenith Telescope,

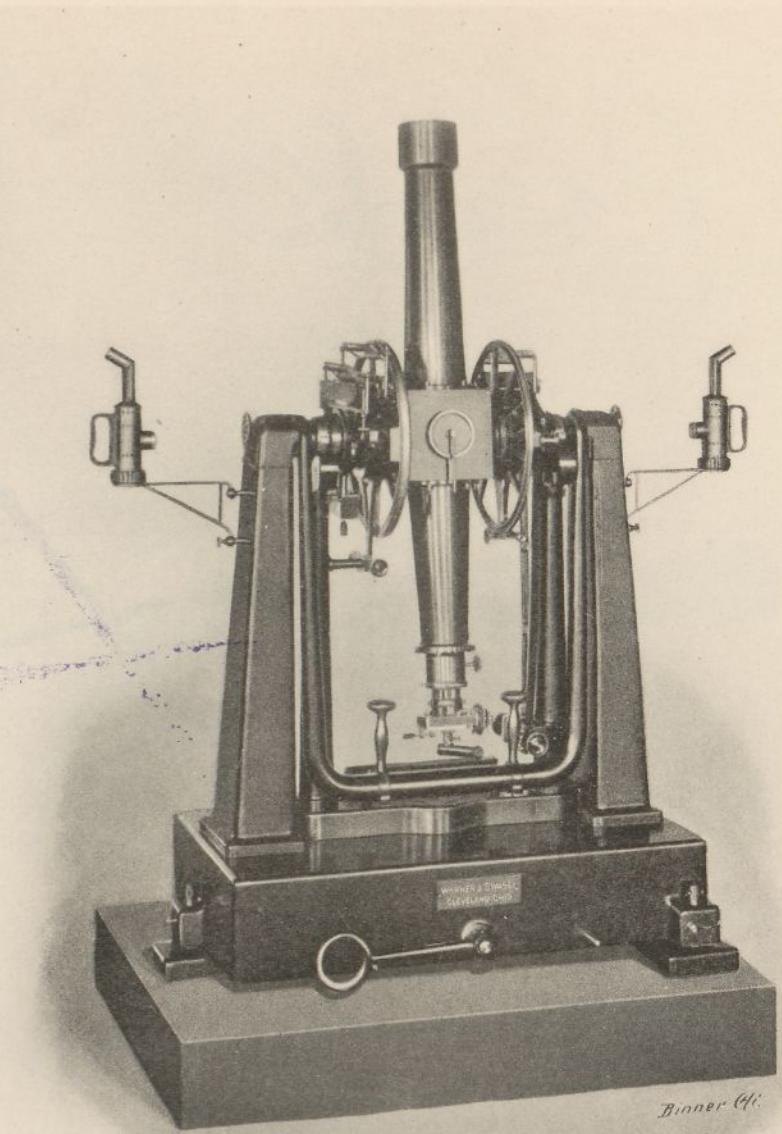


Fig. 278

nach Warner & Swasey, A few astron. Instruments, 1900.

Fig. 281

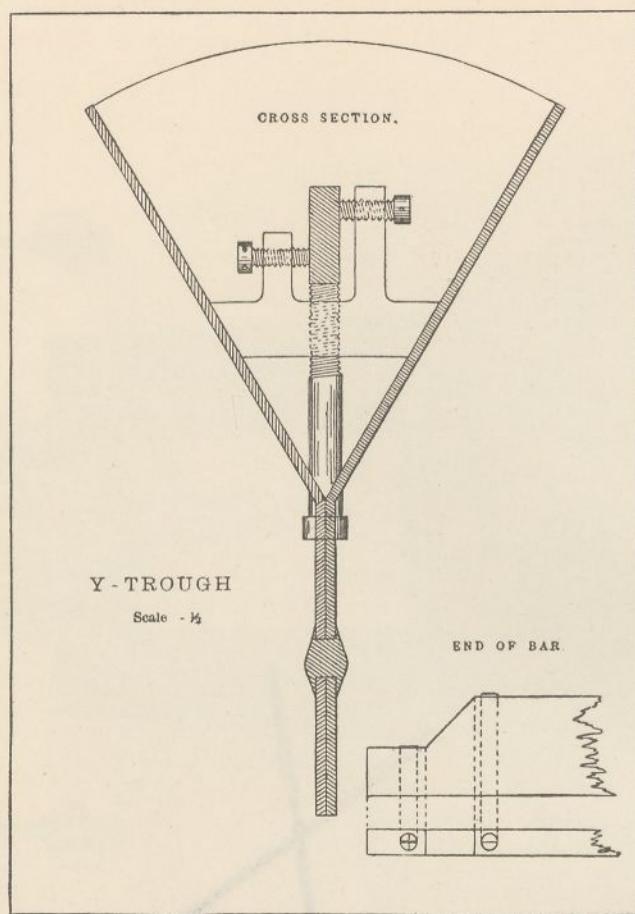
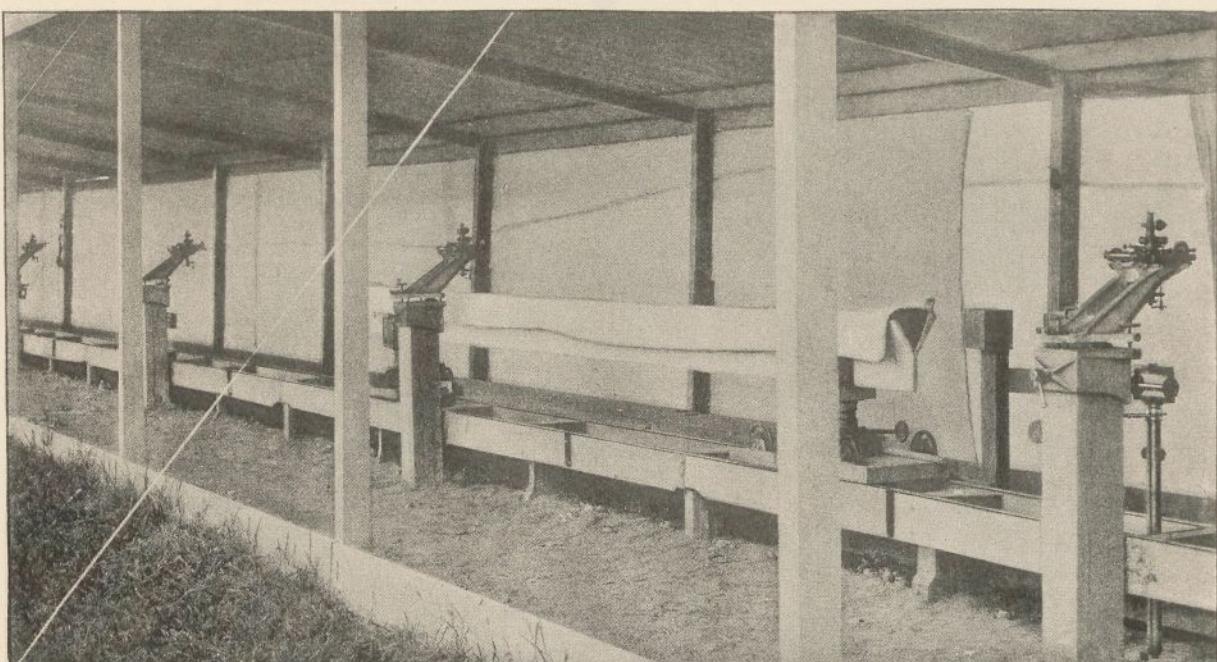


Fig. 280



Basis-Apparat mit in Eis liegender Stange, 1890,
nach Report for 1892, App. Nr. 8.

Neigung und Azimuth. Als man indeß die Marmor-Pfeiler durch solche von Backstein ersetzt hatte, wurde das Azimuth sehr constant, während die Neigung keine Beziehung zur Temperatur zeigte (R. W. 1904, 32). Für diese Erscheinung läßt die Einrichtung des Instruments eine Erklärung vermuten: es sind keine Vorkehrungen vorhanden, während der Umlegung den Zug der Gegengewichts-Hebel auf den Fußboden zu übertragen; dadurch wird jedesmal das Gleichgewicht der Pfeiler gestört, und man darf erfahrungsgemäß nicht erwarten, daß sie in kurzer Zeit in ihre alte Lage zurückgehen. Wesentlich verstärkt wird dies Bedenken durch den hohen Aufbau mit dem Zenithrohr an dem einen der Pfeiler, der die ganze Aufstellung unsymmetrisch macht und überdies den Schwerpunkt des Pfeilers unerwünscht hoch legt. — Das Ocular-Mikrometer [Fig. 276] zeigt die Schrauben in der Mitte der beweglichen Fadenträger und ohne Zählscheiben für die Umgänge, dagegen ist die eine der Trommeln mit einer Vorrichtung für wiederholte Einstellungen (nach Rogers) versehen. Später wurde ein unpersönliches Mikrometer eingeführt (R. W. 1907, 6).

Das Altazimuth [Fig. 277] trägt das gerade Fernrohr in der Mitte der horizontalen Achse und hat dadurch einen sehr hohen Aufbau bekommen, der starke Temperatur-Einflüsse befürchten läßt. Man muß annehmen, daß die senkrechte Achse tief in den Pfeiler hinab verlängert ist, um eine sichere Führung zu geben. — Die Benutzung des Instruments kann nicht bequem sein, da das Ocular oft nur bei gezwungener Körperhaltung zu erreichen ist und für die Handhabung des Niveaus, soweit ersichtlich, keinerlei Hülfsmittel gegeben ist.

Neben ihren größeren Instrumenten geben Warner & Swasey in ihrem Bildwerk »A few astronomical instruments«, 1900, auch tragbare wieder, unter diesen, von dem unvermeidlichen Zenithrohr abgesehen, ein »combined Transit and Zenith Telescope« mit geradem Fernrohr in der Mitte, Umlegung und hängendem Niveau, sonst ähnlich dem Instrument von Saegmüller [Fig. 278]. Auch ein »Universal prism Transit« wird angegeben, mit gebrochenem Fernrohr, rascher Umlegung, hängendem Niveau und Azimuthalkreis, nach deutschem Muster [Fig. 279], das dem vorigen wohl vorzuziehen wäre.

Eine wichtige Rolle bei den astronomischen Arbeiten von Warner & Swasey scheint der in Karlsruhe gebürtige frühere Werkführer von Fauth & Co., Gottlieb Fecker, gespielt zu haben, der um 1884 zu Warner & Swasey übertrat. Es könnten sich dadurch manche Aehnlichkeiten in den Constructionen der beiden Firmen erklären.

22. Neue Unternehmungen.

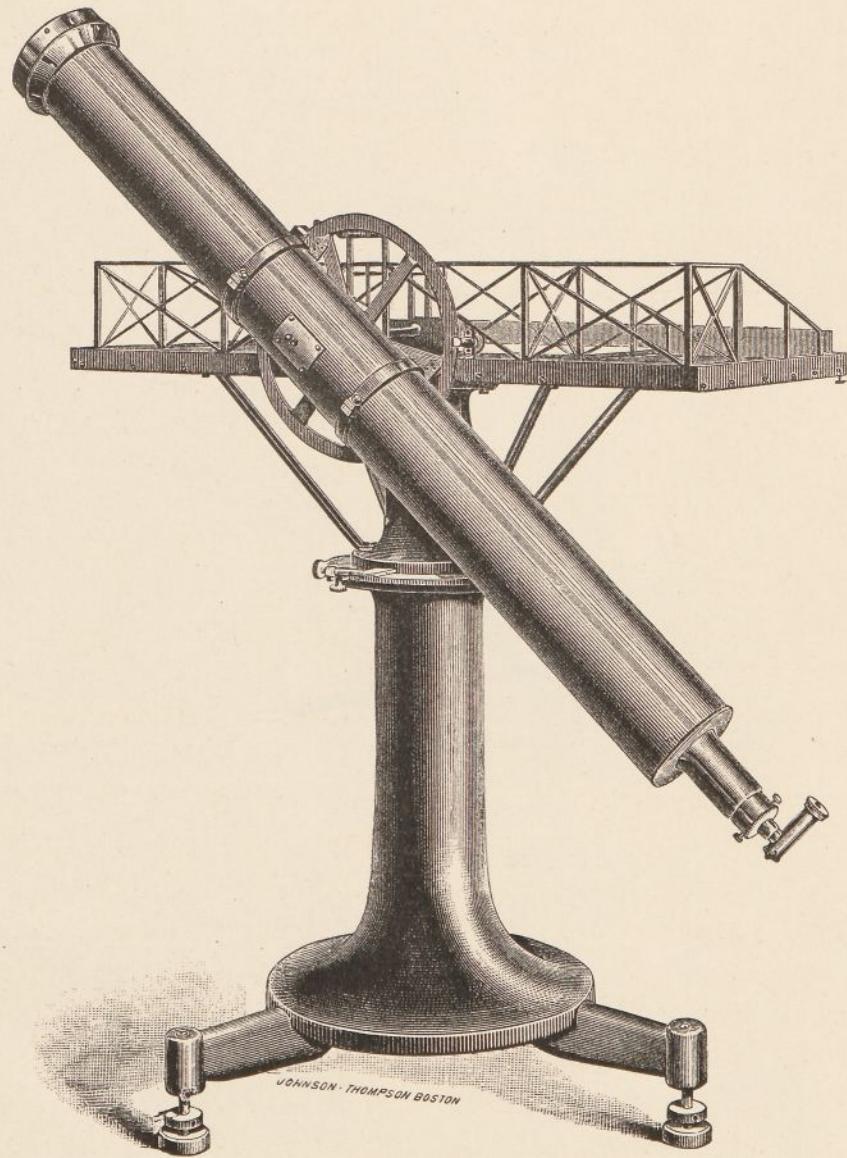
Es ist noch eine Anzahl einzelner Unternehmungen zu beachten, die durch Eigenartigkeit Interesse erregen.

Von Seiten der Coast and Geodetic Survey wurde 1891 ein Basis-Apparat hergestellt [Fig. 280], bei dem man den Temperatur-Einfluß dadurch zu vermeiden suchte, daß die Meßstange dauernd in Eispackung gehalten wurde [Fig. 281]. Sie liegt in einem Stahlblech-Behälter von V-förmigem Querschnitt zwischen einer Reihe von

Stellschrauben, welche Höhen- und Seiten-Correction geben; die seitlichen abwechselnd in verschiedener Höhe, um ein Kippen des Stabes zu verhüten. Sie ist 5^m lang, 32^{mm} hoch und 8^{mm} dick, von Stahl bis auf die auf der Hochkante eingeschlossenen 11 Hülfs-Theilflächen von Neusilber in Abständen von je 495^{mm} und die auf halber Höhe liegenden End-Theilflächen von Platin-Iridium. Der Stahl-Behälter ist an den Enden durch Holzwände geschlossen und wird mit zermahlenem Eis gefüllt gehalten; über den End-Theilungen werden in der Eismasse conische Vertiefungen freigehalten. — Der Transport geschieht auf zwei dreirädrigen Karren, die mit dem Behälter verbunden sind und auf einer streckenweise fortgelegten Eisenbahn laufen. Die Stange bleibt während der Messung auf den mit Stellschrauben zum Einrichten versehenen Karren. — Die messenden Theile wurden dem der U. S. Lake Survey 1876 von A. Repsold & Söhne gelieferten Meß-Apparat entnommen, besonders die Mikroskope mit ihren Aufstellungen, doch ohne die eisernen Dreifüße, welche inzwischen durch Feuer zerstört worden waren. Man entschloß sich, von ähnlichen tragbaren Böcken ganz abzusehen und die Mikroskope mit geeigneten eisernen Kappen auf Holzpfählen zu befestigen, die unmittelbar in das Erdreich getrieben wurden. Zum Festlegen der Endpunkte wurde der Absatz-Cylinder des älteren Apparats benutzt (U. S. Coast Survey, App. 8 to Report for 1892, 338 ff., Holton Base). — Weiterhin (S. 414 ff.) handelt dieser Bericht von Messungen mit einem 100^m langen Stahlbande von 6,34^{mm} Breite bei 0,47^{mm} Dicke (nach Jaederin), die von 1890 ab unternommen wurden. Die Spannung der Bänder geschah mit Hülfe von Federwaagen und Sicherungs-Ringen von etwas geringerer Zugfestigkeit als das Band. Die Temperatur wurde durch frei angehängte Thermometer gemessen, welche die Länge des Bandes auf $\frac{1}{50000}$ verbürgen sollen (S. 416).

Ein Instrument ganz neuer Construction wurde 1887 nach längeren Versuchen und Vorbereitungen, die bis 1879 zurückgehen, von Chandler bekannt gemacht (The Almucantar, Annals of the Harvard College, Cambridge, 17, 1 ff., 179 f., 1887). Er hatte sich zur Aufgabe gestellt, den Meridian-Instrumenten Concurrenz zu machen durch ein Fernrohr, welches, wie jene auf den Meridian, so seinerseits auf einen dem Horizont parallelen kleineren Kreis (Almucantar) bezogen werden sollte (vgl. Gauss in M. C. 18, 282 ff.), indem vorausgesetzt wurde, daß es nach Drehung im Azimuth allein durch die Schwere genau dieselbe Lage gegen den Horizont wieder einnehmen werde. Chandler hatte erwogen, daß das entweder durch Aufhängung (wie bei Römer, der aber nicht genannt wird), oder durch Schwimmen auf einer Flüssigkeit (wie bei Kater) geschehen könnte, und glaubte, den letzteren Weg vorziehen zu müssen [Fig. 282]. Er ließ auf einer Säule mit Dreifuß einen flachen horizontalen Behälter drehbar und nach einer groben Theilung klemmbar herrichten, in welchem, auf Quecksilber treibend, eine Holzplatte mit einem in niedrigen Lagern drehbaren Fernrohr von 1 $\frac{3}{4}$ Oeffnung möglichst reibungsfrei geführt wird. Sie hat ringsum 12^{mm} Spielraum und wird nur an zwei horizontalen Zapfen leicht in zwei senkrechten Schlitten gehalten. Die Quecksilber-Tiefe unter dem Schwimmer ist ca. 4^{mm}. — Der mechanische Theil des Instrumentes wurde von G. F. Ballou, das Objectiv von John Clacey, Cambridgeport, ausgeführt.

Fig. 282

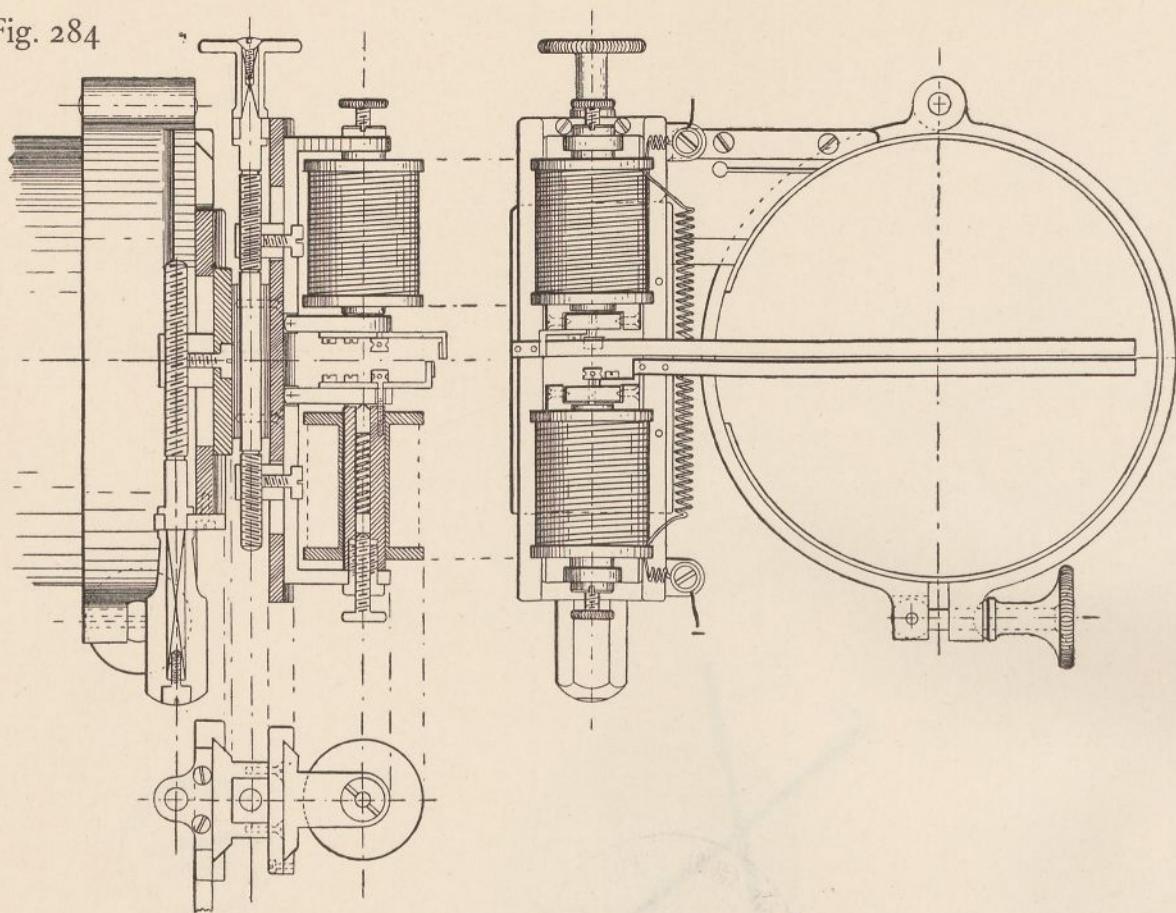


Chandler's Almucantar, 1884,

nach Annals of the Harvard College Observatory, 1887,

ca. 1/8 n. Gr.

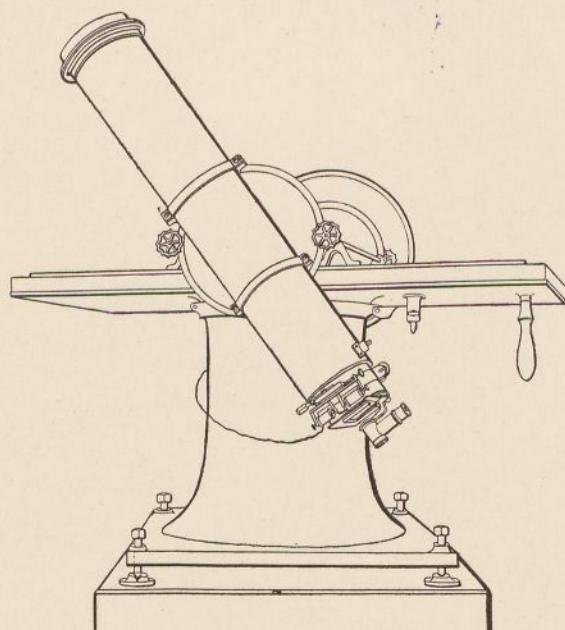
Fig. 284



Fargis' Photochronograph,

ca. $1/2$ n. Gr.

Fig. 283



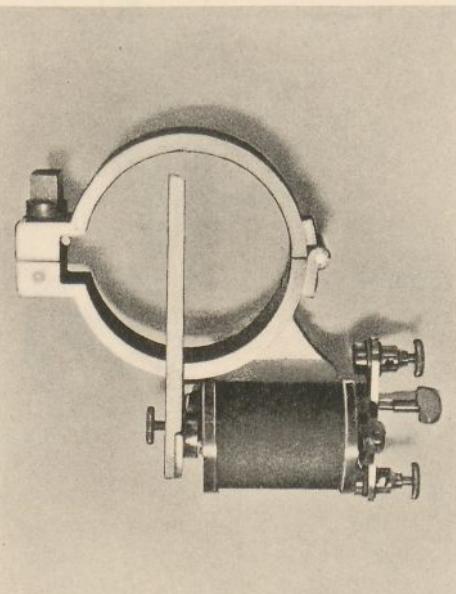
Fargis' Floating Zenith Telescope,

nach The Photochronograph applied to Determinations of Latitude, Washington 1892.

ca. $1/8$ n. Gr.

Hagen's schwimmendes Zenithrohr mit Fargis' Photochronograph,

nach The Photochronograph, Georgetown College Observatory, 1892.



The Photochronograph.

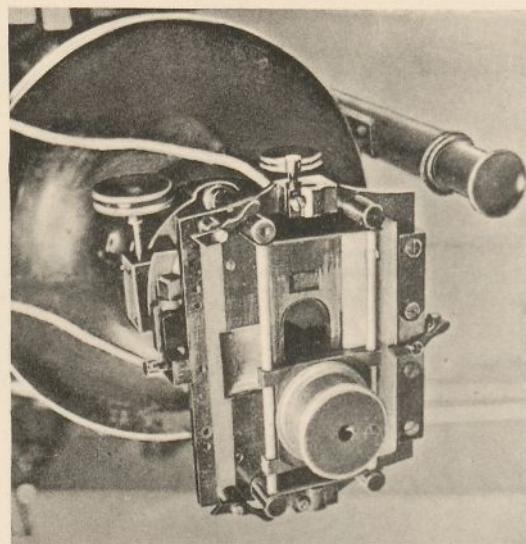
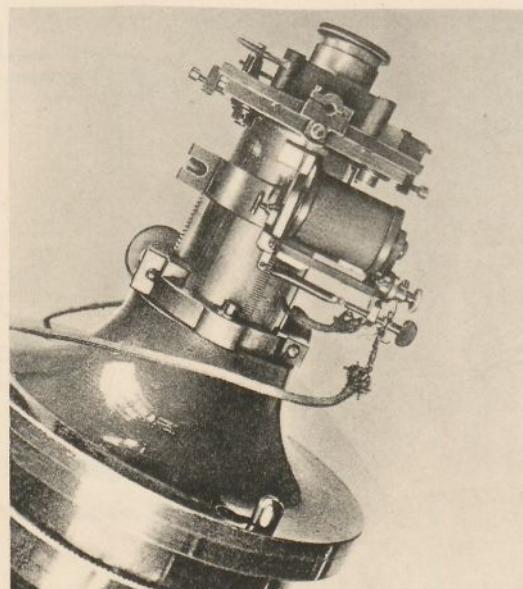


Fig. 285

Fargis' Photochronograph,
nach: Georgetown College Observatory,
The Photochronograph and its application
to Star Transits,
Washington 1891.



The Photochronograph in Position.

The Plate Holder.

In größeren Abmessungen (von 6^z Oeffnung) wurde 1891 von Saegmüller ein ähnliches Instrument für das Georgetown College Observatory nach Angaben von J. G. Hagen, unter dessen Leitung diese Sternwarte damals stand, und G. A. Fargis ausgeführt [Fig. 283] (Georgetown College Observatory [G. A. Fargis], The Photochronograph applied to determinations of latitude, Washington 1892). Es war nur für Beobachtungen im Meridian, für Breitenbestimmung unter Anwendung der Horrebow-Methode, bestimmt und bekam deshalb keinen Azimuthalkreis, sondern nur eine durch zwei Anschläge auf 180° beschränkte Drehung des Quecksilber-Behälters. Man fand Schwierigkeiten, den Quecksilber-Behälter gut aus einem Stück zu gießen, und bedeckte deshalb die inneren Wände des rechteckigen Gefäßes mit Cement, dessen Oberfläche (nach d'Abbadie's Vorgang) absichtlich rauh gemacht wurde in der Hoffnung, das Quecksilber dadurch ruhiger zu halten; ähnlich wurde der aus einer Holzplatte bestehende Schwimmer hergerichtet, indem die untere Fläche mit einem Gemenge von Lack und Sand überzogen wurde. Die Führung des Schwimmers im Behälter geben nicht Stifte in Schlitten, sondern zwei Schneiden, an denen der Schwimmer mit seiner Last nur zeitweilig etwas angehoben wird, um die freie Bewegung nicht zu stören: »for, as »experience shows, its sensibility is still extreme«. Auf dem Schwimmer ruht in zwei Lagern die horizontale Achse mit dem Fernrohr an dem einen Ende; das Objectiv ist von Brashear. — Ein sehr wesentlicher Theil des Instruments ist der am Ocularkopf angebrachte Photochronograph. Dieser Apparat ist ursprünglich für die photographische Aufnahme von Durchgängen nach Fargis' Angaben von Saegmüller ausgeführt worden, auf Grund eingehender Versuche, welche Hagen, F. Bigelow und Saegmüller 1889 an einem Ertel'schen Durchgangs-Instrument angestellt hatten (Georgetown College Observatory [J. G. Hagen], The Photochronograph and its application to star transits, Washington 1891) [Fig. 285]. Man beabsichtigte besonders, den persönlichen Zeitfehler zu vermeiden, indem man die durch elektrische Uhrcontacte auf der photographischen Platte erzeugten Lichtpunkte und die daneben aufgenommenen Fäden unter einem Mikrometer-Mikroskop auf einander bezog. In der vervollkommenen Gestalt [Fig. 284] besteht der Apparat aus zwei durch kleine Elektromagnete in der Brennebene gleichzeitig gegen einander beweglichen Blechen, welche in ihrer Ruhelage einen genügenden Zwischenraum lassen, um die Strahlen des durchgehenden Sterns voll auf die gleich dahinter liegende lichtempfindliche Platte fallen zu lassen. Der so von dem Stern erzeugte Lichtstreif auf der Platte wird regelmäßig unterbrochen durch ein von der Beobachtungs-Uhr auf elektrischem Wege verursachtes Zusammenrücken der Bleche für je 1^s, und es entsteht so eine Reihe von Lichtpunkten, deren gegenseitigen Abstände nachträglich unter einem Mikroskop ausgemessen werden. Durch eine sinnreiche Umgestaltung wurde dieser Apparat auch für Breiten-Beobachtungen dienlich (The Photochronograph 1892, 45 ff.). — Das schwimmende Fernrohr kann erst nach drei Minuten Ruhepause brauchbare Aufnahmen geben; es ist auch sehr empfindlich gegen Wind, kann aber durch einen Schirm, der den Schwimmer überdeckt, einigermaßen geschützt werden (S. 50 f.). Man nannte das Instrument »the floating Zenith Telescope«.

Ein schwimmendes Instrument neuer Form ließ im Jahre 1900 Charles S. Howe für das Case Observatory, Cleveland, Ohio, von Warner & Swasey herstellen; das

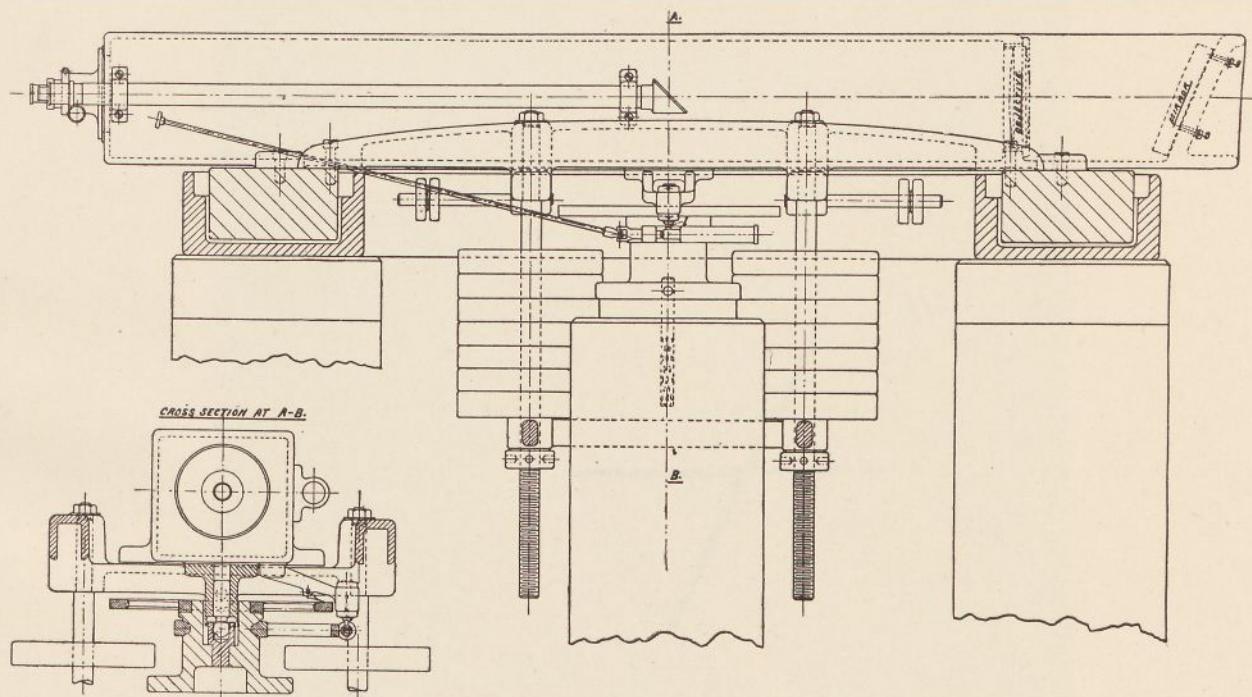
Objectiv von Brashear hatte 6^i Öffnung, 60^i Brennweite [Fig. 286]. Howe benutzte ein horizontales Fernrohr mit vorgesetztem Spiegel und hielt es für vortheilhaft, die untern Theile des Instruments, besonders den Schwimmer und den Quecksilber-Behälter, fester und schwerer, als die früheren, aus Gußeisen herzustellen und ihnen eine ringförmige Gestalt zu geben, so daß der Schwimmer sich auf dem Quecksilber um 180° drehen konnte, eine besondere Drehung im Azimuth also unnöthig war. Der Schwimmer führt sich um die Mitte nur an einem dünnen Stift. — Der Pfeiler trägt einen Azimuthalkreis, der durch ein langes Mikroskop an dem mit dem Schwimmer verschraubten Fernrohr abzulesen ist, und eine Klemme, durch welche der Schwimmer im Azimuth an einem Stift locker geführt wird. — Howe hoffte, daß die bei der Drehung des Schwimmers entstehende Bewegung innerhalb des Quecksilbers eine Ausgleichung der Temperatur mit sich bringen würde (Astronomical Journal Nr. 488, 57).

Bemerkenswerth ist der Eifer, mit dem auch die Astronomen der großen amerikanischen Sternwarten sich selbst an neuen Constructionen versuchen, vielleicht in Folge der Leichtigkeit, mit welcher ihnen die Mittel aus den Händen reicher Geschäftsleute zufließen. Man war auch von vornherein darauf bedacht gewesen, die Sternwarten mit guten und selbst für größere Arbeiten ausreichenden Werkstätten zu versehen und ein oder zwei technisch geschulte Beamten anzustellen. Soll eine Neuerung eingeführt werden, so werden die Pläne zwischen dem berufensten der Astronomen der Anstalt, dem Werkstatt-Vorsteher und, für große Theile, die besser in einer Maschinen-Werkstatt hergestellt werden, einem Angestellten derselben festgestellt und für die Ausführung die Rollen vertheilt. Nur soweit es durchaus nöthig erscheint, werden die Theile in der Werkstatt der Sternwarte vollendet. Sie wird dafür zuweilen nicht ganz ausreichen, und nicht immer wird die Construction aus einem Gusse sein und den ersten Versuch verleugnen können; im Allgemeinen scheint sich aber das Verfahren zu bewähren, besonders da, wo es sich um Neuerungen handelt, die ohne viel Versuche nicht durchzuführen sind.

Besonderes Interesse wandte man nach Draper's¹⁾ Vorgange den Reflectoren zu und suchte sie den Refractoren gegenüber wieder mehr zur Geltung zu bringen. — Bald nach der Gründung des Yerkes Observatory wurde dort von G. W. Ritchey, unter Mitwirkung von George E. Hale, als Leiter der Anstalt, ein Reflector von $23\frac{1}{2}^i$ Öffnung, 93^i Brennweite in Angriff genommen, der sowohl für photographische Aufnahmen und visuelle Beobachtungen in der directen Brennebene, als auch nach Einfügung eines Cassegrain-Spiegels, für spectrographische Beobachtungen dienen sollte (Astrophysical Journal, 14, 221 ff.) [Fig. 287]. Die parallaktische Aufstellung deutscher Form wurde von F. L. O. Wadsworth entworfen und war unter seiner Leitung auch schon in den unteren Theilen in Arbeit genommen worden, als Ritchey die Beaufsichtigung der Werkstatt übernahm und die übrigen Theile, besonders das Fernrohr, das Uhrwerk und die Feinbewegungen nach seinen Angaben hinzufügen ließ. — Auch hier begegnen wir einem auffälligen Mißverständniß betreffs der einen senk-

¹⁾ Henry Draper, Virginia 1837 — New-York 1882.

Fig. 286



“The Case Almucantar” von Charles S. Howe, 1900,

nach Astronomical Journal N. 488,

ca. $1/12$ n. Gr.

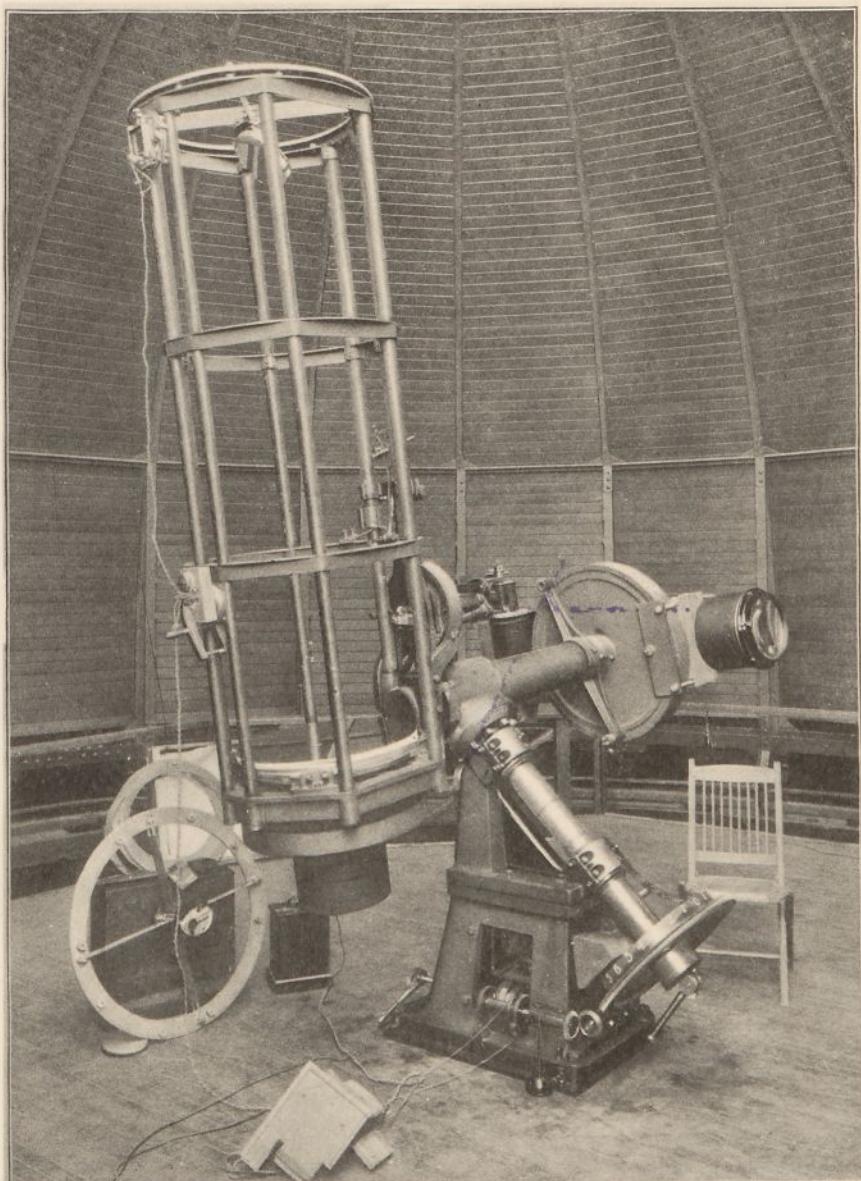
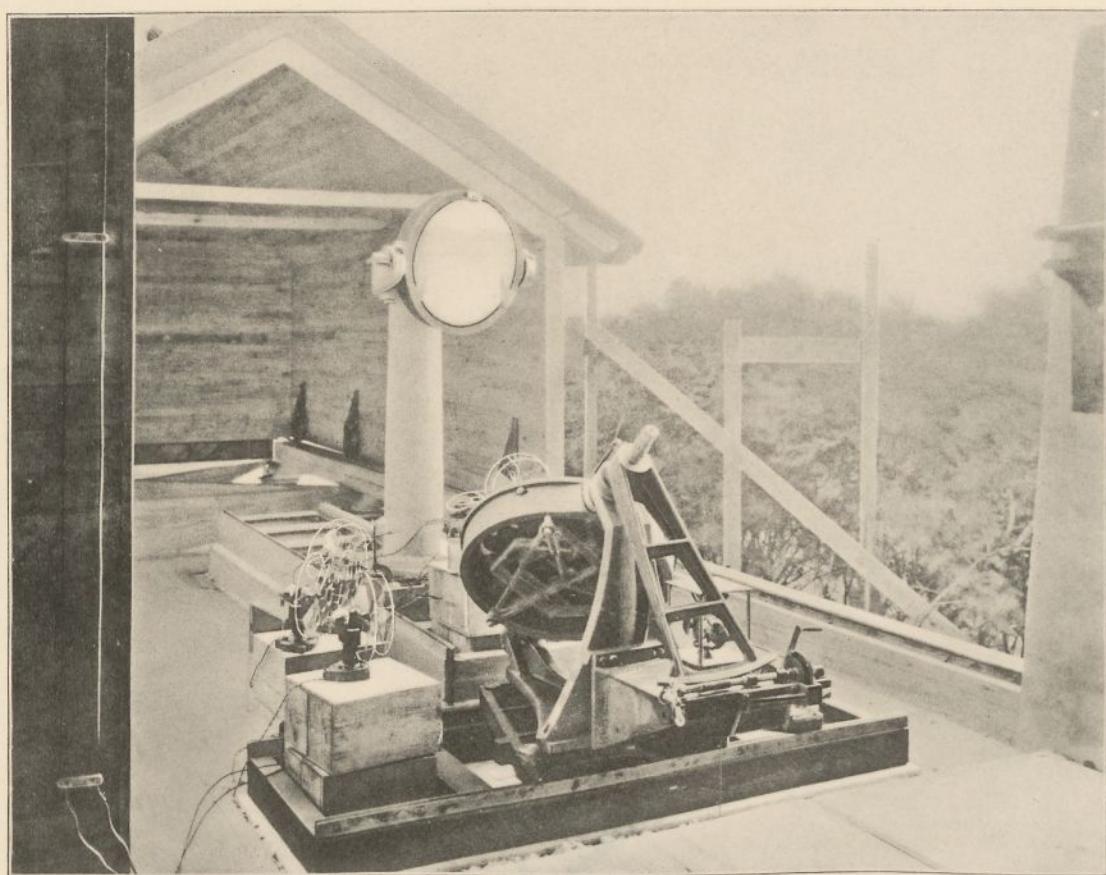


Fig. 287

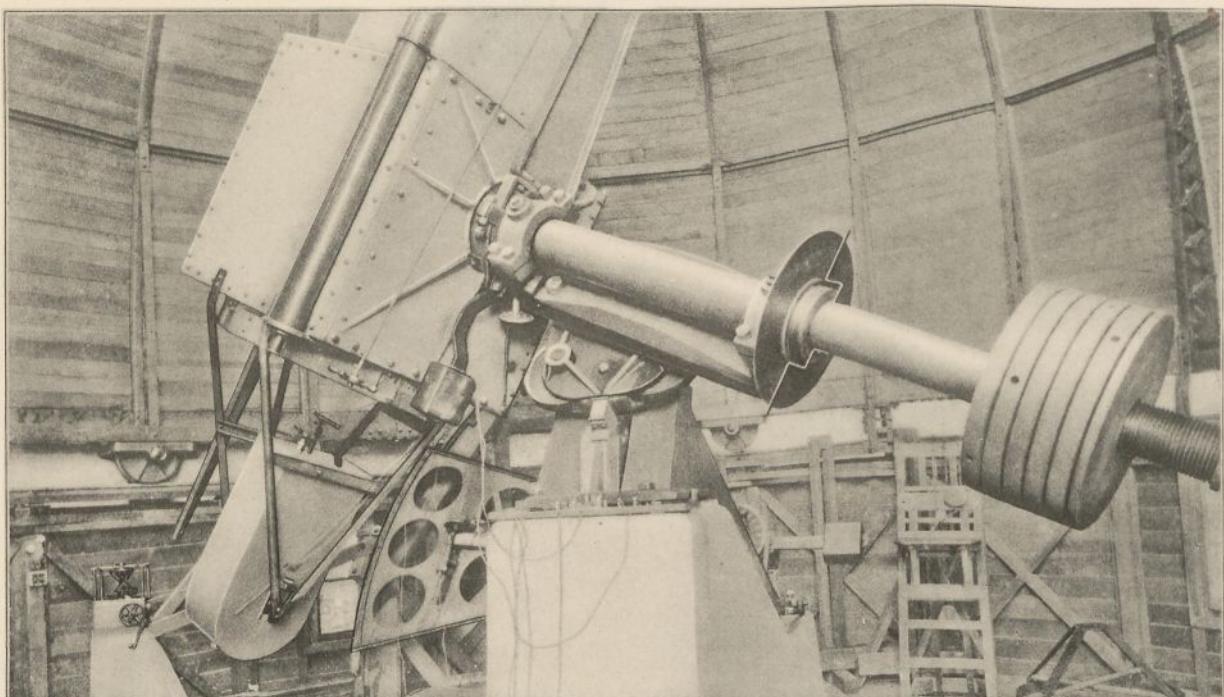
2^t-Reflector des Yerkes-Observatory, 1901,
nach Astrophysical Journal 14.

Fig. 288



24ⁱⁿ-Snow Telescope, Mount Wilson 1903, nach Astrophysical Journal 21.

Fig. 289



93^{cm}-Cassegrain-Reflector der D. O. Mills-Expedition, 1903,
nach Lick-Publications 9, part 3.

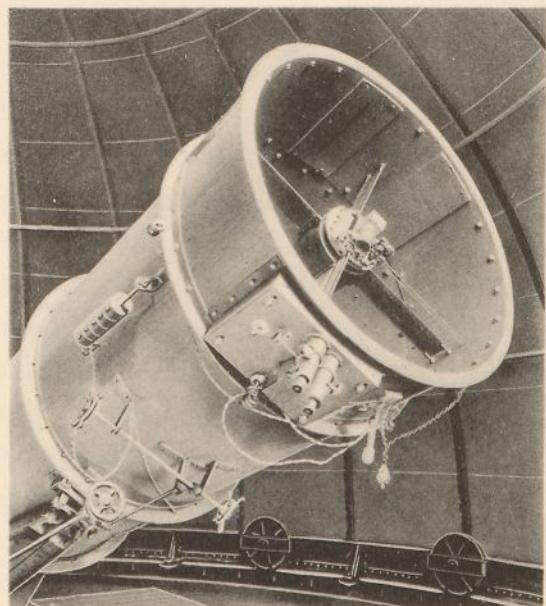
recht unter die Stundenachse wirkenden Gegengewichts-Rolle, in Folge dessen Ritchey über deren Wirkung klagt. Diese von ihm irrthümlich Gill zugeschriebene, aber schon seit 1865 in der Repsold'schen Werkstatt übliche Einrichtung hat sich bei vielfacher Verwendung stets gut bewährt; die Rolle muß aber am Rande von rundlichem Querschnitt sein und in einer an der Achsen-Flansch eingedrehten Hohlkehle entsprechender Höhlung laufen, um sich darin zu führen. Daß eine cylindrische Rolle nicht ohne seitliche Ablenkung an einem Conus laufen kann, ist selbstverständlich, und Ritchey findet auch eine Besserung, nachdem die Rolle eine Abrundung von kurzem Radius erhalten hat, die sich natürlich etwas eindrückte; er hätte nur eine etwas tiefere Hohlkehle in die Flansch drehen zu lassen brauchen, um einen einwurfsfreien Gang zu bekommen. Solche Rollen gehen noch unter einer Polhöhe von 60° sehr gut. — Ritchey wollte das Fernrohr für alle Declinationen frei um die Stundenachse drehbar machen; es sind deshalb der Spiegel und das Fernrohr so hoch hinaufgerückt, daß das schwere Gegengewicht den Lagerbock der Stundenachse nie berühren kann. Die mit der Declinationsachse fest verbundene Grundplatte des aus sechs Stahlrohren mit Querverbindungen bestehenden Fernrohres trägt auch den Spiegel; er ruht mit der planen Rückseite auf drei Gußeisenplatten, von denen jede auf dem kugeligen Ende einer Correctionsschraube liegt, und wird seitlich durch vier um die cylindrische Außenfläche gespannte Stahlbänder gehalten. Außerdem sind neben dem Spiegel vier Bogenstücke angebracht, von denen zwei fest sind, zwei aber durch schwache Federn gegen den Spiegel gedrückt werden. Man sollte denken, diese beiden seitlichen Haltungen müßten sich gegenseitig stören. — Das sehr schwere Spectroskop ist dauernd, nach Wadsworth's Angabe, neben dem Fernrohr befestigt und wird getragen von einer Verlängerung der Grundplatte des Fernrohres. Das Warner & Swasey nachgebildete Uhrwerk steht unter der Stundenachse. — Alle Zahnräder sind in der Werkstatt der Sternwarte geschnitten worden; ob es nothwendig und zweckmäßig war, solche Arbeiten dort ausführen zu lassen, ist für Fernstehende nicht zu beurtheilen; es erscheint zweifelhaft. — Der Reflector wurde 1901 vollendet. Als die ausführenden Techniker werden genannt: Johannesen und Neidhold.

Eine andere größere Aufgabe stellte sich das Yerkes-Observatory in dem nach der Stifterin, Frl. Helen Snow, benannten Snow-Telescope [Fig. 288]. Schon seit 1896 hatte Hale die Herrichtung eines Reflectors in Aussicht genommen, der, möglichst günstig aufgestellt, hauptsächlich für Sonnen-Beobachtungen dienen sollte. Nach eingehenden Berathungen und mit Hülfe der Carnegie Institution fand man in dem Mount Wilson, Californien, einen hohen, klimatisch sehr günstig gelegenen Standort. Nachdem dann die Mittel bereitgestellt waren, wurde die Ausführung des Teleskops sogleich in Angriff genommen und bis Ende 1903 vollendet (The astrophysical Journal 21, 151 ff.). Auf dem Gipfel des Berges und dort wieder hoch aufgebaut, wurde ein nach Ritchey's Angaben gebauter »Coelostat«, ein durch Uhrwerk um eine Polachse drehbarer, in Declination verstellbarer Planspiegel (also ein Heliostat nach August, vorn Fig. 11) hergerichtet, von 24° Oeffnung, und davor ein zweiter, höher aufgestellter und nach Nord sehender Planspiegel von 24° Durchmesser, der das Sonnenlicht auf einen Hohlspiegel von 60° Brennweite (oder einen anderen, auch vorhandenen von 145° Brennweite) und

von hier auf einen etwas seitlich aufgestellten Spectral-Apparat wirft. Der zweite Planspiegel steht auf einem Schlitten, mit dem er je nach der Declination der Sonne eingerichtet wird. Das Ganze ist mit einem luftigen, über 200° langen Dach mit Leinen-Wänden überdeckt. — Die baulichen Schwierigkeiten können nicht gering gewesen sein. Man liest auch mit großem Interesse, wie die Beobachter sich in ihrem läblichen Eifer, von ihren Familien getrennt, in einem »Monastery« behelfen; jetzt soll es aber beiderlei Geschlecht zugänglich sein.

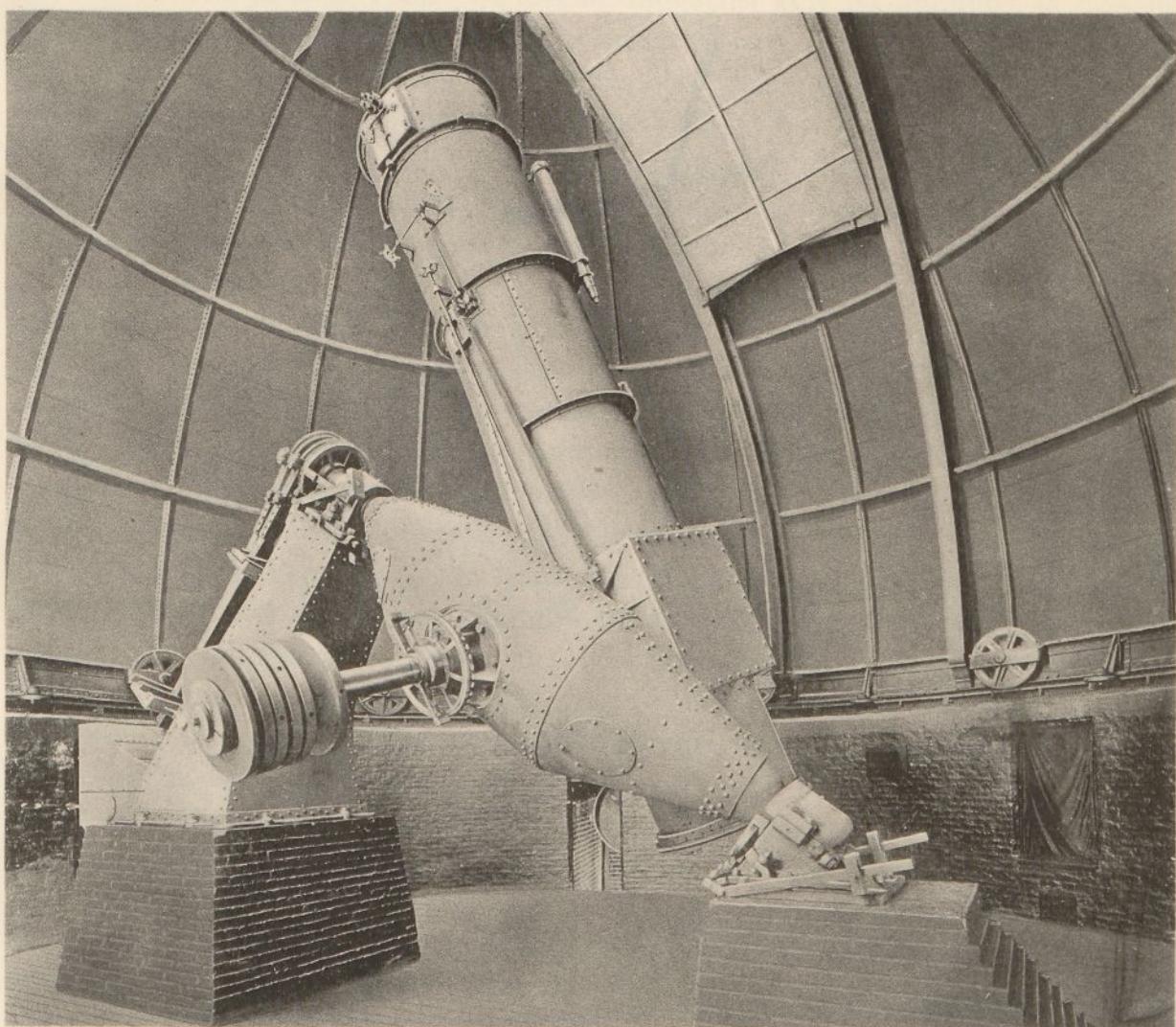
In ähnlicher Weise ist 1903 nach W. W. Campbell's Angaben und nach Zeichnungen von Charles Wooll, San Francisco, der dem Lick-Observatory von D. O. Mills gestiftete Reflector entstanden, der in der südlichen Hemisphäre zur Bestimmung von Radial-Geschwindigkeiten benutzt wurde (Publications of the Lick-Observatory 9, part 3) [Fig. 289]. Der Cassegrain-Spiegel hat 5,33^{cm} Brennweite, 93^{cm} Durchmesser, 24^{cm} Bohrung und ruht auf neun durch Gewichtshebel angehobenen Platten. Die Aufstellung ist von deutscher Form. Die gußeiserne Stundenachse wird am oberen Lager durch zwei rechtwinkelig gegenlaufende Rollen mit Hebel und Gegengewicht entlastet. Die stählerne Declinationsachse lag anfangs voll in den Lagern, ging aber zu schwer und sollte Rollenlager bekommen. — Sehr ungewöhnlich ist die Uhrwerks-Bewegung. Sie geschieht durch einen schweren Sector am unteren Ende der Stundenachse, der zum Antrieb jedesmal annähernd in horizontaler Lage festzuklemmen ist; durch sein Gewicht treibt er dann das Instrument und zugleich das Uhrwerk, welches an einem auf dem Sector liegenden Stahlseil die Achse ablaufen läßt. Diese von Campbell angegebene Einrichtung hat aber ernste Uebelstände gezeigt (a. a. O. 33), die hauptsächlich auf das zu schwache Uhrwerk zurückzuführen sein werden.

Im Jahre 1904 wurde in der Lick-Sternwarte eine neue Aufstellung für den 3-füßigen Crossley-Reflector ausgeführt, nach C. D. Perrine's Angaben unter Mitwirkung von Campbell, C. Wooll und des nicht genannten Werkstatt-Vorsteigers (Lick Observatory, Bulletin Nr. 78) [Fig. 290]. Die erste Bedingung war große Festigkeit, die zweite: freier Durchgang durch den Meridian ohne Umlegung, und man wählte schließlich eine Aufstellung nach Sisson. Der Nordpfeiler ist aus Kesselblech genietet, und beide Achsenlager sind mit Gegengewichts-Rollen an Hebelen versehen; der Längenschub wird durch einen Ring von Stahlkugeln aufgenommen. — Die Stundenachse ist ein nach beiden Enden hin conisch verlaufender Cylinder von Kesselblech, in der Mitte versteift durch ein der Declinationsachse als Lagerbüchse dienendes Gußstück, und die ganze Form dieses Gebildes ist etwas excentrisch angenommen, um das Fernrohr möglichst nahe an die Achse zu bringen und kein zu großes Gegengewicht zu bekommen. — Die Declinationsachse ist von Stahl und geht in vollen Lagern mit Seitenanschlägen. Perrine meint aber, daß er nach späteren Erfahrungen eine Art von Rollen-Lagerung für die Achsen vorgezogen haben würde (a. a. O. 125). Ob solche Lagerungen, die Kugel-Lagern natürlich vorzuziehen sind und an fortgesetzt umlaufenden Instrumenttheilen oft zweckmäßig verwandt werden können, sich auch hier auf die Dauer bewähren würden, ist zweifelhaft, weil bei der Art der Benutzung parallaktischer Instrumente eine örtliche Ausnutzung der Lagerringe sowohl als der Rollen zu befürchten ist, durch welche ihre Wirkung beeinträchtigt werden müßte. Das



Beobachtungsende des Rohres.

Fig. 290



Neue Aufstellung des 3'-Crossley-Reflectors, 1904,
nach Lick-Bulletin No. 78.

wäre um so mehr zu erwarten, wenn, nach Perrine's Annahme, alle Gewichtsaufhebung fortfiele. Auch würden Rollenlager, weil sie ringsum geschlossen sein müssen, nicht genügend zu beaufsichtigen sein, und eine Auswechselung etwa schadhaft werdender Rollen würde an den hinter den Flanschen liegenden Lagerstellen, die bei weitem am stärksten belastet sind, kaum möglich sein, ohne das ganze Instrument auseinander zu nehmen. Daß die Kreisangaben weniger sicher werden, ist von weniger Bedeutung. — Die Feinstellung geschieht in Declination durch eine lange Klemme, noch mit Gegenfeder, in Rectascension durch Differential-Räder in der Uhrwerks-Transmission. — Das Fernrohr besteht aus einem aus schwerem Blech und Gußtheilen zusammengefügten Cubus (a cubical section of castings and heavy sheet steel) und einem daran befestigten cylindrischen Stahlrohr mit dem Spiegel, der auf 6 Platten, je mit drei vorspringenden, mit Filz belegten Flächen, ruht und von drei umgelegten Schleifen von Kupferblech (weshalb nicht Stahl, der in der Ausdehnung dem Glas so viel näher steht?) seitlich gehalten wird. Am oberen Ende des Rohres befindet sich, aus vier Stahlplatten gebildet, ein Träger mit dem Prisma, welches die Leitfäden und den Stern in dem außen am Rohr befestigten Ocular sichtbar macht, dem Plattenhalter, dem Corrections-Schlitten und einem Auszug. — Es wird bestätigt, daß das geschlossene Rohr die selbe Güte der Bilder giebt, wie sie früher bei den vier getrennten Rohren bestand (a. a. O. 128). — Um eine möglichst gute Nachführung in täglicher Bewegung zu bekommen, hat man die Schraube in einem sehr großen Abstande (8°) angeordnet, mußte sich aber auf einen Sector beschränken und zerlegte diesen noch in zwei »twin sectors«, die, wenn man auf mehr als 33 Minuten nachführen will, sich ablösen sollen; man hoffte, das noch automatisch einrichten zu können. Das Gewicht der Sectoren wird durch Federn annähernd aufgehoben; jeder hat seine besondere Schraube, die ein durch Gewicht getriebenes Uhrwerk, ähnlich dem des 36ⁱ-Refractors, bewegt.

Von Seiten der U. S. Coast & Geodetic Survey wurde 1911 ein photographisches Zenithrohr nach Zeichnungen von Frank E. Ross von W. Gaertner & Co., Chicago, ausgeführt (Abhandlungen der Erdmessungs-Conferenz 1913, 444 ff.). Als Grundlage wurde Airy's Reflex Zenith Tube angenommen. Um indeß vom Niveau unabhängig zu werden, brachte man die photographische Schicht in den zweiten Gauss'schen Punkt des Objectives (von 200^{mm} Oeffnung, 5,17^m Brennweite, berechnet von A. C. Lunn, ausgeführt von O. L. Petididier), und zwar berechnete man die Form der Gläser so, daß dieser Punkt hinter den Linsen lag, und ein zweiter Durchgang der Strahlen durch das Objectiv vermieden wurde. — Der in halber Brennweite liegende Quecksilber-Horizont wurde mit aller Vorsicht aufgestellt. — Durch Versuche hatte man gefunden, daß auf einer feststehenden Platte aufgenommene streifenförmige Sterndurchgänge wegen ihres Mangels an Geradlinigkeit nicht gut abzulesen und zu messen waren; man entschloß sich deshalb, die Platte durch ein Uhrwerk nachführen zu lassen, um so Punktbilder zu bekommen, auf die Gefahr hin, durch die Beweglichkeit der Platte eine Fehlerquelle einzuführen; man glaubte aber, sich dagegen genügend sichern zu können. Da Objectiv und Platte um 180° drehbar sein mußten, wurde eine automatische Auslösung und Verbindung des Uhrwerks mit dem einen und dem anderen Ende des

Plattenträgers, mit Hülfe eines Magneten, hergerichtet. Auch die Nachführung der Platte wurde automatisch bewirkt, nur die Drehung wurde vom Beobachter ausgeführt. — Zur Prüfung der Leistungen dieses Apparats wurden neben photographischen Aufnahmen gleichzeitig Beobachtungen mit dem Auge an einem anderen Instrument (das nicht näher angegeben ist) angestellt. Ein abschließendes Urtheil konnte noch nicht gegeben werden; die beiden Instrumente scheinen indeß gleichwerthig zu sein. Falls sich das bestätigen sollte, so würde zu erwägen sein, ob der erhebliche Umweg, den die photographische Aufnahme in diesem Falle der Beobachtung mit dem Auge gegenüber darstellt, gerechtfertigt ist. —

Ende.



Register.

- | | |
|--|--|
| <p>d'Abbadie 124, 126, 127, 133, 149.
 Abbe 72, 75.
 Absetzen von Endpunkten 7, 28, 83ⁿ,
 109, 110, 123, 126, 148.
 Achsenlager 13, 15, 19, 20, 28, 32,
 35, 46, 47, (53—55), 85, 89, 96—
 98, 100, 103, 109, 110, 152, 153.
 Aequatoreal (Equatorial, Equatoréal)
 1, 5, 16, 19, 20, 21, 23—25,
 32, 33, 42, 59, 61, 68, 69, 82
 —85, 87, 94, 99, 106, 116,
 117, 120, 121, 128, 129, 132,
 134, 135, 137.
 Aghard 19.
 Airy 10—12, 31, 43ⁿ, 48, 86—95,
 110, 120, 131, 143, 144, 153.
 Alberti 122.
 Almucantar 101, 148.
 Almucantarat 79, 101, 148.
 Altazimuth (= Altitude and Azimuth
 Instrument) XIII, 11, 31, 37, 51,
 82—86, 88—90, 109, 122, 135,
 143, 146, 147.
 Altazimuthale Aufstellung mit paral-
 laktischer Bewegung 30, 31.
 Ambronn 62.
 Amici 67.
 Ampère 136.
 André 113, 135.
 Arago 112, 113, 119; 120, 136.
 Arnold 86.
 d'Artinges 114.
 Astrograph 68, 69.
 Astrolabe à prisme 131.
 Astronomischer Kreis X, 1, 12, 83,
 85.
 Astronomischer Theodolit 2, 58.
 August 8, 151.
 Ausfeld 73.
 Azimuthalkreis s. Theodolit.</p> <p>Bache 136.
 Baeyer 7, 27, 52.
 Bahnsucher 31.</p> | <p>Bakhuyzen, H. G. van de Sande —
 45, 48.
 Ballou 148.
 Bamberg 66, 75.
 Barbanti 122.
 Barlow 99.
 Barrow 82ⁿ.
 Basis-Apparat 6—8, 26—28, 38,
 77, 82, 83, 109, 123—126,
 130, 135, 141, 147, 148.
 Bassot 130.
 Beck 59, 79, 80, 131.
 Becker 72.
 Becquerel 113.
 Beleuchtung, elektrische 21, 41, 44,
 46, 50, 51, 54—57,
 99, 100, 105, 106,
 108, 119, 135, 146.
 » durch Gas 94.
 » Faden- 15, 16, 24—26,
 32, 33, 35, 36, 42, 44,
 54, 56, 62, 67, 70, 72,
 75, 92, 99, 100, 102,
 103, 106, 111, 119,
 125, 135, 143.
 » Feld- 2, 4, 14—16,
 19, 22, 24—26, 32,
 33, 35, 36, 42, 46, 51,
 54, 56, 57, 84, 92, 99,
 100, 103, 106, 107,
 110, 128, 135, 143.
 » Kreis-, Mikroskop-,
 Niveau- 21, 25, 26,
 32—36, 38—40, 42,
 44, 46, 50, 51, 54,
 56, 61, 67, 89, 99,
 100, 103, 108, 128.
 » Nadir- 16, 56, 57, 67,
 93.
 » Schneiden- 26.
 Bellet 114—116.
 Benoit 78.
 Berger 143, 144.
 C. L. Berger & Sons 143, 144.</p> <p>Berosus XII.
 Berhaut 130.
 Bertram 63.
 Berzelius 3.
 Bessel XII, XIII, 3, 6, 7, 11—13,
 15, 19—21, 66, 67.
 Biegungs-Aufhebung 4, 13, 14, 20,
 23—25, 33, 40, 47, 51,
 61, 67, 70, 81, 91, 92, 96,
 116, 117, 142.
 » -Bestimmung 47, 67, 70,
 92, 93, 125, 131.
 Bigelow 149.
 Bischoffsheim 128, 132, 134.
 Bloxam 68, 86.
 Blunt 138.
 Blythwood 112.
 Bode XII.
 Bohnenberger XII, XIII, 67.
 Bond 72, 74, 93, 120, 137, 142.
 Bonsdorff 55.
 Bordakreis XIII, 60, 82, 115, 116.
 Boreham 24.
 Borelli 8.
 Bourgeois 130.
 Brahe IX, X.
 Brander XI, XIII.
 Brashear 140, 149, 150.
 Brauer 74, 109.
 Braun 48, 49, 57, 58, 111, 134.
 Breguet 72, 114, 119.
 Breguet Neveu & Cie. 114.
 Breithaupt 58, 59, 80.
 » Friedr. Wilh. 58.
 » Georg 58.
 » F. W. - & Sohn 58.
 » Friedrich 58.
 » Wilhelm 58.
 Browning 112.
 Brückner 7.
 Brunner 38, 114, 120, 126, 129,
 130, 131, 135.
 v. Bülow 73.
 Buff & Berger 143.</p> |
|--|--|

- Burnham 143.
 Busch 19.
- C**alver 97.
 Campbell 152.
 Capocci 113, 119.
 Cardanisches Gelenk 117.
 Carnegie 151.
 Carochez IX.
 Cary 82, 86, 89.
 Cassegrain 102, 150, 152.
 Cassetten 31, 44.
 Cauchoix 10, 87, 113, 114.
 Cercle à reflexion s. Reflexions-Instrumente.
 » azimuthal réitérateur 130.
 » mural s. Mauerkreis.
 » répétiteur s. Wiederholungskreis.
 Challis 87.
 Chambers XIII.
 Chance & Co. 143.
 Chandler 79, 101, 148.
 Chapman 140.
 de Charnières IX.
 Christie 132.
 Chronograph (Registrir-Apparat für Durchgänge) XIV, 48, 50, 52, 72, 74, 76, 93, 103, 120, 121, 133—137, 139.
 Chronomètre à détente 120.
 Clacey 148.
 Clark 97, 100ⁿ, 141—143, 145.
 A. Clark & Sons 142, 145, 146.
 Claude 80, 131.
 Clausen 9, 125.
 Cleps-Instrumente 124—126.
 Coelostat 151.
 Colby 82, 83ⁿ, 123.
 Collimator XIII, 13, 20, 26, 61, 68ⁿ, 86, 91, 92, 94, 98, 112, 120, 125.
 » Achsen- 36, 37, 92.
 » O-W. 37, 92.
 » Zenith- 129.
 » Zeit- 48.
 Combination Transit and Zenith Telescope 144, 147.
 Common 97.
 Comparator 4, 26, 28, 39, 110.
 Cooke, Thomas, 30, 32, 98, 99.
 » T. & Sons 99—101, 126, 143.
 Cookson 101.
- Cooper 10.
 Corles 6.
 Crossley 97, 152.
- D**aguerre 114, 119.
 Darquier x.
 Darwin 101.
 Davidson 139, 141, 144.
 Dawes 10, 91, 100ⁿ, 142.
 Declinations-Registrirung 26, 56, 73ⁿ, 76, 133, 134, 137.
 Desfert 63.
 Delaunay 120ⁿ.
 Deleuil 114.
 Dencker 73.
 Dent 86.
 Dialytisches Fernrohr 5, 12.
 Diez 17.
 Digge x.
 Diopterlineal x.
 Dipleidoskop 68, 86.
 Doellen 74, 77, 109.
 Doergens 66.
 Dollond 67, 85, 87, 88, 114.
 Draper 150.
 Driencourt 80, 131.
 Dritte Achse am Refractor 31.
 Du Bois-Reymond 63.
 Duboscq 114, 127.
 Dulong 113.
 Dunkin 120.
 Durchgangs-Instrument (=Instrument des passages, Transit) x, 1—5, 12—14, 16, 17, 22, 23, 25, 37, 46, 47, 49, 51, 52, 58—60, 62, 68, 69, 71, 74, 75, 82, 83, 85—87, 89—91, 98, 99, 101, 103, 109, 114, 124, 126, 128, 139, 141, 143, 144, 147, 149.
 Durchgangs-Instrument im 1. Vertikal 4, 12, 13, 16, 25, 51, 60, 68, 69, 90.
 Durchgangs-Instrument für alle Verticale 25, 37, 79, 80, 101.
 Durchgangs-Instrument mit Uhrbewegung 49.
 Durchgangs-Theodolit 46.
- E**arnshaw 86.
 Eberle 77.
 Eichens 73, 77, 114, 121, 128, 129, 134, 135.
 Elkin 40.
 Elliot 85.
- Encke 19, 60.
 Engel 63.
 Ertel, T. 1, 2, 5, 6, 10, 12—17, 52, 67, 71, 108, 136, 149.
 » Georg 16.
 » Gustav 16, 17.
 » T. & Sohn 16, 17, 71.
 Everest 83—86, 99, 109.
- F**ahrenheit 8.
 Fahrstuhl (-Treppe, -Dach etc.) 4, 16, 25, 41—44, 53, 55, 88, 90, 96, 97, 129.
 Fargis 149.
 Fauth 144.
 Fauth & Co. 143, 144, 147.
 Faye 120, 126, 127.
 Fearnley 20.
 Fecker 147.
 Federpendel s. Pendel.
 Feil 114, 143.
 Feld-Meßwerkzeuge 58, 59, 74, 122, 137, 143.
 Fennel 78.
 Fitz 138, 140, 141.
 Floyd 145.
 Foerster 63, 66, 75.
 Fontana XI.
 Fortin 113—115, 128.
 Foucault 18, 44, 69, 73, 106, 117, 120, 121, 127, 135.
 Fraunhofer 1, 2, 3, 5, 6, 8—10, 17, 18, 20, 24, 28, 29, 61, 69, 72, 84, 87, 137, 142, 143.
 Frodsham 86.
 Froment 114, 115, 119.
 Fueß 66, 76.
 Fühlhebel 5, 7, 61.
 Fühlniveau 3, 4.
- G**aertner & Co. 153.
 Gallenkamp 63.
 Gambey 9, 76, 99, 112—120, 122, 127, 128, 130, 135, 137, 141.
 Gauss XI, XII, 2, 19, 60, 66—68, 71, 79, 130, 131, 136, 148, 153.
 Gautier, F. P. 79, 114, 128, 129, 132—135.
 » Alfred XIII, 117, 118, 128.
 Gay-Lussac 113.
 Geerz 63.
 Geissler 99.
 Generini 122.

- Geodätische Instrumente 2, 5, 16, 17, 26, 46, 59, 65, 114.
 Gewichts-Aufhebung (Entlastung) 1—4, 13—15, 18, 20—25, 29, 33, 36, 37, 40—42, 44, 45, 47, 54—56, 61, 62, 74, 92, 99, 100, 102, 103, 105—108, 117, 121, 146, 147, 152.
 Gewichts-Aufhebung durch eine senkrechte Rolle 24, 25, 40—42, 44, 53, 106, 145, 151.
 Gill 41, 45, 46, 79, 90, 105, 106ⁿ, 108—112, 151.
 Gillis 60.
 Gitter-Theilungen (Interferenz-Gitter) 72, 75, 76, 110, 112, 139—141.
 Glas-Spiegel 69, 75, 97, 112, 121.
 Glas-Theilung xi, 19, 28, 38, 72, 124, 134, 140.
 Gnomon 81.
 v. Goessel 66.
 Gould, B. A., 26.
 Gould & Nephew 86.
 Graham 77.
 s'Gravesande 8, 116, 127.
 Gray 98.
 Gregg & Rupp 138.
 Gregory 96.
 Greiner & Geißler 76.
 Grienberger 99.
 Groombridge 11, 12.
 Gropengiesser 138.
 Grubb, Thomas 94, 101,
 » Howard 101—107, 111, 145.
 Guillaume 77, 78.
 Guinand 114, 142.
 Gurley 137.
 Gurley & Phelps 137.
 » W. & L. E. 137.
- H**agen 149.
 Hahn 17.
 Hale 150, 151.
 Hansen 6, 23, 25, 30, 35, 37, 55, 61, 73, 131.
 Hansteen 19.
 Harkness 146.
 Harzer 55, 81.
 Haßler 38ⁿ, 124, 135, 136.
 Hauchcorne 63.
 Heliograph 135.
 Heliometer 2, 3, 6, 12, 15, 17, 18, 20, 21, 23, 24, 29, 30,
- Heliometer 36, 39—43, 45, 68—70, 138.
 » Ocular 69, 70.
 Heliostat 8, 44, 70, 76, 116, 119, 127, 151.
 Heliotrop XII, 60, 130.
 Helmholtz 63, 66.
 Henry 132, 134.
 Herschel 10, 137.
 Hertel 74, 75.
 Herz 51.
 Heyde 75, 76.
 Hildebrand 59.
 Hildebrand & Schramm 59.
 Hilgard 139.
 Hilger 112.
 Hill, s. Watkins & Hill.
 Hipp 74.
 Hoek 70.
 Höhenkreis (= kleiner Verticalkreis, Astronomical Circle) 2ⁿ, 5, 21, 46, 83, 115, 116.
 Hoffmann IX.
 Hohwü 72.
 Hohlschraube 75.
 Holden 146.
 Hooke 44, 99.
 Hoppe 81.
 Horner 43ⁿ.
 Horrebow 37, 46, 47, 51, 59, 109, 138, 144, 149.
 Hough 133, 139.
 Howe 149, 150.
 Huetz 130.
 Hülfs-Fernrohr 68.
 Hülfs-Theilbögen 4, 6, 55, 61.
 Huggins 101.
 Hulsius 70.
- Jaederin 77, 78, 148.
 Jaworsky 5.
 Ibañez 126, 131.
 Jecker 115.
 Invar 78.
 Jobin 131.
 Johannesen 151.
 Jones 85.
 Irisblende 33, 100.
 Jürgensen 6, 115.
- Kaiser 37, 48, 61.
 Kammerer 59.
 Kapteyn 78, 79.
 Kater XII, 6, 26, 82ⁿ, 85, 86, 148.
- Keeler 97.
 Kepler IX, x.
 Kern 74.
 Kessels 6, 72, 115.
 Klemmen (Tangential- oder Radial-) 102ⁿ, 103ⁿ.
 Knoblich 73.
 Knorr 63.
 Knorre 76, 134.
 Krille 72, 73.
 Krupp 53.
 Küstner 75.
 v. Kuffner 41, 51.
- L**alande x, 128.
 Lambert XIII,
 Lamont 73ⁿ.
 Landolt 66.
 Langley 146.
 Lassell 81, 96.
 Lassieur 114.
 Leitrohr 43, 44, 105, 106, 132.
 Lennel x, 114, 115.
 Le Noir 113—115, 128.
 Lerebours 9, 114, 129.
 Le Verrier 120, 121, 127—129.
 Lewitzky 52.
 Liebherr 99, 103, 117.
 Lindenau 68.
 Lindsay 30, 101.
 Lingke 59.
 Littrow, J. J. 5, 8.
 » O. 8.
 Locke 73ⁿ, 136.
 Loewy 131—134.
 Loomis 136.
 Loupe zum Umstecken 51.
 Lübsen 68.
 Ludwig 75.
 Lundin 143.
 Lunette coudée (Equatoréal coudé) 68, 132, 135.
 Lunn 153.
- M**ädler 120.
 Mahler 2, 3, 12, 15, 17, 18, 34.
 Mantois 114.
 Marinoni 5, 67.
 Marth 131.
 Martins, s. auch Pistor & Martins 35, 59—62, 75, 76.
 Mauerkreis (= Mural Circle, Cercle mural) 10, 11, 82, 83, 85, 87, 91, 92, 113, 117, 120, 128.

- Mauer-Quadrant 5, 11.
 Mauvais 128.
 Maximilian II. 69.
 May 91, 95.
 Mayer & Wolf 73.
 Mc Clean 106.
 Mechanisches Institut 62, 66.
 Megameter IX, X.
 Melloni 113.
 Meridiankreis (= Transit Circle, Cercle méridien) XIV, 1, 3—6, 11—13, 16, 17, 19, 21, 25, 26, 35—37, 50, 52, 54—56, 58—61, 67—71, 73—75, 83, 85, 90, 91, 98, 103ⁿ, 107, 108, 110—112, 120, 121, 126, 128, 129, 131, 135, 138, 144, 146.
 Meridian-Instrument 56, 85, 91, 94, 98, 101, 107, 127, 128, 133, 138, 148.
 Méromètre parallèle 125.
 Merz 2, 3, 12, 15, 17, 21, 34, 74, 90, 91, 94, 99, 134—136.
 » Georg 3, 12, 16—18.
 » Ludwig 17, 18.
 » Sigmund 17, 18.
 » Jakob 18, 75.
 » & Mahler 2, 12, 15, 17, 34.
 » G. - & Söhne 17.
 » G. - & Sohn 17.
 » G. & S. 17, 75.
 » Utzschneider & Fraunhofer 17.
 » G. & S., vormals Utzschneider & Fraunhofer 17.
 Meß-Apparat für photographische Platten, s. Plattenmesser.
 Meßkeil 7.
 Meßrad 70.
 Meßstange 7, 27, 28, 38, 39, 83ⁿ, 109, 110, 123, 124, 126, 130, 135, 141, 147.
 Metall-Thermometer 7, 17, 27—30, 123, 130.
 Meyerstein 71.
 Mikrometer, Ocular- 13, 14, 19, 21, 22, 24, 25, 32, 37, 38, 47, 50, 51, 55, 56, 59, 68, 74, 83—85, 92, 93, 100, 106—110, 126, 128, 130, 138—140, 143, 147.
 Mikrometer, Positions- 20, 25, 28, 29, 31—33, 35, 41, 42, 44, 61, 62, 69, 70, 84, 85, 99, 100, 102, 143, 145, 146.
 » Mikroskop- 16, 17, 22, 32, 41, 53, 59, 90.
 » unpersönliches 47 — 50, 56—58, 110, 111, 133, 147.
 » Druck- (Registrir-) 26, 35, 40—42, 49, 110, 133, 134.
 » mit Gehäuse-Schiebung 29, 31, 40, 41, 44, 45, 49.
 » Doppel- 45, 46, 110.
 » Doppelbild- 78, 85, 86, 88, 96, 143.
 » am Leitrohr 44.
 » Passagen- 48, 49.
 » nach Stampfer 8.
 » nach Clausen 9.
 » mit Uhrwerk 57, 58, 111, 133.
 Mills 152.
 Mire 14, 37, 61, 68ⁿ, 86, 110—112, 128.
 Mirenlinse 14, 37, 86, 111, 112.
 Mitchell 137.
 Möller 75.
 Moltke 63.
 Montanari 122.
 Morozowicz 63.
 Morse 73, 74, 76, 136.
 Mouchez 128, 129, 131.
 Multiplications-Kreis (=Theodolit) 2, 16, 59.
 Mural Circle s. Mauerkreis.
 Nadir-Beobachtung s. Quecksilber-Horizont.
 » -Instrument 59, 80.
 » -Leiter 129.
 Nagel 73.
 Neidhold 151.
 Neumann 119.
 Neumayer 63.
 Newall 99.
 Newcomb 142, 145.
 Newton 96, 102.
 Nicolaus 1. 9.
 Niepce 119.
 Niveaux, Niveaufassung 46, 77, 89, 108, 121.
 Nobert 72.
 Northumberland, Duke of 87.
 Objectiv-Prisma s. Prismen-Objektiv.
 Octant IX.
 d'Ocagne 130.
 Oerstedt 136.
 Oertling 71.
 Oom 22, 23.
 Orbit sweeper 31.
 Oudemans 27, 109.
 Paalzow 63, 66.
 Pape 131.
 Parallaktische Aufstellung 3, 10, 18, 21, 24, 25, 28—35, 40—44, 53, 61, 62, 68, 69, 74, 75, 81, 87, 94, 96, 98, 101, 102, 114, 116, 119, 122, 127, 129, 132, 135, 137, 138, 150, 152.
 Parallaktische Aufstellung mit veränderlicher Polhöhe 28, 29, 31, 40, 41, 44, 82, 84, 85, 99, 102.
 Parallaktische Aufstellung auf Knie-säule 43, 44, 106.
 Parallaktische Aufstellung mit dritter Achse 31.
 Parkinson 86.
 Parra 114.
 Passage-Prisma 68—70.
 Passagen-Instrument s. Durchgangs-Instrument.
 Passement 117ⁿ.
 Patentkreis 62.
 Pendel, Feder- 33—35, 42, 44, 54.
 » Horizontal- 52, 53, 58.
 » Quecksilber- 77.
 » Reversions- 5, 26, 27, 38, 52, 80, 144.
 » Rotations (= conisches) 73, 117.
 Pennington 86.
 Percelet 115.
 Perpendiculum correspondentium 37.
 Perrier 130.
 Perrine 152, 153.
 Pessler 77.
 Peters, C. A. F. 25, 72.
 Petitdidier 153.
 Peyer, Favarger & Cie. 74.

- Philipp von Hessen x.
- Phelps 137.
- Photochronograph 149.
- Photographisches Rohr s. Refractor.
- Photographische Durchgangs-Beobachtungen 101.
- Physikalisch-Technische Reichsanstalt 66, 76.
- Picard 122.
- Pistor 6, 10, 12, 59, 60, 62, 71.
- Pistor & Schieck 7.
- » & Martins 35, 59—62, 71, 75, 76, 126, 136, 143.
- Pixii 113.
- Plattenmesser 44—46, 79, 110, 132—135, 140.
- » parallaktischer 78, 79.
- Plößl 5, 10, 12.
- Poggendorff 8.
- Poisson 113.
- Polytechnisches Institut, Wien 5, 59.
- Pond XII, 11, 82ⁿ, 85, 87, 91, 93.
- Porro 38, 81, 121—126, 130, 131, 141.
- Pouillet 113.
- Praetorius 122.
- Precht 5.
- Prisma, doppelbrechendes 32, 78.
- » umkehrendes 142.
- » Doppel- 68, 69.
- Prismenkreis 16, 19, 60, 62, 67, 69, 70.
- » -Objectiv 68, 69, 132, 144.
- Q**uadrant x, 2, 5, 11, 117.
- Quecksilber-Horizont für Nadir-Beobachtungen XII, 16, 19, 21, 26, 37, 51, 55, 67, 68, 75, 79, 80, 91—93, 98, 120, 126—131, 153.
- Quecksilber-Horizont für Reflex-Beobachtungen XII, 11, 37, 68, 79, 80, 91, 93, 111, 112, 116, 125.
- R**adiguer 133.
- Ramsden XI, XII, 11, 57, 82, 87—89, 95, 118, 128.
- Ransome & May 90—92, 94.
- Ransome & Simms 94.
- Rayet 113.
- Rebeur-Paschwitz 52.
- Reciproke Höhen 38.
- Rectografo anapneumatico 125.
- Redier 49ⁿ.
- Reflector 69, 81, 95, 96, 100—102, 135, 150.
- » photographischer 150—152.
- Reflex-Beobachtungen s. Quecksilber-Horizont.
- » Zenith Tube 93, 153.
- Reflexions-Instrumente 67, 69, 71, 114, 143.
- Refractor 2, 3, 5, 6, 10, 12, 15, 17, 32—35, 42, 43, 59, 60, 69, 71, 73, 75, 90, 91, 95, 97—99, 101—103, 105, 106, 122, 126, 132, 138, 142—146, 150.
- » photographischer 30, 43, 44, 53, 78, 105, 106, 132, 134, 135.
- Refraction piece 82
- Refractions-Gitter s. Gitter-Theilungen.
- Registrir-Apparat für Durchgänge, s. auch Chronograph XIV, 72, 74, 76, 93, 120, 137, 139.
- Registrir-Apparat, druckender 133, 139.
- Regnault 119.
- Reichel 77.
- Reichenbach X, XI, 1, 2, 5, 6, 8—12, 43ⁿ, 59, 65, 115, 117, 128.
- Reinfelder & Hertel 74, 75.
- Renan 49ⁿ, 77.
- Repetitions-Instrument (Cercle répétiteur, Repeating - Instrument) XIII, 1, 85, 114—117, 128, 130.
- Repsold, J. Georg XI, XII, 1, 3, 43ⁿ, 137.
- » Adolf XIV, 3, 13, 17—21, 113.
- » Georg 18.
- » Joh. A. 18.
- » Oscar 18.
- » A. & G. 3, 6, 10, 12, 13, 17—28, 58, 62, 67, 143, 151.
- » A. & Söhne 18, 29—58, 111, 144—146, 148.
- Reuleaux 63, 66.
- Riccardi 122, 124ⁿ.
- Richmont 122.
- Riefler 77.
- Rigaud 114, 128, 129, 135.
- Riquet de Bonrepos x.
- Ritchey 150, 151.
- Rittenhouse XI, XIII, 86.
- de la Rive 74.
- Robinson 60,
- » T. C. 85.
- » T. R. 10, 85.
- Röhrrer 16, 17.
- Römer 13, 37, 85, 122, 148.
- Rogers 139, 147.
- Rota meridiana 85.
- Ross & Co. 73.
- Ross, F. E. 153.
- Rosse, Earl of 95, 96, 100ⁿ.
- Rossin 114.
- Rowland 140, 141.
- Roy 82.
- Rupp s. Gregg & Rupp.
- Rutherford 72, 138, 140.
- S**aegmüller 141, 144, 145, 147, 149.
- Salmoiragh 126.
- Sampson 101.
- Savart 113.
- Savary 119.
- Sawitsch 2ⁿ.
- Saxton 137.
- Scaphium XII.
- Scheiner 45.
- Schellbach 63.
- Schenck 74.
- Schiaparelli 122.
- Schieck 59, 60.
- Schilling 136.
- Schleifkluppe 36ⁿ.
- Schneider, E. 80.
- » Th. 140.
- Schott 66, 72.
- Schramm 59.
- Schraubenprüfung 36, 37.
- Schreib-Apparat 22, 98.
- Schreiber 38, 66.
- Schröder, Hugo 73, 75ⁿ.
- » Gotha 5.
- Schuback XII.
- Schumacher XI, XII, 2, 3, 11, 18, 19, 28, 67, 69, 86.
- Schwassmann 79.
- Schwert 8.
- Schwimmende Instrumente 86, 97, 101, 148—150.
- Secchi 48, 123, 126, 130, 131.
- Secretan 74, 114, 120, 128—130, 132, 135.

- Secretan père et fils 114, 121.
 Sector, Dip- 84.
 » Reflexions- (Secteur de réflexion) 67.
 » Refractions- 84.
 Seeliger 30.
 Ségnier 118.
 Sextant 60, 67, 71, 83—85, 143.
 » Box- 84.
 Sicherheitsrohr 2, 46, 109.
 Sickler 144.
 Siderostat 44, 106, 127, 135.
 Siderostatic Telescope 106.
 Siemens & Halske 73, 76.
 » Werner 63, 66.
 Silbermann 119, 127.
 Simms, William 82, 83, 87, 91,
 92, 144.
 » » jr., 83, 87.
 » F. Walter 83.
 Sisson x, 84, 87, 102, 129, 152.
 Skaphé XII.
 Smith 10.
 Smyth 95.
 Snow 151.
 Société genevoise 74, 111.
 Soleil 114, 119.
 South 10.
 Spannbock 77.
 Spence 96.
 Spencer 138.
 Spiegel-Kreis, -Sextant 60, 82, 83.
 » -Teleskop 69, 95—97, 102,
 112, 121, 129, 135, 137,
 150—152.
 Spinnfäden XI.
 Stackpole & Brother 138.
 Stampfer 5, 8.
 Starke, Ch. 5, 6, 8, 59.
 » G. 59.
 Star position finder 107.
 Steinheil, C. A. XIII, XIV, 13, 16,
 17, 19, 21, 59, 62, 66
 —71, 74, 81, 92, 101,
 112; 117, 132, 136, 144.
 » Adolf 69—71.
 » Eduard 70, 71.
 » Rudolf 71.
 » C. A. & Söhne 71, 74, 81.
 von Sterneck 80.
 Strange 98, 108, 109.
 Struve, W. XIV, 2—4, 6, 7, 9,
 10, 12—16, 25, 48, 52,
 60, 90.
- Struve, Otto 42, 53, 59, 90.
 » Hermann 34.
 Strype 96.
 Studer 59.
 Swasey 145.
- Tachymeter 122, 124, 126.
 Talcott 138.
 Taster 36ⁿ.
 Temple 138.
 Tertienzähler 117.
 Theilmaschine, Kreis- XIV, 3, 4,
 59, 71, 76, 85, 98,
 118, 119, 138,
 141.
 » Längen- 3, 37ⁿ,
 112, 139, 140.
 Theilungsprüfung 6, 20, 35, 36,
 41, 61.
 Theodolit (Transit-Theodolite, Théodolite azimutal) x, 2, 46, 47,
 58, 67, 68, 71, 74, 82—86,
 99, 108, 109, 115, 116, 130,
 135, 138, 141.
 Théodolite réitérateur 130.
 Thury 74.
 Tiede 6.
 Toepfer 76.
 Tolles 138.
 Townley 41.
 Tralles 38ⁿ, 124, 136.
 Transit oder Transit-Instrument s.
 Durchgangs-Instrument.
 Transit Circle s. Meridiankreis.
 Trédos 114.
 Troughton XI, XIII, 5, 10—12,
 14, 17, 59, 60, 82,
 83, 90, 93, 100, 102,
 106—108, 130, 134.
 » & Simms 82—85, 90,
 91, 94, 107—110, 135,
 136, 138.
 Turettini 74.
 Twin Equatorial 106.
 Tycho s. Brahe.
- Uhren, Pendel- 6, 77, 94, 120.
 » in constanter Temperatur
 120.
 » galvanisch-elektrische (sympathetische) 69, 74, 93,
 94, 120.
 » Sonnen- 76.
 » Wasser- 94, 141, 142.
- Uhrwerke (Triebwerke) mit Flügel
 20, 99, 100, 117, 127,
 136, 137.
 » mit gerade schwingendem Pendel 99, 117,
 137, 142.
 » mit frei umlaufendem (conischen) Pendel (Fugal-Pendel) 68, 73, 117.
 » mit Centrifugal-Reibungsregulator x, 21, 24,
 29, 32, 33, 81, 88,
 97, 102, 103, 117, 142,
 145, 146, 153.
 » mit Centrifugal-Pendel nach Foucault 18, 73,
 121, 127, 135.
 » mit flacher schwingender Feder (Hipp) 74.
 » mit rundschwingendem Biegungs-Regulator (Repsold's Federpendel) 33—35, 42—44, 54.
 » mit elektrischer Ausgleichung 103—106,
 133, 139, 145.
 » mit elektrischem Antrieb 81, 111.
 » ersetzt durch Kurbeldrehung 31, 96.
 Umlegung 2, 4, 12—14, 16, 17,
 19, 21—23, 25, 36, 38, 46,
 51, 52, 54—56, 58—60, 62, 68,
 74, 75, 85, 90, 91, 98, 108—110,
 121, 128—130, 139, 143, 144,
 147.
 Universal-Instrument 1, 2, 5, 7, 16
 —19, 21, 22, 38, 46, 47,
 58—60, 62, 69, 71, 74
 —76, 115, 124, 126, 130,
 143, 144, 147.
 » -Transit 75.
 Utzschneider 2, 5, 10, 12, 117.
 » & Fraunhofer 2, 5,
 10, 18.
- Véron x.
 Verschaffel 133.
 Vertauschen von Objectiv und Ocular 12, 14, 19, 25, 110, 131.
 Verticalkreis 2ⁿ, 12, 14, 16, 52,
 55, 71, 90, 108.
 Villarceau 117, 121, 127, 128.
 Vion 131ⁿ.

Vogel 45, 53, 66, 72, 76, 77.
 Voigtlaender 4.
Wadsworth 150, 151.
 Walker 93.
 Wanschaff 76.
 Warner 145.
 » & Swasey 145—147, 149
 —151.
 Warren de la Rue 48.
 Watkins & Hill 85.
 Weber 3, 71, 136.
 Wegzähler 70.
 Weiss, E. 73.
 Weiss, München 18.
 Wellmann 78.
 Wheatstone 48.

Wichmann XIII.
 Wiederholung bei Ablesungen 1, 15.
 Wiederholungskreis (s. auch repeti-
 rende Instrumente) 114—116,
 117, 128, 130.
 Winlock 107, 135, 143, 144.
 Winnecke 29, 31, 35, 59, 78.
 Winnerl 115, 117.
 Wislicenus 47, 48.
 Wolf, C. 48.
 » R. X, XII, 74, 113.
 » M. 79.
 Wollaston 89.
 Wooll 152.
 Würdemann 141, 144.
Young, W. 137.

Young, A., 139.
Zach 43ⁿ.
 Zahrtmann 116.
 Zapfenprüfung 14, 36, 61, 68, 90,
 92.
 Zeiss 66, 72.
 Zenith-Instrument (-Rohr) 51, 76,
 93, 120, 125, 126, 129, 138,
 139, 141, 144, 147, 149,
 153.
 » -Sector 10, 11, 93, 108.
 » -Spiegel 55, 57.
 Zifferblätter, elektrische 42, 93,
 120.
 Zöllner 52.
 Zschokke 18, 75.





BIBLIOTEKA GŁÓWNA

352090 L/1