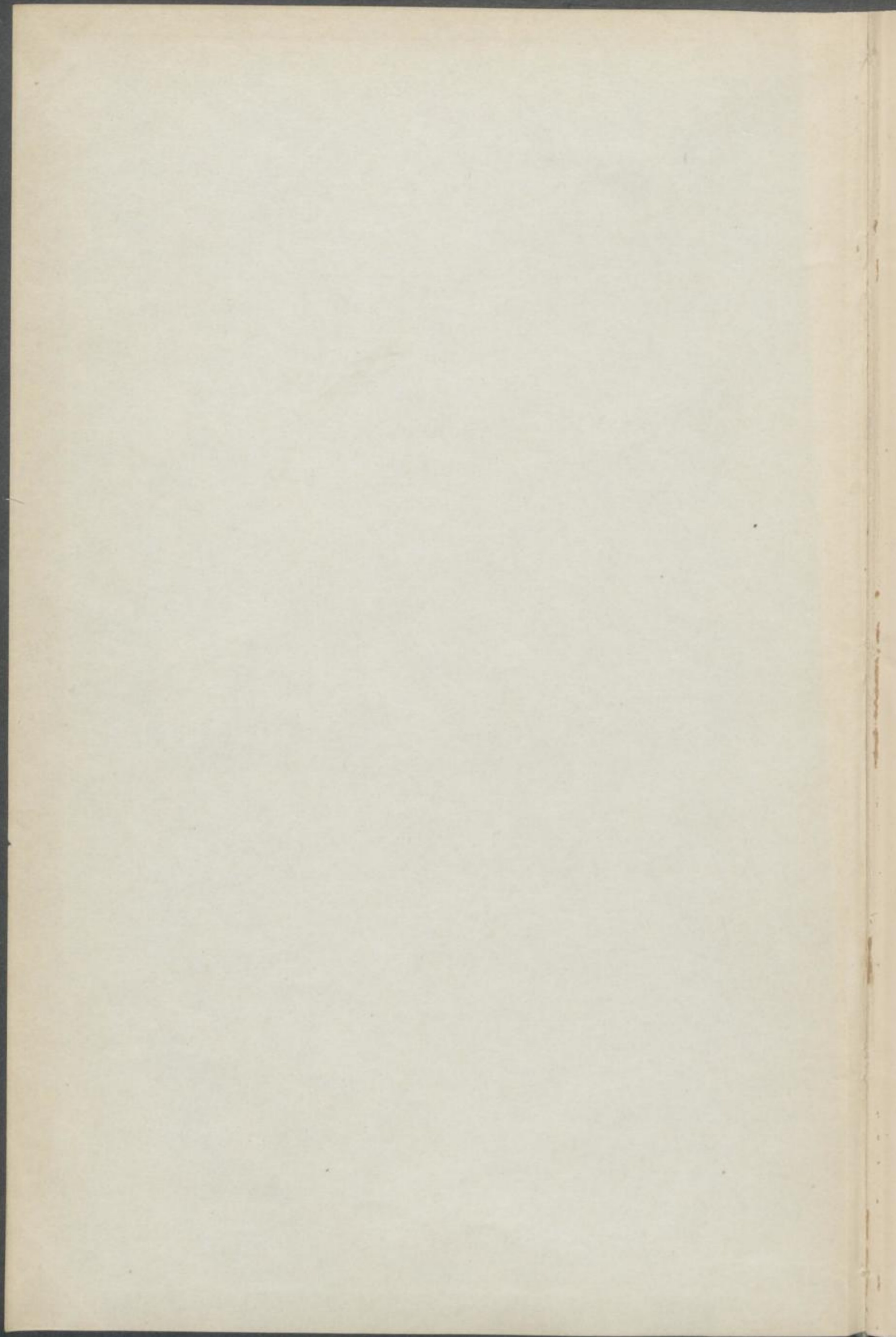




K



DIE PHOTOGRAPHIE

IM DIENSTE

DER

**ASTRONOMIE, METEOROLOGIE
UND PHYSIK.**

DAS LICHT

IM DIENSTE
WISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG.

HANDBUCH
DER ANWENDUNG DES LICHTES, DER PHOTOGRAPHIE UND DER
OPTISCHEN PROJEKTIONSKUNST
IN DER
NATUR- UND HEILKUNDE,
IN DEN GRAPHISCHEN KÜNSTEN UND DEM BAUFACHE, IM KRIEGS-
WESEN UND BEI DER GERICHTSPFLEGE.

VON
SIGMUND THEODOR STEIN,
DOCTOR DER PHILOSOPHIE UND MEDICIN, KÖNIGL. WÜRTT. HOFRATH.

ZWEITE GÄNZLICH UMGEARBEITETE UND VERMEHRTE AUFLAGE.
MIT ÜBER 800 TEXTABBILDUNGEN UND 12 TAFELN.

BAND II.

VIERTES HEFT.

SPECIELLER THEIL III—V.
DIE PHOTOGRAPHIE
IM DIENSTE
DER
ASTRONOMIE, METEOROLOGIE UND PHYSIK.

HALLE A. S.
DRUCK UND VERLAG VON WILHELM KNAPP.
1886.

DIE PHOTOGRAPHIE

IM DIENSTE

DER

ASTRONOMIE, METEOROLOGIE UND PHYSIK.

VON

DR. S. TH. STEIN

(FRANKFURT A. M.).

MIT 135 TEXTABBILDUNGEN UND EINER PHOTOGRAPHISCHEN TAFEL.



ZWEITE VERMEHRTE AUFLAGE.

HALLE A. S.

DRUCK UND VERLAG VON WILHELM KNAPP.

1886.



DIE PHOTOGRAPHIE

ASTRONOMIE, METEOROLOGIE
UND PHYSIK

Alle Rechte vorbehalten.



Z: 41909

F 109

7.203

INHALT.

SPEZIELLER THEIL.

DRITTES KAPITEL.

DIE ASTRONOMISCHE PHOTOGRAPHIE.

	Seite
I. DIE OPTISCHEN UND TECHNISCHEN HILFSMITTEL ZUR ASTRONOMISCHEN PHOTOGRAPHIE	1
Vortheile der photographischen Sternbeobachtungen S. 1. — Spiegelteleskop zu genanntem Zwecke S. 2. — Refraktionsfernrohr S. 3. — Brechung der Lichtstrahlen in den verschiedenen Teleskopsystemen S. 4. — Das Altazimuth S. 5. — Eintheilung des Himmelsgewölbes S. 5. — Mikrometer und Nonius S. 6. — Einrichtung auf Sternwarten S. 7. — Spiegelteleskop von Secretan S. 8. — von Merz S. 9. — John Browning's photographisches Teleskop S. 10. — Photographisches Teleskop zu Wilna S. 12. — zu Greenwich S. 14. — Astronomisch-photographische Methode auf der Sternwarte zu Bothkamp S. 16. — Secchi's photographisches Fernrohr S. 20. — Momentanverschlüsse zu photographischen Teleskopen S. 23. — Das fokale Bild in der astronomischen Photographie S. 24.	
2. DIE RESULTATE DER ASTRONOMISCHEN PHOTOGRAPHIE	26
1. Die Astrophotographen	26
2. Photographische Darstellungen der Sonne	28
a. GESTALT DER SONNE	28
Herschel's Anschauung S. 29. — Spektralanalytische Untersuchungen S. 30. — Natur der Sonnenflecke S. 31. — Photographische Sonnenbilder S. 33.	
b. SONNENFINSTERNISSE	33
Photographie der Sonnenfinsterniss vom Jahre 1851 S. 35. — vom Jahre 1860 S. 35. — vom Jahre 1869 S. 35. — Secchi's Photographie von 1860 S. 36. — Sonnenfinsterniss-Expedition des norddeutschen Bundes vom Jahre 1868 S. 37 (Zusatzbemerkung hierzu S. 189). — Photogramme der Sonnenfinsterniss vom Jahre 1868 S. 40—43. — Sonnenfinsterniss vom Jahre 1869, amerikanische Expedition S. 45. — Sonnenfinsterniss-Photographie von Davis vom Jahre 1871. S. 48.	

	Seite
3. Der Mond	49
Erste Versuche zur photographischen Darstellung des Mondes S. 49. — Mondkarte von Mädler S. 50. — Warren de la Rue's einschlägige Arbeiten S. 52. — Schema der Mondoberfläche S. 53. — Rutherford's Mondphotographien S. 54. — Libration des Mondes S. 56. — Stereoskopisches Doppelbild des Mondes S. 58. — Die Ringgebirge des Mondes S. 59. — Gestalt und Form der Mondoberfläche S. 60. — Mondkarte S. 63. — Mondphotographien von Schröder S. 64.	
4. Photographische Darstellung der Sterne	65
a. FIXSTERNE, PLANETEN UND KOMETEN	65
Arbeiten von Warren de la Rue S. 65. — Doppelsterne S. 66. — Abbildung der Fixsterne S. 66. — Photographie der Planeten S. 67. — Arbeiten von Draper in New-York S. 68. — Kometenphotographie S. 69 (Zusatzbemerkungen hierzu S. 190). — Photographisch-astronomische Messungen S. 71	
b. DER VENUSDURCHGANG	74
Einleitende Bemerkungen S. 74. — Durchgang des Merkurs vor der Sonne S. 76. — Berechnung der Sonnenentfernung S. 77. — Berechnung der Sonnenparallaxe S. 79. — Heliometer S. 80. — Die Venusexpeditionen S. 82—90. — Photographische Abbildung des Venusdurchganges S. 91. — Resultate S. 93 (Zusatzbemerkungen S. 192).	
5. Die photographische Bestimmung der geographischen Länge und Ortszeit	93
Das Phototeleskop S. 97. — Konstruktion der astronomischen Kassetten für Zeitmessungen S. 99. — Mechanismus der astronomischen Apparate für photographische Zeitmessungen S. 101. — Photographische Berechnung der Ortszeit S. 103. — Mikrometrische Messungen an Sonnenbildern S. 105. — Kritik des Verfahrens S. 107.	

VIERTES KAPITEL.

DIE METEOROLOGISCHE PHOTOGRAPHIE.

1. DER THERMOGRAPH (PHOTO-PSYCHROGRAPH)	111
Meteorologische Aufzeichnungs-Methode S. 113. — Zeitbestimmung bei Thermographen S. 114. — Thermograph S. 116. — Thermographische Kurven S. 118.	
2. DER BAROGRAPH	119
Prinzip desselben S. 120. — Dessen Konstruktion S. 121. — Die mit demselben gewonnenen Resultate S. 122. — Barometer-Kurven S. 123.	
3. DER HYGROGRAPH	124
4. DIE MAGNETOGRAPHEN	125
Deklinationsmagnetnadel S. 126. — Inklinationsmagnetnadel S. 126. — Messinstrumente der magnetischen Kraft S. 127. — Magnetische Strömungen auf der Erde S. 128. — Magnetische Kurven S. 129. — Bau des Magnetographen S. 130—132.	

	Seite
a. Der Deklinations-Magnetograph	133
Deklinationskurven S. 134.	
b. Der Inklinations-Magnetograph	135
Inklinationskurven S. 136.	
c. Der Intensitäts-Magnetograph	137
Intensitätskurven S. 138.	
d. Gesamtansicht der Magnetographen zu Kew	139
Die photographischen Prozesse bei Aufzeichnung magnetischer Kurven S. 140.	
5. PHOTOGRAPHIE IN DEN MEERESTIEFEN	141
Methode der deutschen Seewarte S. 141. — Methode von Bazin S. 142 — von Carey S. 142.	
6. PHOTOGRAPHISCHER FLUTHENMESSER	143
Konstruktion desselben S. 145.	

FÜNFTES KAPITEL.

DIE PHOTOGRAPHIE IM DIENSTE PHYSIKALISCHER FORSCHUNG.

I. PHOTOGRAPHISCHES ELEKTROMETER. PHOTOGRAPHIE DES ELEKTRISCHEN FUNKENS UND DES BLITZSTRAHLS	146
a. Photographisches Elektrometer	146
Gewöhnliches Elektrometer S. 146. — Photoelektrograph S. 147.	
b. Photographie des elektrischen Funkens und des Blitzes	148
Arbeiten von Feddersen S. 148. — Arbeiten des Verfassers S. 151. — Photographie elektrischer Funken S. 152. — Photographische Arbeiten von Ducretet S. 154. — Der differente photographische Eindruck von positiver und negativer Elektrizität S. 155—158. — Photographie der Blitze S. 158. — Photographie des Nordlichts S. 192.	
2. PHOTOGRAPHIE DER TÖNE	159
Lissajous' Klangfiguren S. 159. — Aufschreiben der Töne auf berusste Cylinder S. 160. — Optische Darstellung der Töne S. 161. — Ton-Licht- kurven S. 161. — Photographie der Stimmgabelschwingungen S. 161 bis 164. — Schwingende Saiten S. 165 — Photographie der Töne von Saiteninstrumenten S. 166. — Photographie der Akkorde S. 167. — Photographie gesungener Töne S. 168. — Photographische Darstellung manometrischer Flammen S. 171. — Photographie schwingender Mem- branen S. 192.	
3. ÜBER PHOTOELEKTRISCHE MESSUNGEN MINIMALER ZEITEINHEITEN	173
Begriff minimaler Zeiteinheiten S. 173. — Methode zur photographischen Darstellung derselben S. 176—184. — Beispiel der photographischen Geschwindigkeitsmessung der Nervenleitung S. 177. — Die zugehörigen	

	Seite
Apparate S. 179—181. — Berechnung der Zeiteinheiten aus den gewonnenen photographischen Kurven S. 182—184. — Photographie fallender Körper S. 185. — Berechnung der Fallzeit aus den betreffenden Photographien S. 185.	
4. PHOTOGRAPHIE DER INTERFERENZ-, BEUGUNGS- UND POLARISATIONS-ERSCHEINUNGEN DES LICHTES	186
Grundbegriffe S. 186. — Photographischer Polarisationsapparat S. 187. — Verschiedene Methoden der Anwendung S. 188.	
ANMERKUNGEN UND ZUSÄTZE	189
Berichtigung betreffend die norddeutsche Sonnenfinsterniss-Expedition vom Jahre 1868 S. 189. — Sternschnuppen-Photographie S. 190 — Entdeckung eines Sternnebels durch die Photographie S. 191. — Zur Photographie des Venusdurchgangs auf den Aucklandinseln S. 192. — Photographie des Nordlichts S. 192. — Photographie schwingender Membranen S. 192.	

ERKLÄRUNG DER ASTRONOMISCHEN TAFEL.

- Fig. 1. Sonne mit Sonnenflecken, aufgenommen von Rutherford in New-York. Vgl. S. 28—33.
- Fig. 2. Sonnenfinsterniss vom 7. Aug. 1869. Aufgenommen gegen das Ende der Totalität von Dr. B. A. Gould in Burlington (Jowa), Vereinigte Staaten von Nordamerika. Vgl. S. 33—49.
- Fig. 3. Sonnenfinsterniss vom 12. Dezember 1871. Bild der Korona. Aufgenommen in Tjilentap auf Java mit einem stationären Apparate und lichtstarkem Portrait-Objektiv von C. Dietrich, Photograph in Buitenzorg auf Java. (Expositionszeit $\frac{1}{3}$ Sekunde). Vgl. S. 33—49.
- Fig. 4. Photographisches Sonnenspektrum mit den Fraunhofer'schen Linien von *D* bis in die ultraviolette Region *P*. Vgl. Band I S. 83—89.
- Fig. 5. Mondphase, von Rutherford in New-York aufgenommen. Erstes Viertel. Vgl. S. 49—64.
- Fig. 6. Mondphase, von Rutherford in New-York aufgenommen. Letztes Viertel. Vgl. S. 49—64.

(Zum Bedauern des Verfassers wurde der Ausführung dieser Tafel von Seiten der mit dem bezüglichen Drucke betrauten Firma nicht diejenige Aufmerksamkeit gewidmet, als solches bei Darstellung der in der ersten Auflage vorfindlichen gleichartigen astronomischen Tafel der Fall gewesen ist. Die für die Ausgabe der Lieferung einzuhaltende Zeit gestattete es nicht mehr, nach den im Besitze des Verfassers befindlichen Originalen ein neues für den Lichtdruck geeignetes Negativ anfertigen zu lassen.)

SPEZIELLER THEIL.

DRITTES KAPITEL.

DIE ASTRONOMISCHE PHOTOGRAPHIE. *)

I. DIE OPTISCHEN UND TECHNISCHEN HILFSMITTEL ZUR ASTRONOMISCHEN PHOTOGRAPHIE.

Die Vortheile, welche die Anwendung der Photographie auf das Studium der Gestirne und für die Aufzeichnung der Sternbahnen darbietet, lassen sich nach drei Richtungen betrachten; erstens in Bezug auf die Wiedergabe der physischen Gestalt der Himmelskörper selbst (Photographien der Sonne, des Mondes, der Planeten und Kometen), zweitens in Betreff der relativen Stellung zweier Gestirne zu einander (Sonnenfinsternisse — Doppelsterne — Sternbilder) und drittens rücksichtlich der auf den gewonnenen Photographien vorzunehmenden Messungen und Berechnungen (Planeten-Vorübergänge — Mond- und Sonnenkarten, Spektren der Gestirne etc.).

Als Vorzug der photographischen Beobachtung vor jener mit dem Auge ist vor Allem der Umstand zu nennen, dass sie den Beobachter mit allen Fehlerquellen, welche aus der Unvollkommenheit seiner Sinne, seiner Voreingenommenheit und augenblicklichen Disposition hervorgehen, mit einem Worte: dass sie die verdächtige Vermittelung unserer Sinnesthätigkeit eliminirt und an deren Stelle,

*) Die Neubearbeitung des vorliegenden Kapitels: „astronomische Photographie“, verdankt der Verfasser der Güte des Direktors der Sternwarte zu Prag, Herrn Professor Dr. L. Weinek, welcher sich der mühevollen Arbeit unterzogen hat, den Text der im Jahre 1876 erschienenen ersten Bearbeitung dieses Kapitels zu revidiren und durch viele eigene Zusätze und Verbesserungen mit dem heutigen Standpunkte der astronomischen Wissenschaft in Einklang zu bringen. Es stammen demnach die, in der ersten Auflage nicht enthaltenen, neu zugefügten Erörterungen zum grössten Theil aus der Feder des genannten Forschers und verfehlen Verfasser und Verleger des Gesamtwerkes nicht, Herrn Professor Dr. Weinek hiermit ihren innigsten Dank für seine bezügliche Mühewaltung auszusprechen.

sobald die dem optischen Apparate anhaftenden Fehler erkannt sind, vollkommen Wahres liefert. Bei momentanen Erscheinungen, welche selbst der geübte Zeichner nur in der Erinnerung und deshalb nur ungenügend festzuhalten vermag, ist sie geradezu unersetzlich. Endlich liefert sie unvergängliche Aufnahmen der himmlischen Objekte, welche gleichsam eine Chronik des Himmels bilden, aus welcher zu allen Zeiten von den verschiedensten Interpreten geschöpft werden kann. Die Photographie der Gestirne bietet aber besondere Schwierigkeiten, da einestheils die zu photographirenden Objekte infolge der täglichen scheinbaren Umdrehung des Himmelsgewölbes beständig ihren Ort verändern, und andernteils viele derselben überaus lichtschwach sind. Der erste Umstand erheischt die Anwendung von Instrumenten, welche, drehbar um eine zur Erdaehse parallele Richtung und getrieben durch ein vorzügliches Uhrwerk, dem Sterne in seiner täglichen scheinbaren Bahn genau folgen. Dazu ist es noch bei lichtschwachen Objekten mit Eigenbewegung, wie den Kometen, nothwendig, in Benützung eines an demselben Stative angebrachten zweiten Fernrohres die Abweichungen von jener täglichen Bewegung fortlaufend und sorgfältig mit den betreffenden Schlüsseln des Instrumentes zu korrigiren. Die Bewältigung der zweiten Schwierigkeit erfordert dagegen sehr lichtstarke Instrumente und ein möglichst sensibles photographisches Verfahren. Die auf solche Weise erhaltenen Bilder müssen sobald sie zu astronomischen Messungen dienen sollen, vollständige Naturtreue besitzen d. i. bei vollkommener Schärfe des Bildes von jeder Verziehung der photographischen Schicht und jeder Verzerrung durch den optischen Apparat frei sein.

Um Alles das zu erreichen, ist in erster Linie eine in einen Rahmen eingelassene mattgeschliffene Scheibe in der Weise mit dem zu benutzenden Fernrohre in Verbindung zu bringen, dass die Linsen- und Spiegelsysteme ein objektives Bild auf der erwähnten Glasplatte zu erzeugen im Stande sind. Dieses Bild muss je nach Entfernung und Grösse des zu photographirenden Weltkörpers durch Verschiebung des Okulars scharf auf der matten Scheibe eingestellt werden können. Eine Vorrichtung, die matte Scheibe mit einer lichtempfindlichen präparirten Platte zu vertauschen, muss selbstverständlich getroffen werden.

Spiegelteleskope eignen sich zur astronomischen Photographie besser als Linsenfernrohre. Während der Lichtverlust bei den erstgenannten Instrumenten selbst bei zweimaliger Spiegelung mittels gut gesilberter Glasspiegel nur ca. 17 Prozent beträgt, erreicht er bei

den Objektiven der besten Linsenfernrohre gegen 23 Prozent. Ferner sind die Spiegelteleskope, da sie das Licht nur reflektiren und nicht brechen, wie dies bei den Refraktoren geschieht, von dem Fehler der Farbenzerstreuung frei.

Das Refraktionsfernrohr, auch dioptrisches Fernrohr oder kurz Refraktor genannt, ist bekanntlich aus brechenden Linsensystemen zusammengesetzt, während das Reflexionsteleskop oder katoptrische Fernrohr, auch einfach Teleskop genannt, aus einer Kombination spiegelnder Flächen besteht.

Vergegenwärtigen wir uns in Kürze die optischen Systeme der beiden Instrumente. In Figur 1 begegnen wir dem Refraktionsrohre. Es ist aus zwei Linsensystemen zusammengesetzt, dem kleineren Okulare und dem grösseren Objektiv. — Das durch die Objektivlinse R gebildete, im Tubus des Fernrohres entstehende reelle Bild ab (Fig. 2) des im Weltraum gedachten Körpers $A B$ wird durch das Okular S vergrössert in einiger Entfernung bei $A' B'$ wahrgenommen. — Der Reflektor dagegen, Fig. 3, und Fig. 4, besteht aus einer Kombination der Okularlinse mit reflektirenden Spiegeln. Das Okular kann an dem einen Ende des Teleskops oder seitlich angebracht sein; die von $A B$ kommenden Strahlen werden durch den Hohlspiegel $M M$ in den kleinen Spiegel m reflektirt und von hier aus in das Auge des Beschauers geworfen, welcher sich hinter dem in der Mitte durchbohrten Hohlspiegel $M M$ befindet. Das Auge versetzt mit Hilfe des Okulars das vergrösserte Bild $A' B'$ in die Verlängerung der Strahlen $a A'$ und $b B'$. In Fig. 4 ist das Okular seitlich angebracht und wird daher das Bild von der betreffenden Richtung aus wahrgenommen, d. h. direkt indem Spiegel m beobachtet. (Vergl. die Abbildungen der Teleskope S. 8 und 9.)

Die wesentlichen Instrumente zur genauen Bestimmung des Ortes der Gestirne an der Sphäre sind, entsprechend den in der Astronomie gebräuchlichen Fundamentalebene des Horizontes und Aequators: das Altazimuth (altitudo et azimuth), auch Universalinstrument genannt, und die vereinfachte Art desselben, der Mittagskreis, ferner das Aequatorealinstrument. Das Altazimuth dient sowohl dazu, die

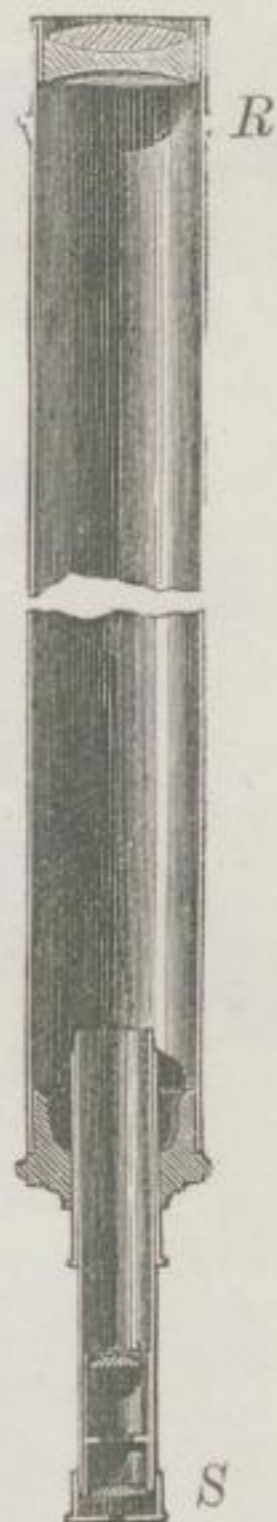


Fig. 1. Stellung der Linsen im Refraktor.

Höhe der Gestirne, als auch den Winkel zwischen den Vertikalkreisen derselben und dem Meridiane des Beobachtungsortes d. i. ihr Azimuth zu bestimmen; ein solches Instrument ist in Fig. 5 dargestellt. Es besteht bekanntlich im Wesentlichen aus zwei feingetheilten Kreisen

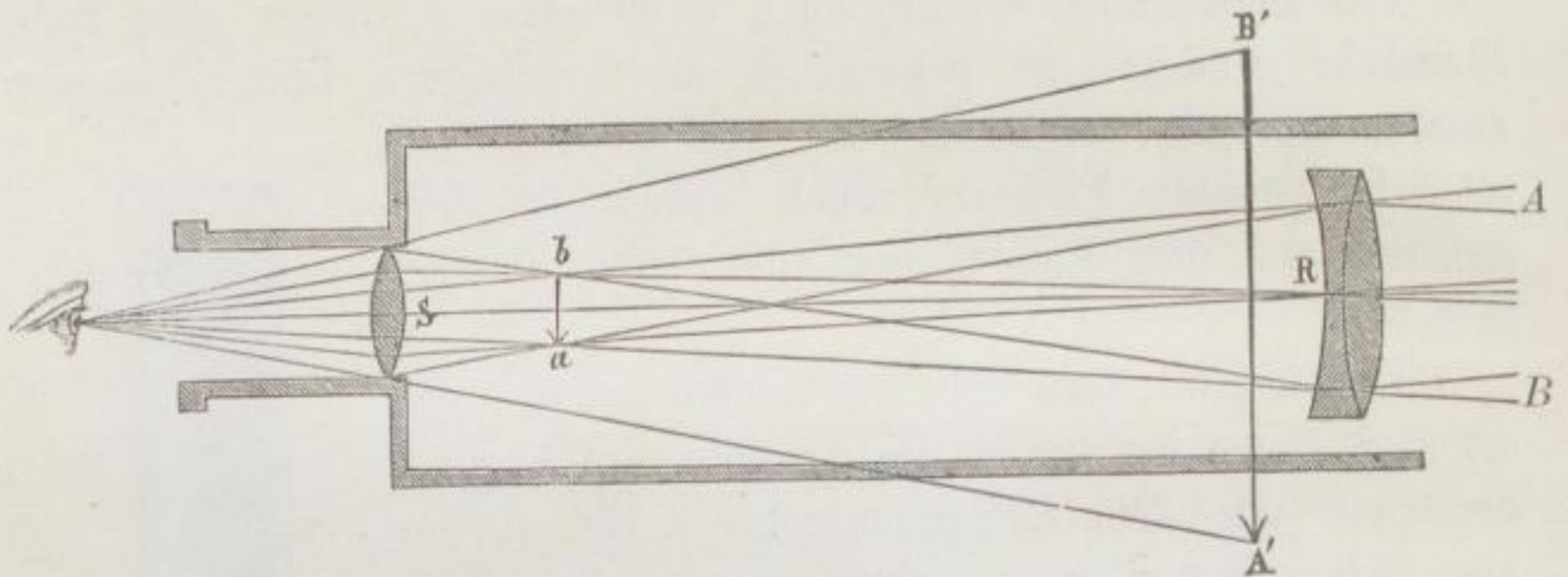


Fig. 2. Brechung der Lichtstrahlen im Refraktor.

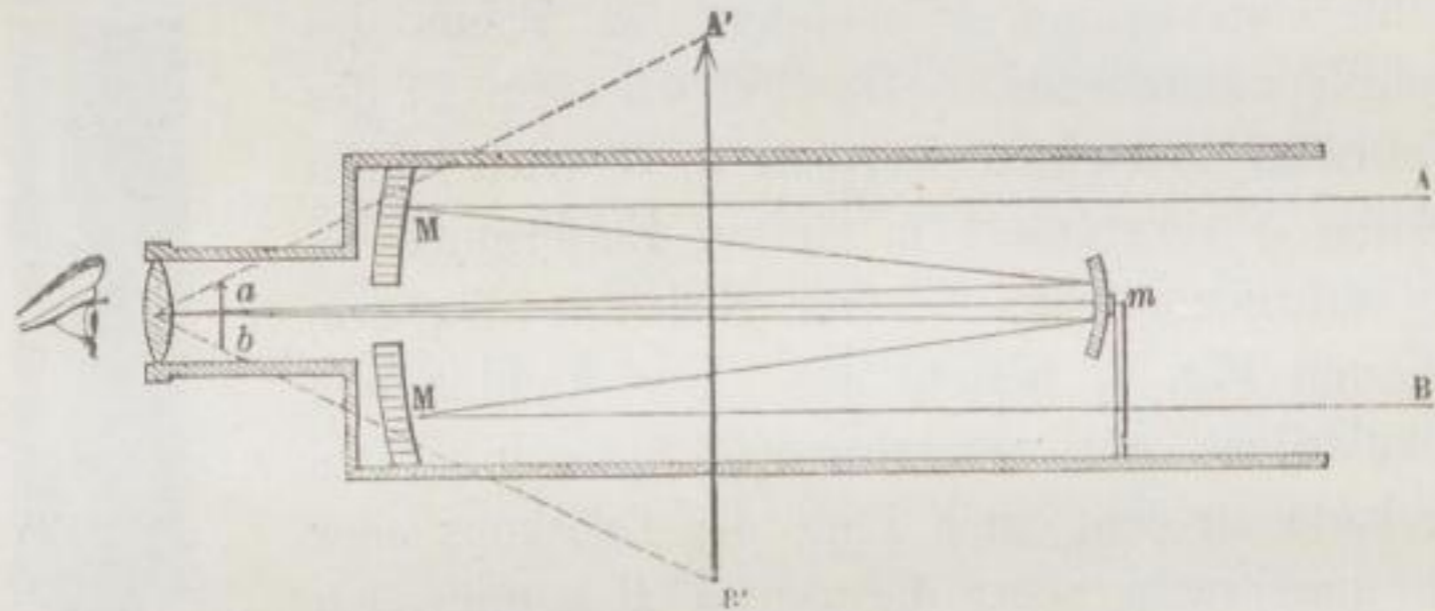


Fig. 3. Spiegelung der Lichtstrahlen im Reflektor.

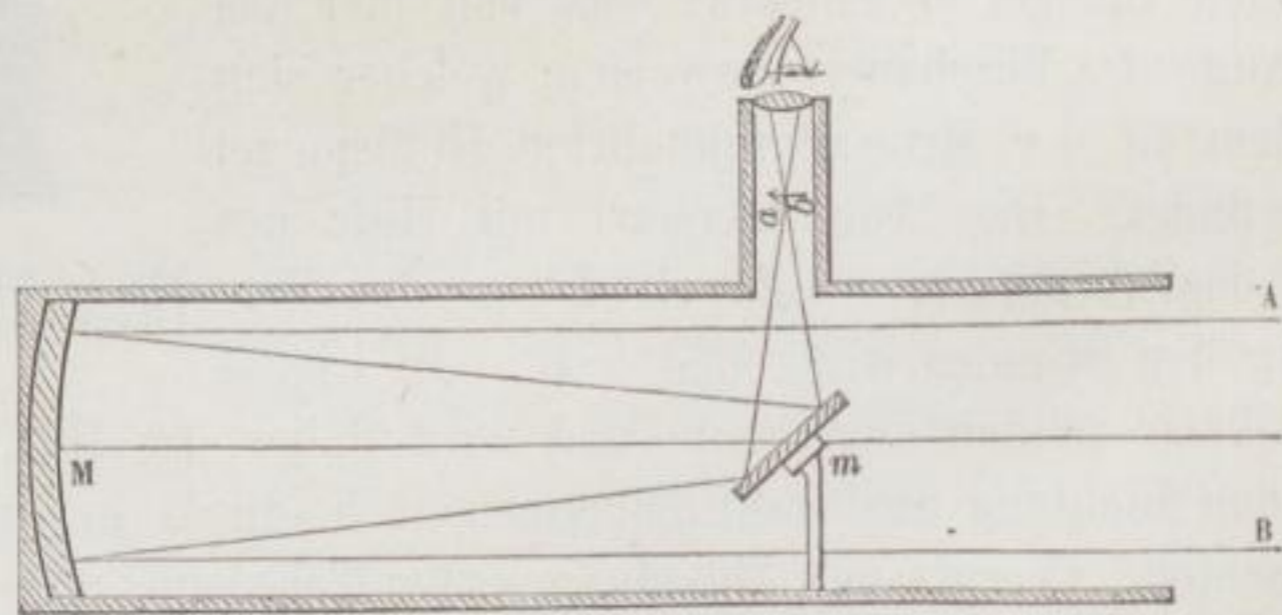


Fig. 4. Seitliche Stellung des Okulars am Reflektor.

Q und C ; die Fusschrauben VV dienen zum Horizontalstellen; das neben dem Kreise C befindliche Fernrohr L lässt sich sowohl in der Achse X als in der Achse Y nach allen Richtungen des Himmels stellen und wird der Drehungswinkel desselben durch Ablesen mittels

Nonien und kleiner Loupen oder bei feineren Instrumenten mittels Mikroskopen, die mit Fadenmikrometern versehen sind, bewerkstelligt.

Ein zweites Fernrohr L' dient dazu, Stellung und Richtung des Apparates zu kontrolliren, während die Metallmasse P dem oberen Instrumente das Gegengewicht hält. Wenn dasselbe richtig aufgestellt und nivellirt ist, sollen die Nullpunkte des Nonius (Fig. 6) auf die Zahlen Null und 180 der Theilung der beiden feingetheilten Kreise zeigen. Richtet man das Fernrohr höher oder tiefer, so kann die Grösse der Drehung an den Nonien bei m und m' abgelesen werden. Im Okulare des Fernrohres befindet sich ein Mikrometerapparat (Fig. 7), mit welchem der Durchmesser der Gestirne oder die gegenseitige Entfernung zweier Gestirne gemessen wird.

Der Mittagskreis oder Meridiankreis ist ein Altazimuth ohne Horizontkreis, dessen Fernrohr sich nur in einem bestimmten Vertikalkreise und zwar in jenem des Meridianes zu bewegen vermag.

Alle durch die Weltachse NS Fig. 8 gelegten Ebenen schneiden die Himmelskugel in grössten Kreisen,

welche den Namen der Deklinationskreise führen. Durch jeden Stern kann man sich einen Deklinationskreis gelegt denken, welcher naturgemäss rechtwinklig auf der Ebene des Aequators AQ zu stehen kommt. Der Viertelkreis NOC Fig. 8 ist ein Theil des einem Sterne O angehörigen Deklinationskreises. Das Bogenstück OC dieses Deklinationskreises, welches zwischen dem Sterne und dem Aequator liegt, nennt man die Deklination, oder die nördliche und südliche Abweichung eines Sterns oberhalb und unterhalb vom Aequator.

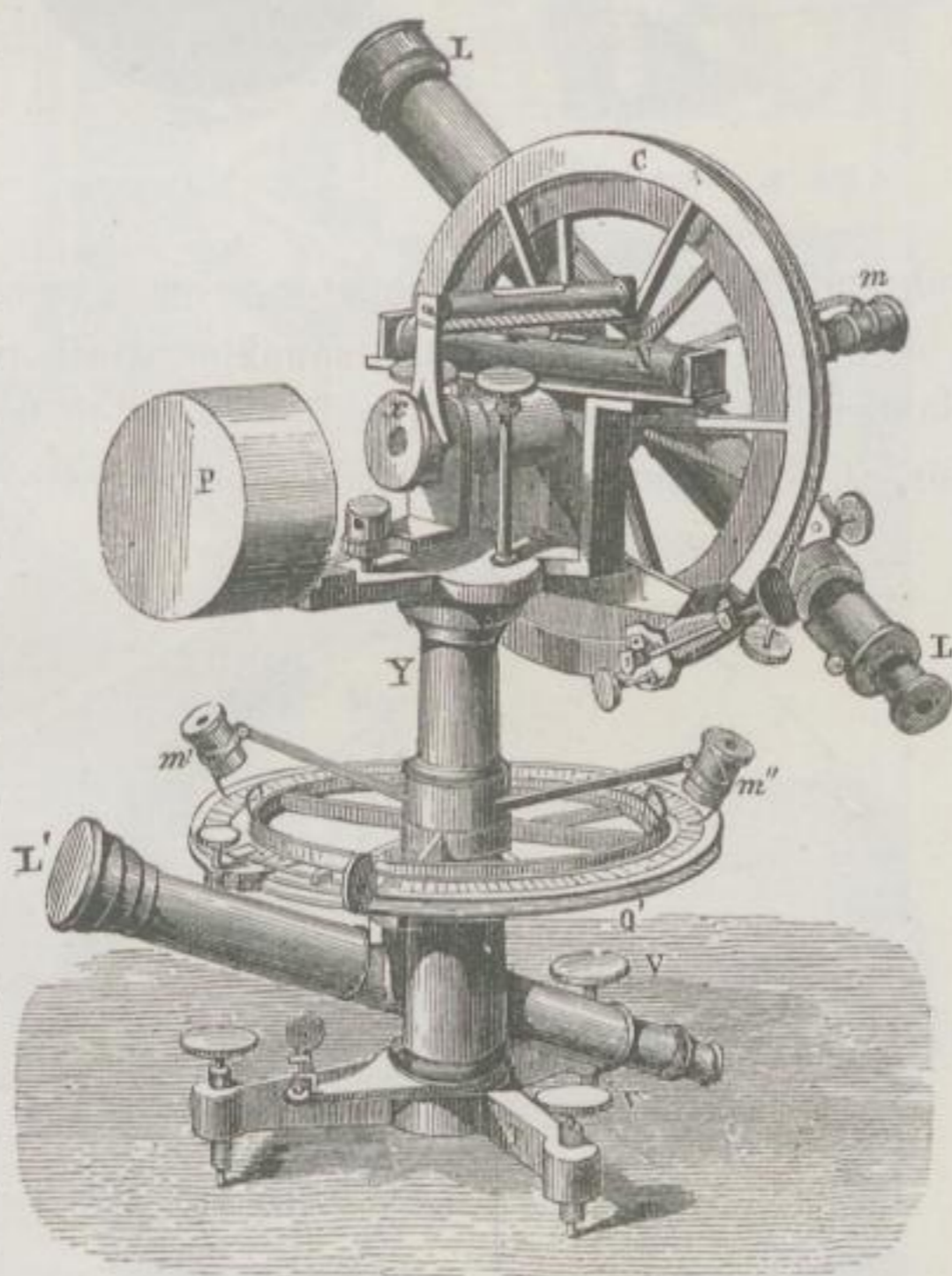


Fig. 5. Das Altazimuth.

Der Bogen ON , das heisst die Entfernung des betreffenden Gestirnes vom Nordpole N , ist dessen Nord-Poldistanz; Poldistanz und Deklination ergänzen sich stets zu 90° . Der Winkel, welchen der Deklinationskreis NOC mit dem Meridian NZA beschreibt,

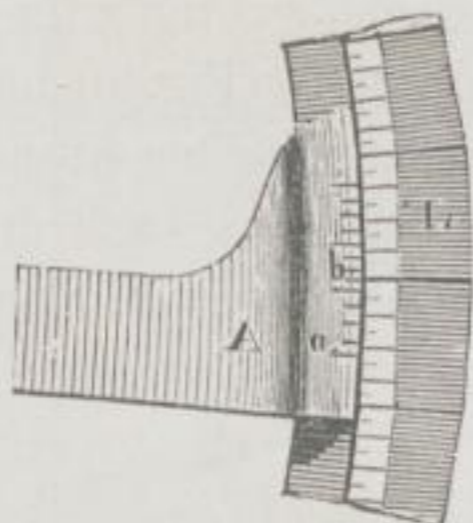


Fig. 6. Nonius.

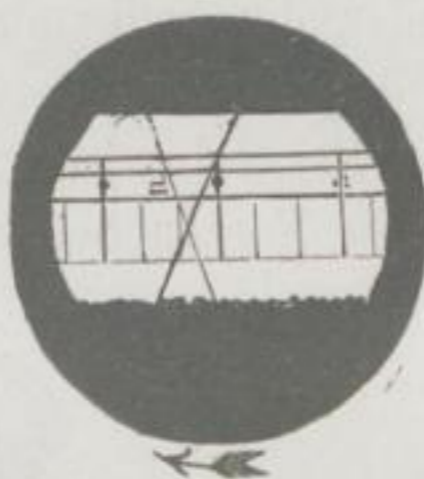


Fig. 7. Mikrometer.

vom Süden gegen West, Nord und Ost d. i. im Sinne der täglichen scheinbaren Bewegung der Gestirne gezählt, wird der Stundenwinkel genannt, welcher auf dem Aequator durch den Bogen AC messbar ausgedrückt ist,

während der Bogen des Aequators vom sogenannten Frühlingspunkte V , d. i. von dem Durchschnittspunkte zwischen Aequator und Ekliptik (Sonnenbahn) bis zum Deklinationskreis eines Sternes die Rektascension VC , oder gerade Aufsteigung genannt wird; dieselbe wird entgegen

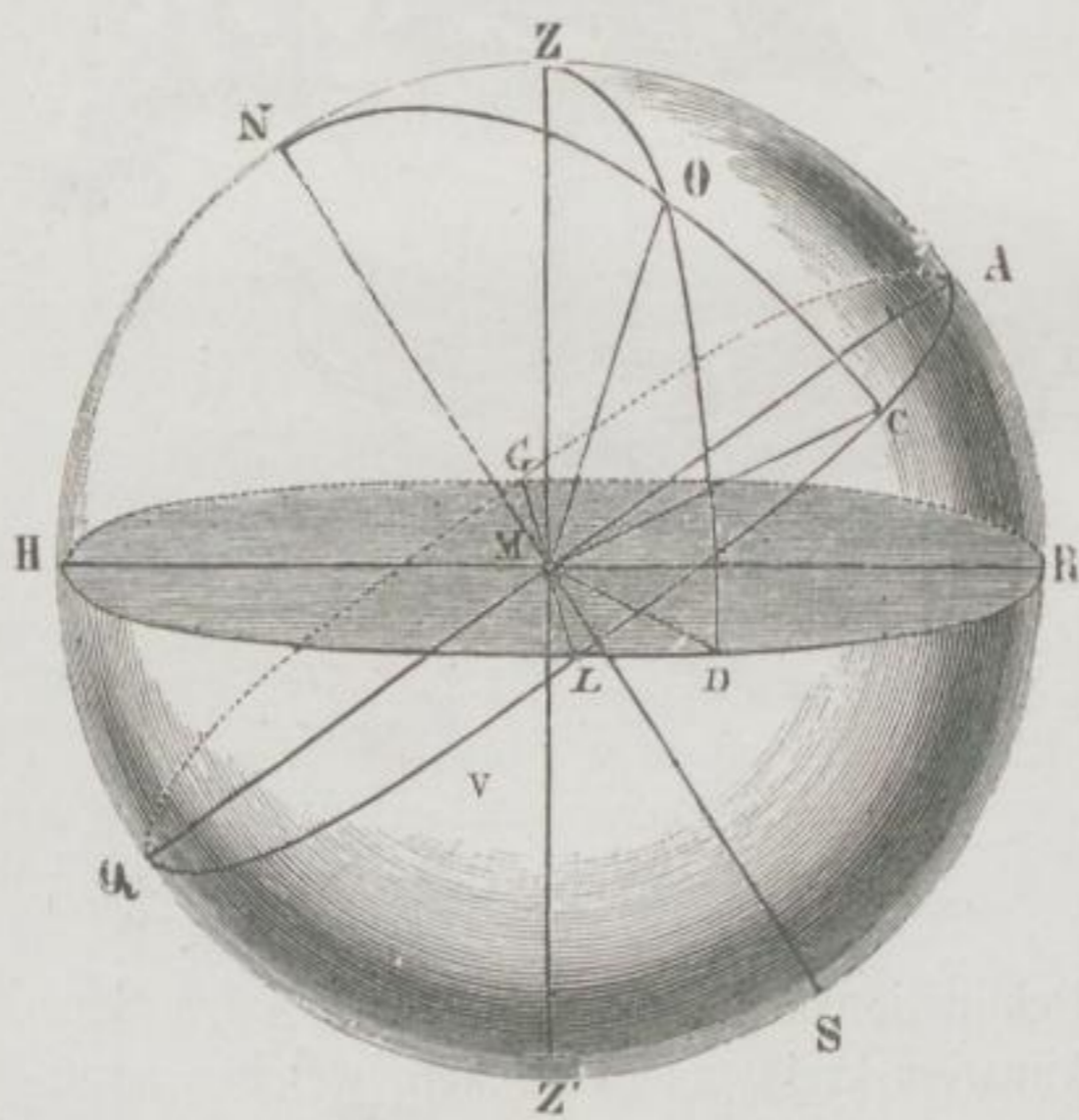


Fig. 8. Eintheilung des Himmelsgewölbes.

der täglichen scheinbaren Bewegung der Gestirne, also im Sinne der wahren Achsendrehung der Erde gezählt. Durch Rektascension und Deklination ist die scheinbare Stellung eines Weltkörpers am Himmel vollkommen bestimmt.

Der Unterschied zwischen Altazimuth und Aequatoreal besteht im Grunde genommen nur in der Aufstellung und könnte man jedes Altazimuth in ein Aequatoreal verwandeln, wenn man die Achse (Y Fig. 5) der Weltachse parallel stellen und entsprechend den Ring Q zur Ablesung der Stundenwinkel, den Ring C zur Ablesung der Deklination benutzen würde. Unsere Fig. 9, II, links vom Beobachter, stellt ein Fernrohr in

Der Unterschied zwischen Altazimuth und Aequatoreal besteht im Grunde genommen nur in der Aufstellung und könnte man jedes Altazimuth in ein Aequatoreal verwandeln, wenn man die Achse (Y Fig. 5) der Weltachse parallel stellen und entsprechend den Ring Q zur Ablesung der Stundenwinkel, den Ring C zur Ablesung der Deklination benutzen würde. Unsere Fig. 9, II, links vom Beobachter, stellt ein Fernrohr in

äquatorealer Aufstellung dar, wie sie auf Sternwarten zu finden sind. Die der Weltachse parallele Umdrehungsachse $A A$ ist durch die

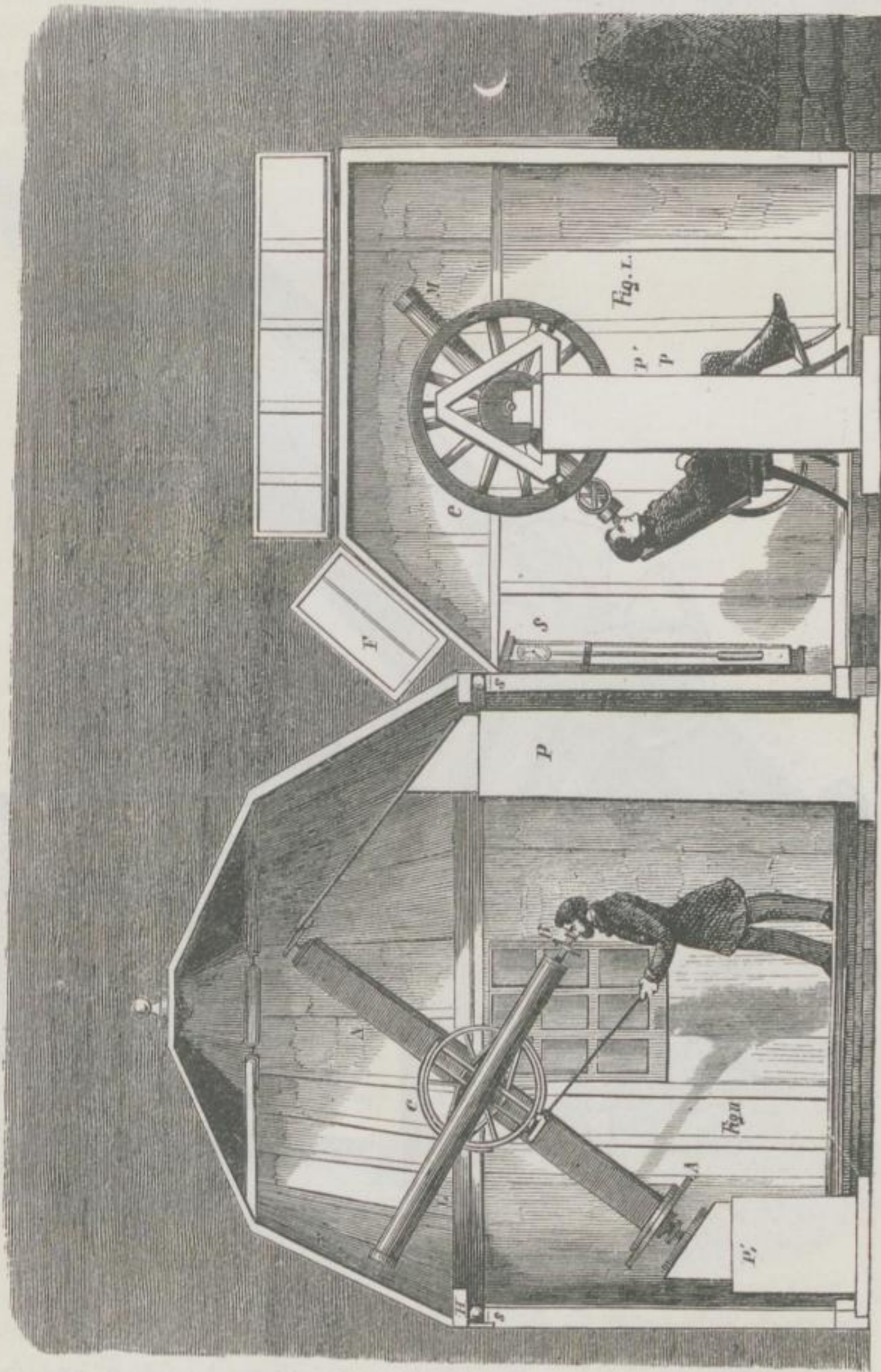


Fig. 9. Einrichtungen auf Sternwarten.

steinernen Pfeiler P, P' und eine obere Eisenstange getragen, A ist der Stundenkreis, C der Deklinationskreis. Der Nonius des Deklinationskreises steht auf Null, wenn die Achse des Fernrohres in der

Ebene des Aequators steht, also mit $A A$ einen rechten Winkel bildet. Das Instrument, Fig. 9 I, rechts vom Beobachter ist das Mittagsrohr oder das Passage-Instrument.

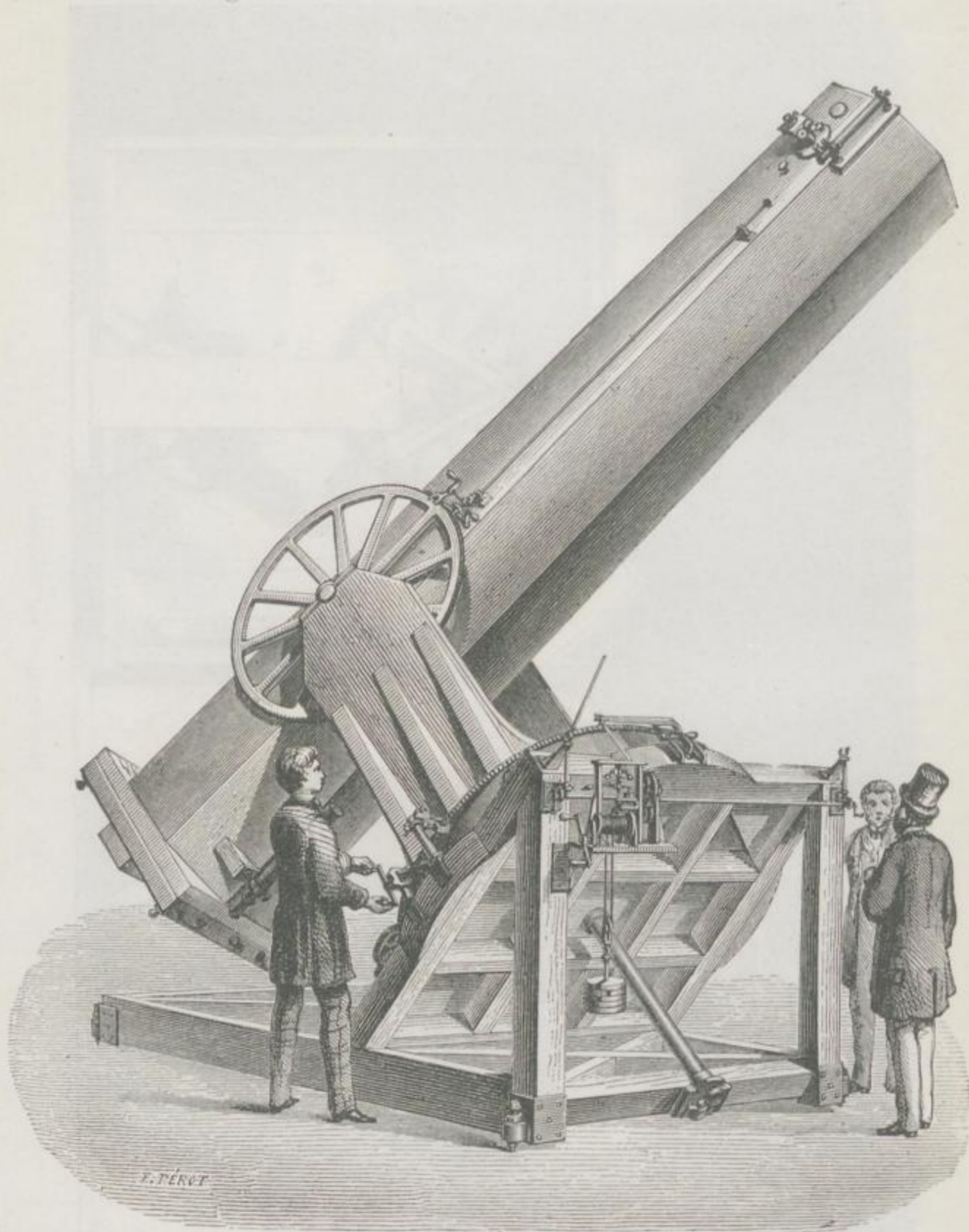


Fig. 10. Spiegelteleskop von Secretan.

Alle astronomisch-photographischen Apparate bestehen aus drei Theilen, dem mit den geschilderten Vorrichtungen versehenen Fernrohr, einem Uhrwerke, welches der scheinbaren Bewegung des Gestirnes, das photographirt werden soll, genau folgt, und der photo-

graphischen Vorrichtung, welche aus einer einfachen Kassette besteht, die vor das Okular des Fernrohres befestigt wird.

Fast ein jedes astronomische Fernrohr eignet sich, sobald es in eine äquatoriale Stellung gebracht werden kann, zum Photographiren; so z. B. das äquatorial aufgestellte Spiegelteleskop von Léon Fou-

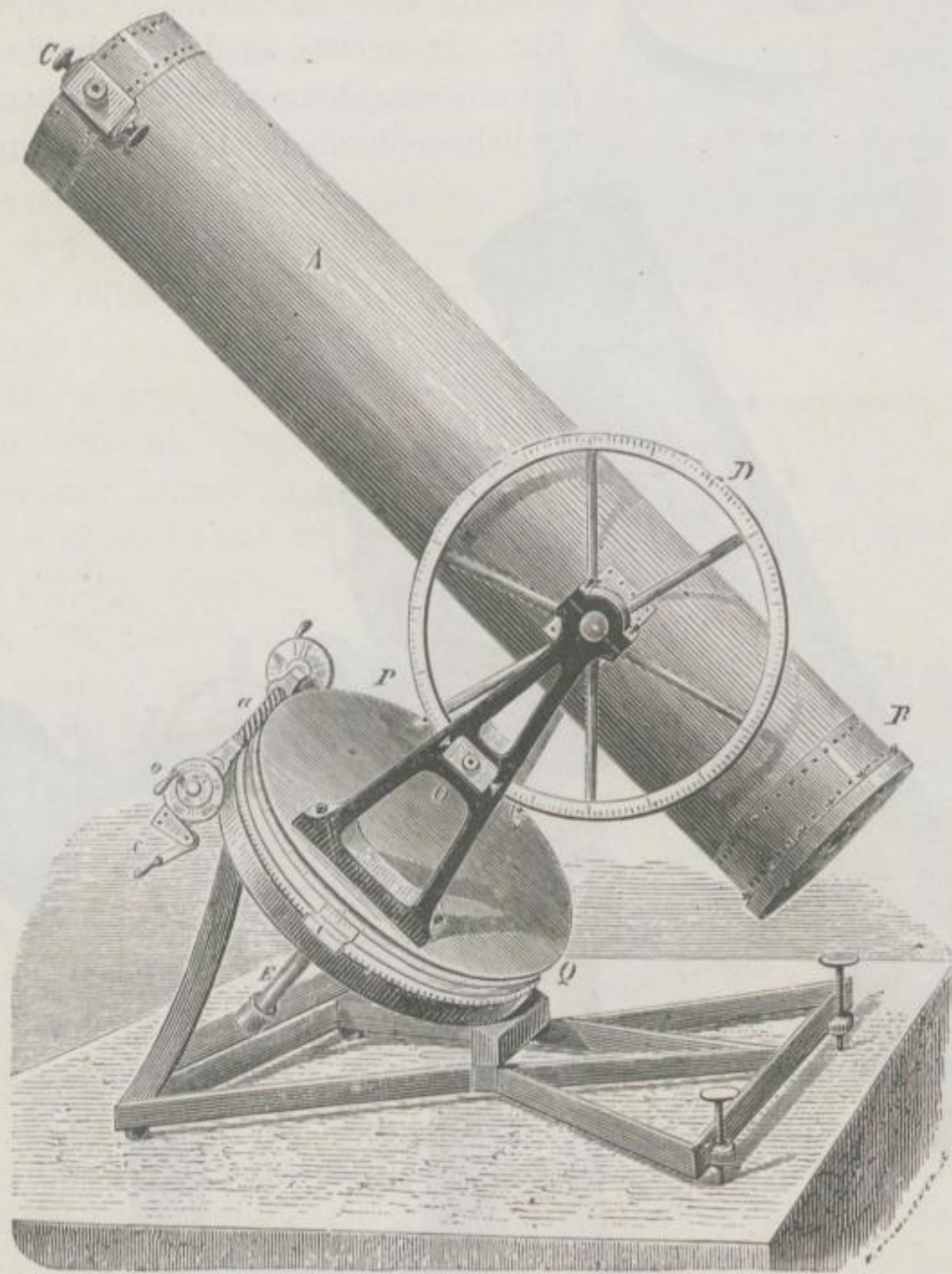


Fig. 11. Spiegelteleskop von Merz.

cault, welches von Secretan in Paris konstruirt worden ist (Fig. 10). Ganz analog diesem aus Tannenholzbrettern gezimmerten Instrumente ist das kupferne Merz-Fraunhofer'sche Instrumente gebaut (Fig. 11). *A B* ist der metallene Tubus des Teleskopes, die punktirte Linie *B* deutet den Reflexionsspiegel an. Seitlich oben in *C* befindet sich das Okular, durch welches vermittels eines Prisma das im Brennpunkte

des Spiegels dargestellte Bild dem Auge zugeführt wird. Der Stundenkreis ist in PQ , der Deklinationskreis in D gezeichnet. Um

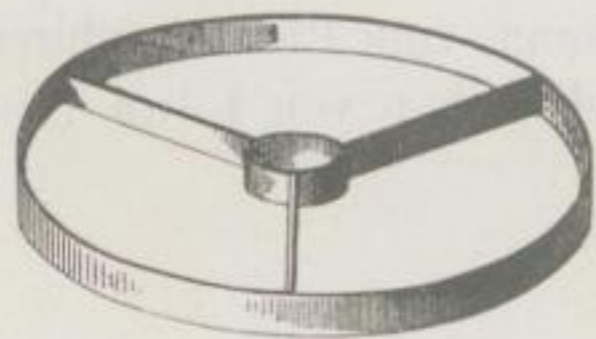


Fig. 12. Doppelring.

derartige Teleskope zur photographischen Darstellung der Himmelskörper benutzen zu können, wird das Okularstück bei C entfernt und durch einen Doppelring (Fig. 12) ersetzt; an den zentralen Ring dieser Vorrichtung wird die Camera mit der lichtempfindlichen Platte angeschraubt:

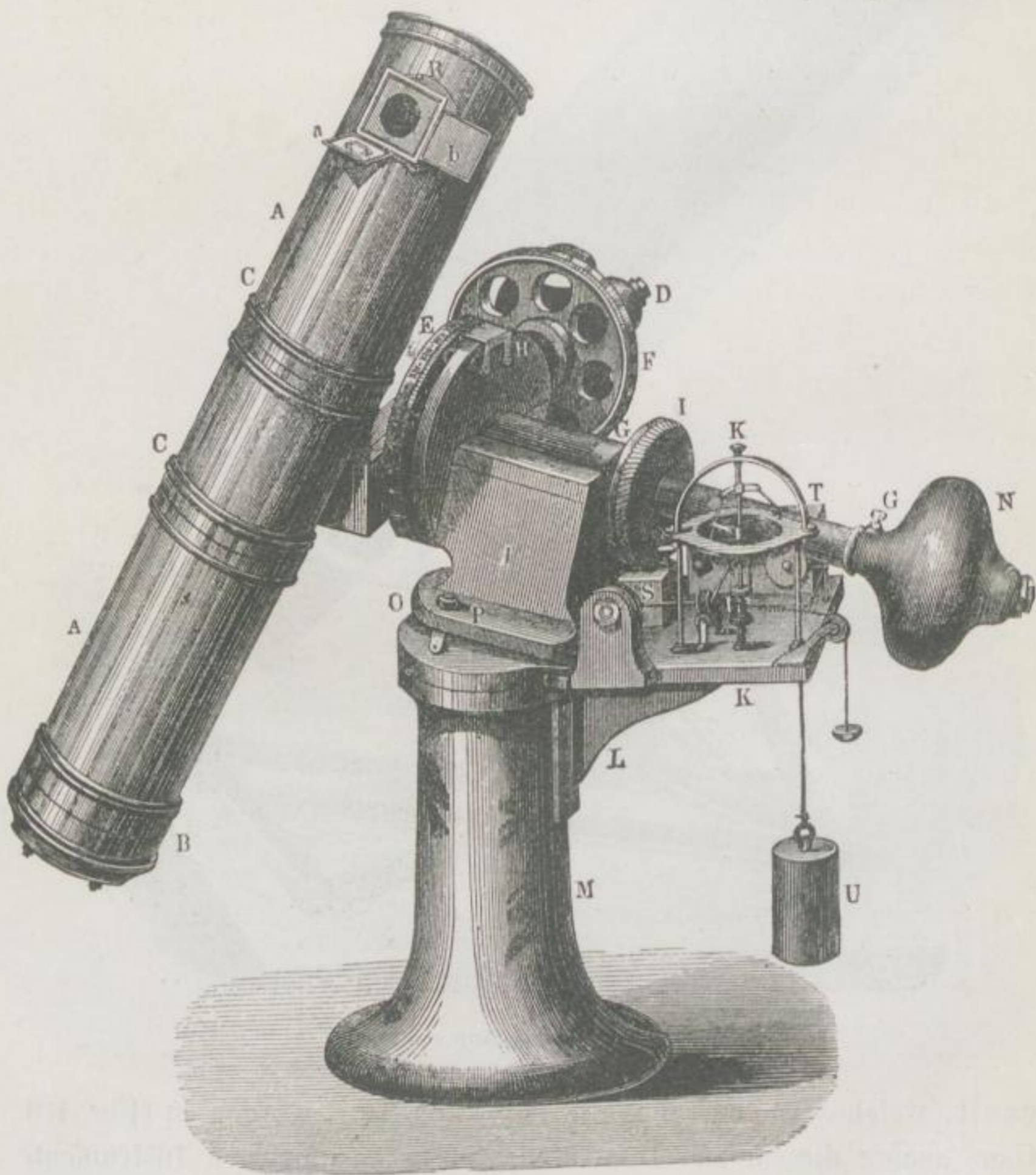


Fig. 13. John Browning's photographisches Teleskop.

der Ring dreht sich bei c in einem Schraubengewinde, sodass durch das Drehen des äusseren Ringes die auf drei Radialstangen gehaltene

kleine Camera mit ihrer matten Scheibe in ganz geringen Entfernungen auf und ab geführt werden kann, wodurch eine sehr genaue Einstellung ermöglicht wird. Die matte Scheibe und die Kassette für die lichtempfindliche Platte sind in einen Rahmen zum Zwecke der raschen Aufeinanderfolge von Einstellung und Aufnahme zusammengefügt.

Auch bei dem von John Browning in London angefertigten grossen Spiegelteleskope (Fig. 13), mit welchem bei der Sonnenfinsterniss am 18. August 1868 gearbeitet wurde, ist die photographische Einrichtung seitlich angebracht. Das Fernrohr *A A* ist mittels eiserner Ringe *c c* auf der Deklinationsachse befestigt und wird durch *D* im Gleichgewicht gehalten. Wir begegnen hier wieder, wie bei allen betreffenden Instrumenten in *E*, dem Stundenkreise, welcher auf dem Nonius *H* den Stundenwinkel und bei Kenntniss der Beobachtungszeit die Rektascension angiebt. Das Gewicht *N* kontrabalanzirt die ganze Vorrichtung,

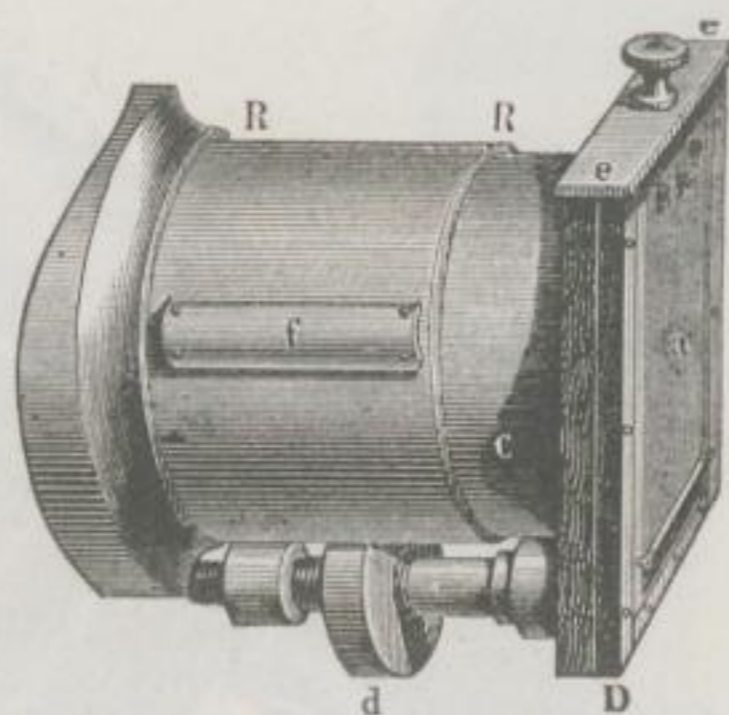


Fig. 14. John Browning's photogr. Okular.

das Gewicht *U* bewegt das treibende Uhrwerk, welches im Kasten *T* eingeschlossen ist. — Das Okularrohr *R* (Fig. 14) ist mit der Kassette *D* verbunden und wird seinerseits am oberen Ende des Tubus aufgeschraubt. In *d* Fig. 14 finden wir eine Mikrometerschraube für das Nähern und Entfernen des Okulars zum Behufe scharfer Einstellung auf der matten Scheibe, welche in die Kassette Fig. 15 eingelegt wird. Das in derselben sichtbare Fadenkreuz bildet sich bei jeder

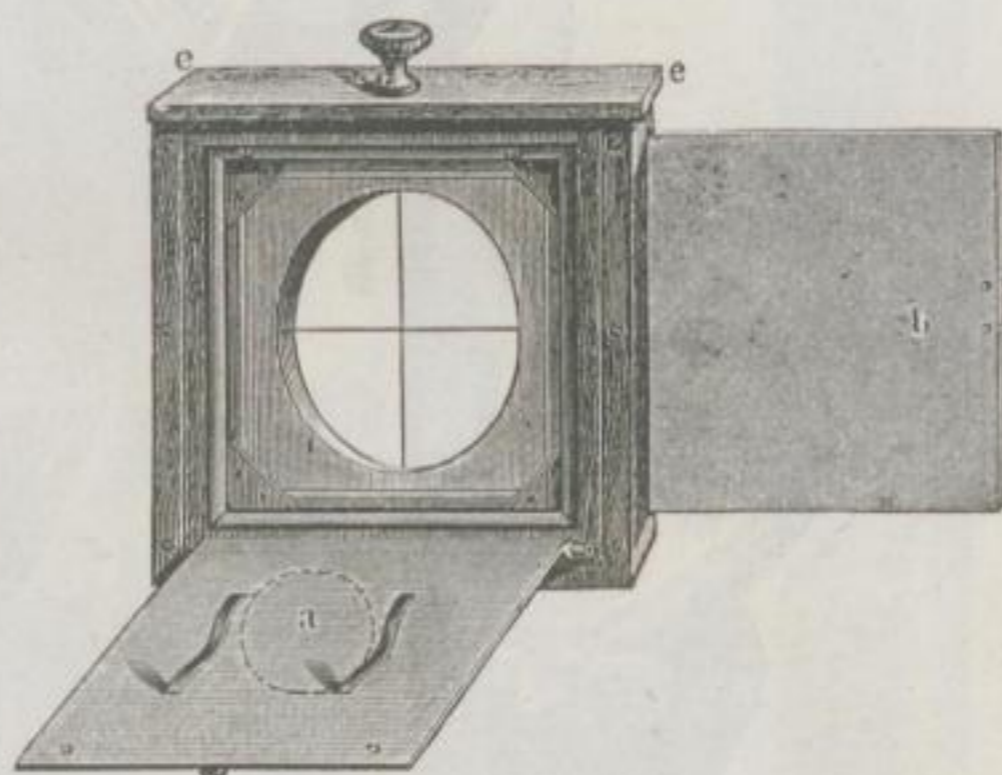


Fig. 15. Kassette zu Browning's photogr. Teleskop.

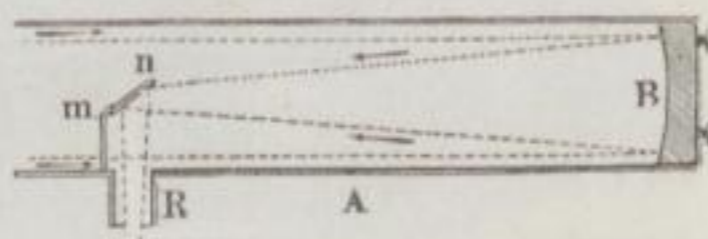


Fig. 16. Gang der Lichtstrahlen in Browning's photogr. Teleskop.

photographischen Aufnahme mit auf der Platte ab und bezweckt, dass die genaue Stellung der Sonnenscheibe auf jedem Bilde sich

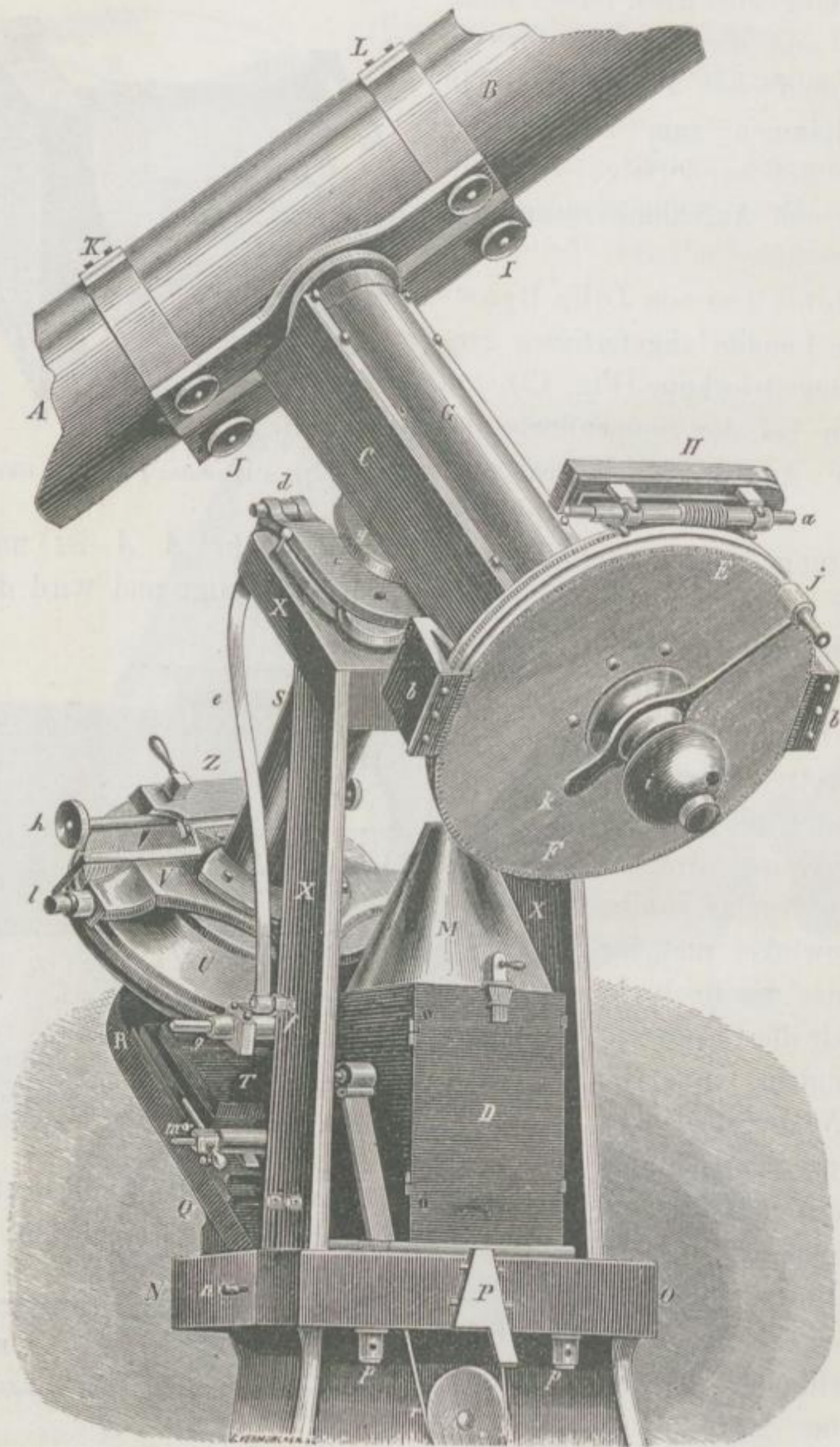


Fig. 17. Photographisches Uhrwerk am Wilnaer Fernrohre.

sofort deutlich zu erkennen gebe. Dem ganzen Apparate sind mehrere Kassetten beigegeben, welche zur Beschleunigung der Aufnahmen

hinter einander eingeschoben und später gemeinsam entwickelt zu werden pflegen. Fig. 16 zeigt einen Durchschnitt des Browning'schen Phototeleskopes; die auf den grossen Reflektor *B* fallenden Strahlen werden auf den Planspiegel *m n* geworfen und gelangen von hier aus durch das Okular *R* in das Auge des Beobachters oder auf die in der Kassette (Fig. 14 und 15) befindliche präparirte Glasplatte.

Anders verhält es sich bei den Refraktoren. Die Figg. 17 bis 19 zeigen das photographische Fernrohr des Observatoriums zu Wilna. *N O* ist ein Fuss von Gusseisen, auf welchem der Stundenkreis *U* mit der polaren Achse *S* ruht. Letztere ist zwischen *y* und *U* leicht drehbar. Der Stundenkreis wird durch ein Okular *l* am Nonius bei *V* abgelesen; an das obere Ende *y* der Stundenachse oder Polarachse schliesst sich ein Metallstück *C*, in welchem die Deklinationsachse *G* ruht. *F E* ist der Deklinationskreis mit der zugehörigen Stellschraube *H*. *b b* sind die Nonien des Deklinationskreises. In *M D* ist das Uhrwerk, welches durch ge-

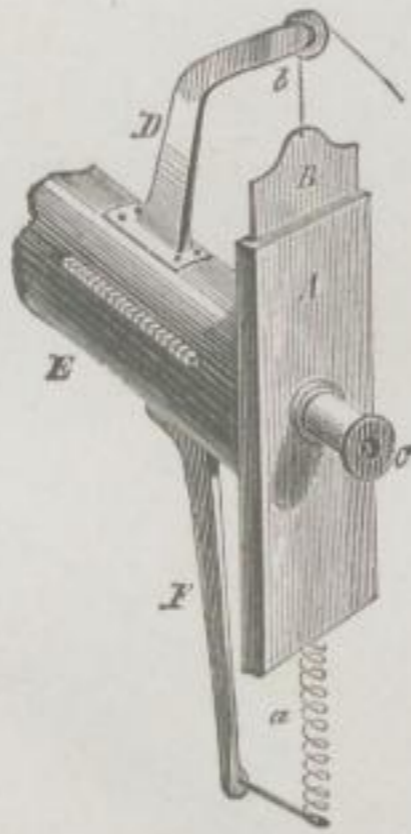


Fig. 19. Okular mit Momentanverschluss.

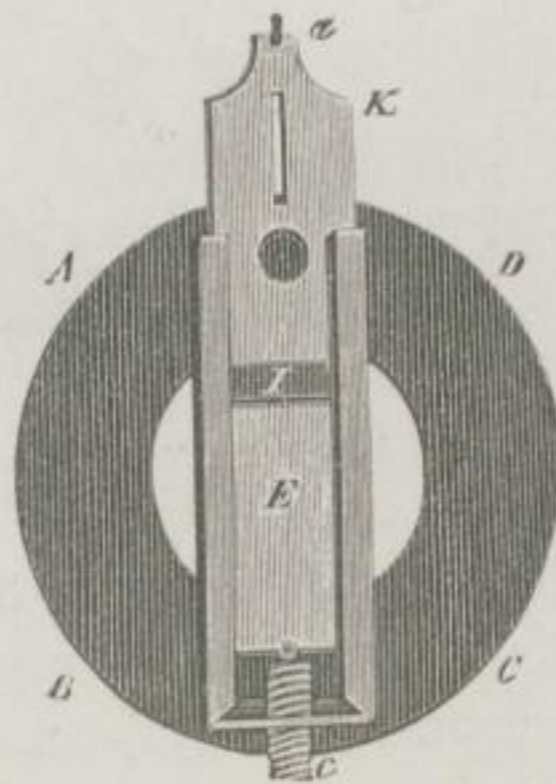


Fig. 20. Verschlussbrettchen.

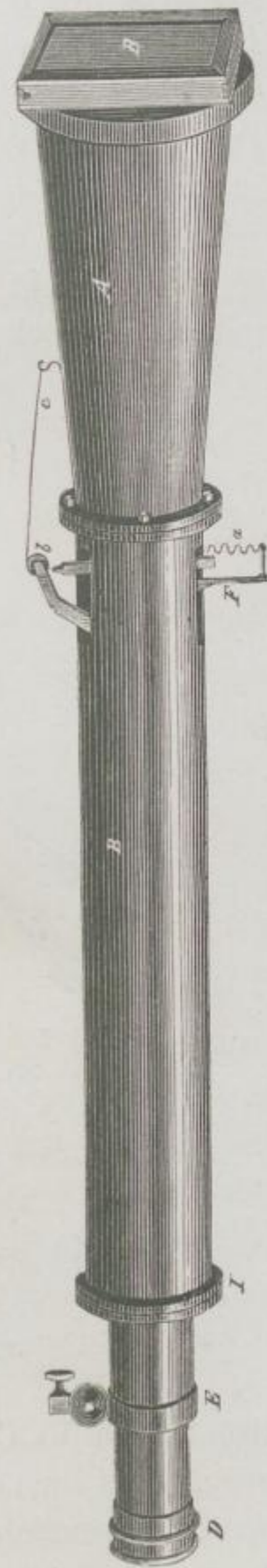


Fig. 18. Photographische Einrichtung am Wilnaer Fernrohre.

eignete Räderysysteme die Schraube ohne Ende g bewegt, die wiederum in die gezahnte Peripherie des Stundenkreises eingreift. An der Achse G des Deklinationkreises ist mittels starker Ringe $K I$ und $L I$ das Phototeleskop $A B$ angeschraubt, während das schwere Gewicht i das Instrument in Gleichgewicht hält. In Fig. 18 ist das Fernrohr allein abgebildet. Das Objektiv von 3 Zoll Durchmesser ist bei D an den Tubus befestigt, bei I verschiebbar und durch die Schraube E festzustellen: das Bild des zu photographirenden Weltkörpers entsteht im zweiten Drittel des Tubus, an der Brennpunktstelle des Objektivs und wird von dort durch ein Okular in einer

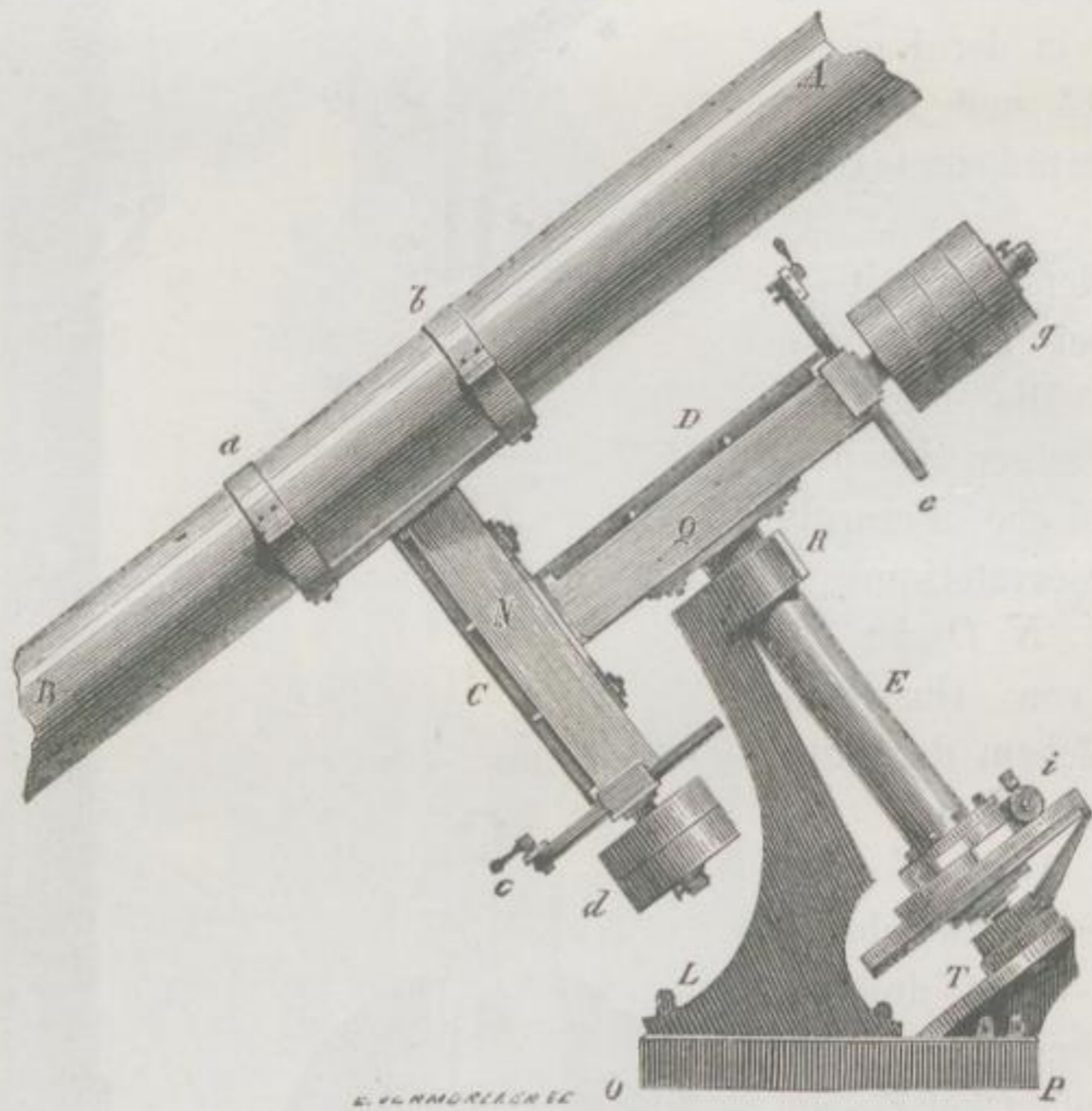


Fig. 21. Photographisches Teleskop zu Greenwich.

Grösse von 15 Centimeter auf die matte Scheibe B geworfen. Die metallene Camera A ist circa 50 Centimeter lang, die Kasette B , von Mahagoniholz, entspricht den in dem allgemeinen Theile dieses Buches erwähnten Vorrichtungen. Bemerkenswerth ist der bei F angebrachte Momentanverschluss, der durch die Feder a (Fig. 19) in Spannung gehalten und von einem Arm D mittels einer Rolle getragen wird, über welche der gespannte Gummifaden b läuft. Im geeigneten Momente wird der Faden durchschnitten. Zwischen dem Faden b

und der Feder a befindet sich der Verschluss B Fig. 19, dessen innere Einrichtung in Fig. 20 ersichtlich ist. $A D C B$ stellt den Hohlraum zwischen der Tubusröhre und der in letzterem sitzenden Röhre des Momentanverschlusses dar. $K E$ ist das Verschlussbret, welches über I eine runde Oeffnung besitzt. Im Momente, wo diese durch die Kraft der Feder a (Fig. 19) nach Trennung des Fadens $b c$ (Fig. 18) an dem im Tubus befindlichen Sonnenbilde vorbeischnellt, giebt das Okular c (Fig. 19) das vergrösserte Bild der Sonne auf der empfindlichen Platte der Kasette B (Fig. 18) wieder. Zum Behufe regelmässig sich wiederholender Sonnenaufnahmen wird das Bild mit Hilfe des Aequatoreals einmal eingestellt und diese Einstellung wird nur von Zeit zu Zeit verifizirt. Das Uhrwerk veranlasst die stete Uebereinstimmung mit dem Sonnenstande. Im Uebrigen benutzt man das photographische Ansatzstück B gerade so wie bei einer gewöhnlichen photographischen Aufnahme.

Mr. J. B. Airy, Direktor der Sternwarte zu Greenwich, bedient sich zur photographischen Aufnahme der Himmelskörper eines doppelten Objektivs, das er mit einem eigenthümlich konstruirten äquatorealen Mechanismus in Verbindung bringt. — Die Achse E Fig. 21 steht parallel der Erdaehse und ist mit dem Stundenkreise und dem Nonius i versehen. D ist die Deklinationssachse, e der Deklinationsskreis, g das Gegengewicht.

Die dritte Achse N trägt das durch die Ringe a, b befestigte photographische Fernrohr $A B$, welches durch das Gewicht d balancirt wird. Dasselbe dreht sich demnach um die Achse N , diese um die Achse D und das Ganze wiederum um die Achse E . — Auf diese Weise kann das Teleskop jeden beliebigen Bogen am Himmel durchlaufen, ist daher zur photographischen Darstellung von Himmelskörpern, welche von der täglichen Bewegung abweichen, z. B. der Kometen, besonders geeignet.

Auf der Sternwarte des Kammerherrn von Bülow zu Bothkamp in Holstein wird nach der von den Astronomen H. C. Vogel und O. Lohse getroffenen Einrichtung das Okular des dortigen Refraktors durch einen aus zwei achromatischen Linsen bestehenden Apparat ersetzt, von denen die vordere kleinere, welche der photographischen Platte am nächsten liegt, eine Oeffnung von 30 Millimeter und eine Brennweite von 102 Millimeter, die andere grössere eine Oeffnung von 50 Millimeter und eine Brennweite von 147 Millimeter besitzt. Das Objektiv des Fernrohres ist nicht chemisch achromatisirt und ist die Brennweite für chemische Strahlen 13 Millimeter grösser

als für das optische Bild. Aus den Mittheilungen des Assistenten jener Sternwarte, O. Lohse (gegenwärtig Observator am astro-physikalischen Observatorium zu Potsdam) entnehmen wir, dass die Camera obscura, welche zu den bezüglichen photographischen Aufnahmen verwendet wird, aus zwei mit Hilfe einer Schraube in einander verschiebbaren Cedernholzkästchen besteht. Lohse schreibt: „Dieselbe wird mittels der Hilfe des Vergrößerungsapparates, der zwei Gewinde trägt, von denen das eine links, das andere rechts geschnitten ist, an das untere Ende des Fernrohres angeschraubt. Innerhalb der Camera wird an der Fassung der oben erwähnten kleineren Linse der Moment-Verschluss angebracht. Dieser besteht aus einem länglichen Bretchen *a* (Fig. 22), auf welchem sich mit möglichst wenig

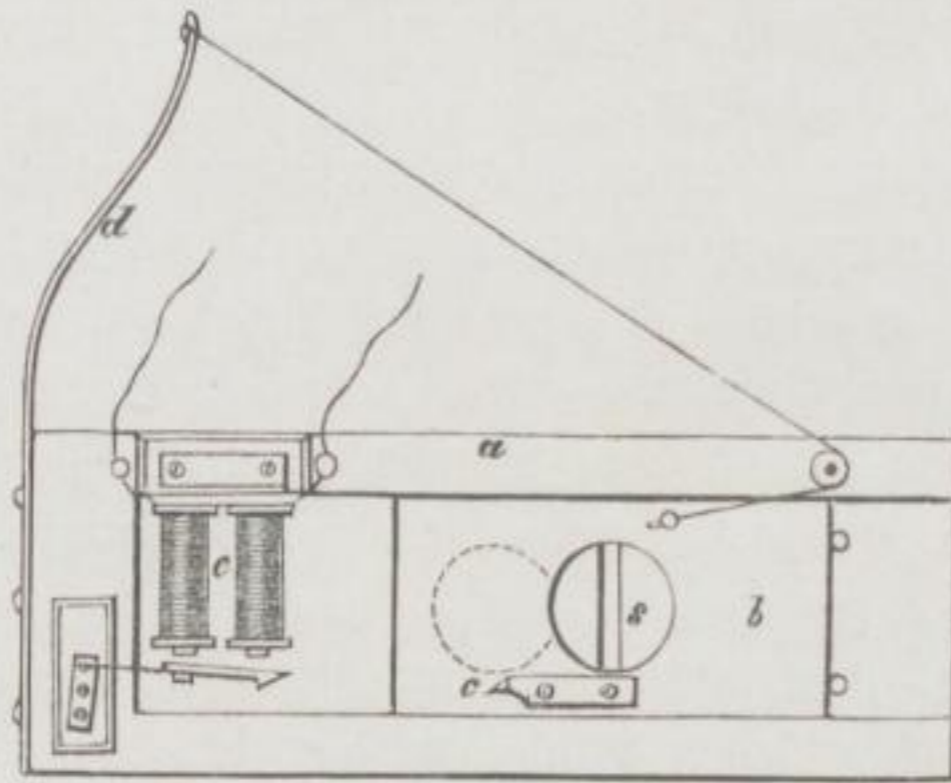


Fig. 22. Elektrischer Momentanverschluss.

Reibung ein Schlitten *b* bewegt, der eine spaltförmige Oeffnung *s* besitzt, deren Weite verändert werden kann. Dieser Schlitten ist ebenfalls aus Holz gefertigt, jedoch auf der inneren Seite mit Blech belegt.

Er trägt einen kleinen dreiseitig prismatischen Ansatz *c* von Messing, der sich, wenn man die Feder *d* spannt, in den

Anker des Elektro-Magneten *e* einhaken lässt.

In dieser Stellung verschliesst der untere Theil des Schlittens *b* die vordere Linse des Vergrößerungs-Apparates lichtdicht. Der Elektromagnet steht durch eine Drahtleitung mit einem galvanischen Elemente in Verbindung; bei Schliessung des Stromes wird der Anker angezogen und der Schlitten der Zugkraft der Feder ausgesetzt. Hierdurch wird bewirkt, dass der erwähnte Spalt vor einer in dem vier-eckigen Bretchen *a* befindlichen, der Grösse der vorderen Linse entsprechenden runden Oeffnung vorbeigezogen, und auf diese Weise die empfindliche Platte den Strahlen der Sonne während der kurzen Zeit des Vorüberganges des Spaltes ausgesetzt wird. In der Stellung, in welcher der obere Theil des Schlittens die Linse wieder bedeckt, wird die Bewegung durch 2 Messingstifte aufgehoben.

Die Auslösung der Momentanverschlusses auf elektrischem Wege

zu bewerkstelligen, hat den Vorzug, dass Erschütterungen des Fernrohrs ganz vermieden werden. Auch lassen sich die Leitungsdrähte leicht lichtdicht in die Camera einführen.

Nicht unwichtig erscheint es, noch besonders zu betonen, dass der Momentanverschluss im Innern des Fernrohrs angebracht wurde und um die Dauer der Exposition möglichst abzukürzen, dahin verlegt worden ist, wo der Querschnitt des Strahlenkegels ein Minimum ist. Eine Verschluss-Vorrichtung am Objektiv ist aus naheliegenden Gründen ganz zu verwerfen. Besondere Erwähnung verdient noch eine Einrichtung der Kassette für die lichtempfindliche Platte, durch welche es möglich ist, die Richtung der täglichen Bewegung auf den Photographien mit grosser Schärfe anzugeben, ohne dass es nöthig wird, einen Draht im Brennpunkte des Fernrohrs auszuspannen und durch dessen Bild die Photographien zu entstellen.

Die Einlage in der Kassette trägt zu diesem Zwecke an der bei der Exposition zu unterst befindlichen Seite zwei eingekittete Glasstäbchen, auf welche die photographische Platte mit einer gut plangeschliffenen Kante aufgesetzt wird. Vor der Exposition wird in diese Kassette eine matte Glasplatte eingelegt, deren untere Kante ebenfalls plangeschliffen ist und auf welcher parallel dieser Kante eine Linie gezogen wurde. Diese Platte wird in der Kassette von zwei Federn festgehalten, um bei schräger Stellung des Fernrohrs ihr Herausfallen zu vermeiden, sobald man die Kassetthüre und den Schieber öffnet. Die Einstellung auf die Richtung der täglichen Bewegung erfolgt nun so, dass man die Camera dreht, bis das Bild eines kleinen Sonnenflecks auf der erwähnten Linie läuft. Ersetzt man später diese matte Scheibe durch die sensitive, so ist die ebenfalls plangeschliffene untere Kante der letzteren nun auch parallel der Richtung jener Hilfslinie, und kann, da die Zeit der Exposition bekannt ist, später mit Leichtigkeit die Lage des Sonnenäquators auf der photographischen Platte angegeben werden.

Um sowohl die Luft im Innern des Fernrohrs, als auch den Schieber des Momentanverschlusses während der photographischen Aufnahmen nicht unnöthig zu erhitzen, ist das Objektiv durch eine Klappe verschlossen, welche von unten mit Hilfe eines Fadens dirigirt werden kann und erst kurz vor der Exposition geöffnet wird.

Was nun die Dauer der Exposition anbelangt, so ist dieselbe natürlich wesentlich mit abhängig von der Objektivöffnung. Die Anfangs bei voller Oeffnung (293,5 Millimeter) erzielten Resultate waren durchaus nicht befriedigend. Die Bilder zeigten sich unscharf und verschwommen, wofür der Grund wohl darin zu suchen sein

mag, dass das Objektiv für chemische Strahlen nicht achromatisirt ist. Dieser Uebelstand konnte vollständig beseitigt werden durch Ablenkung des Objektivs bis zu 95 Millimeter, so dass also ungefähr nur der neunte Theil der Lichtstärke des Objektivs zur Erzeugung der Photographien angewandt wurde. Bei dieser Objektivöffnung schwankte die Expositionszeit, welche durch Erweiterung oder Verengung des Spalts am Momentanverschluss verändert werden kann, je nach dem Stande der Sonne zwischen 0,005 und 0,008 Sekunden.

Ich rekapitulire in Folgendem die zur Aufnahme einer Sonnenphotographie nothwendigen Manipulationen, indem ich dabei genau die Reihenfolge, in welcher dieselben ausgeführt wurden, innehalte.

Die Sonne wird mit Hilfe des Suchers eingestellt, nachdem das Fernrohr mit der obenerwähnten Objektivklappe versehen und der kleine Elektromagnet mit dem Elemente in Verbindung gebracht worden ist. Ist dies geschehen, so erfolgt die Einstellung auf die Richtung der täglichen Bewegung in der beschriebenen Weise, das Uhrwerk wird in Gang gebracht und mit Hilfe der Feinstellungen das Fernrohr so bewegt, dass das erzeugte Sonnenbild genau in die Mitte der zu exponirenden Platte fällt. Nun wird die zur Fixirung des erwähnten Parallels eingesetzte matte Scheibe entfernt, die Kasette mit der lichtempfindlichen Platte an ihre Stelle gebracht, der Schieber der ersteren geöffnet, ebenso die Objektivklappe und in dem Moment der Schliessung des galvanischen Stromes die Zeit notirt. Die Exposition ist nun vollendet, Klappe und Schieber werden geschlossen und die Platte zur Entwicklung ins Laboratorium gegeben.

Es hat sich als zweckmässig herausgestellt, immer mehrere Platten schnell hinter einander zu exponiren, da selbst bei dem klarsten Himmel die Beschaffenheit der Atmosphäre nicht konstant ist. Es giebt Momente der vollkommensten Ruhe, und wenn die Exposition gerade dann erfolgt, wird dies natürlich sehr zu Gunsten der Photographie ausfallen. Mit Rücksicht hierauf ist auch zu empfehlen, dass derjenige Beobachter, der das Schliessen des galvanischen Stromes zu besorgen hat, durch den Sucher sieht und einen günstigen Moment für die Belichtung abwartet.

Ehe ich nun zum zweiten Theil der Präparation der photographischen Platten übergehe, nehme ich hier Gelegenheit, mit wenigen Worten der Konstruktion von Instrumenten zu gedenken, die nur zu heliographischen Zwecken dienen sollen.

Man hat sowohl katoptrische als dioptrische Fernrohre zur photographischen Aufnahme von Himmelskörpern verwendet. Die

ersteren verdienen den Vorzug bei lichtschwachen Objekten, da der ausführbaren Grösse der Hohlspiegel weniger enge Grenzen gesetzt sind, als der der Linsen. Da aber im vorliegenden Falle Licht in mehr als ausreichender Menge vorhanden ist, und man deshalb den Linsen bei grosser Brennweite nur einen kleinen Durchmesser zu geben braucht, da ferner die Handhabung dioptrischer Fernrohre insofern bequemer ist, als man die photographische Camera am untern Ende des Rohres anbringen kann, so scheint es mir zweckmässig, sich für diese zu entscheiden. Der vollständige Achromatismus für chemische Strahlen könnte leicht durch Anwendung eines Doppelobjektivs erreicht werden. Was die übrige Einrichtung eines Photoheliographen anbelangt, würde es geboten erscheinen, möglichste Leichtigkeit mit grösster Stabilität zu verbinden. Vielleicht liesse sich dies dadurch erreichen, dass man den Fernrohrkörper aus Latten konstruirte und gegen das Objektiv hin verjüngte. Es würde ferner zweckmässig sein, die photographische Camera mit dem Fernrohr vollständig zu verschmelzen, um jeder Lagenveränderung der ersteren vorzubeugen. Die Einstellung auf die Richtung der täglichen Bewegung könnte mit Hilfe einer Vorrichtung an der Kassette leicht bewerkstelligt werden.

Das photographische Verfahren, dessen wir uns bei allen bisherigen Versuchen mit sehr gutem Erfolge bedient haben, ist das von R. M. Gordon modifizierte Trockenverfahren von Fothergill. Die Vortheile, welche die Anwendung trockener photographischer Platten überhaupt bietet, sind so bedeutend, dass wir von vornherein in diesem Falle auf das nasse Verfahren vollständig verzichteten. Erstlich ist die Oberfläche der Trockenplatten glätter als die der nassen Platten, ferner wird der in einem Beobachtungsraum nie ganz zu vermeidende Staub keine Kometenschweife und Flecken hervorbringen können, da die Platten nach der Belichtung gewaschen werden. Ein anderer wesentlicher Vorzug besteht darin, dass während der Exposition der Platte keine Alkohol- und Aetherdämpfe entsteigen, wie das bei nassen Platten der Fall ist, und welcher Umstand die Schärfe der Bilder wesentlich beeinträchtigen dürfte.

Zu diesen Vortheilen gesellen sich noch die Annehmlichkeiten, welche trockene Platten im Allgemeinen vor nassen Platten voraus haben, nämlich die Aufbewahrungsfähigkeit und die Möglichkeit, das Entwickeln zu einer passenden Zeit vorzunehmen, ohne dadurch die Güte des Bildes zu beeinträchtigen.“ (Vgl. Vogel, Sternwarte zu Bothkamp.)

Da bei den Momentanverschlüssen das Zerschneiden eines Gummifadens oder das Abbrennen eines anderen Fadens und das spätere Anknüpfen desselben, namentlich bei zahlreich auf einander folgenden Aufnahmen, unbequem und zeitraubend erscheint, hat Dr. L. Weinek im Jahre 1873 zu Schwerin bei seinen astronomisch-photographischen

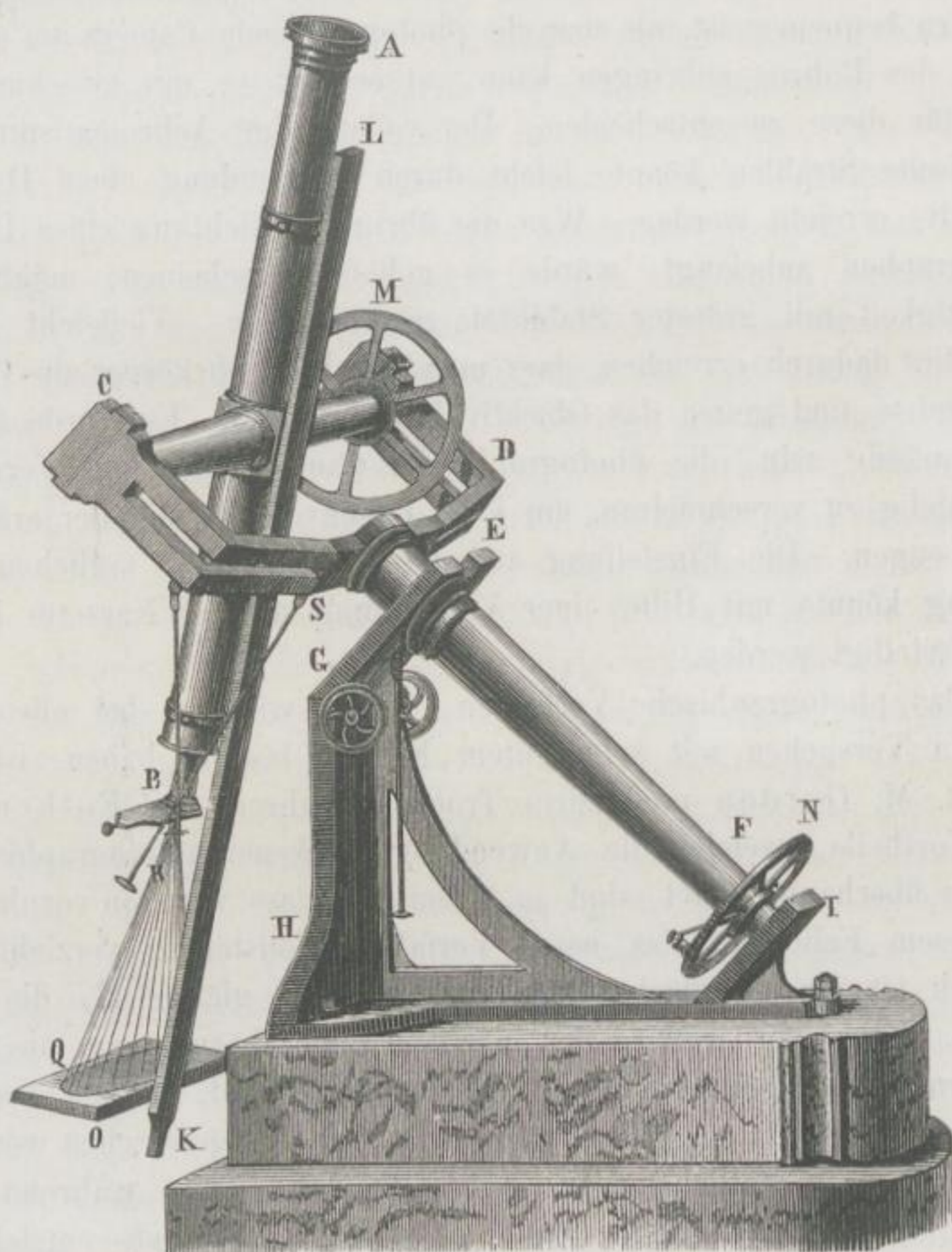


Fig. 23. Secchi's photographisches Fernrohr.

Vorversuchen zur Beobachtung des Venusdurchganges von 1874 den Faden durch eine längs des Schlittens wirkende Spiralfeder ersetzt und auch die Einrichtung getroffen, dass der Beobachter fortwährend von Aussen die Weite des Spaltes messbar verstellen könne, was bei wechselndem Wetter von grösster Wichtigkeit erscheint. Dieser Verschluss ist beschrieben in: Weinek „Die Photographie in der

messenden Astronomie, insbesondere bei Venusvorübergängen, 1879, pag. 45.“

Auf der Sternwarte des Collegium romanum zu Rom wird der photographische Apparat auf ganz einfache Weise mit einem grossen Projektionsinstrumente in Verbindung gebracht. Das dioptrische Fernrohr $A B$ (Fig. 23) trägt ein an einer Stange $K L$ befestigtes Brechchen $O Q$, auf welchem sich das Sonnenbild, nachdem das Okular genügend ausgezogen worden, in deutlicher Schärfe als objektives Bild zeigt. $E F$ ist die Polarachse, N der Stundenkreis und M der

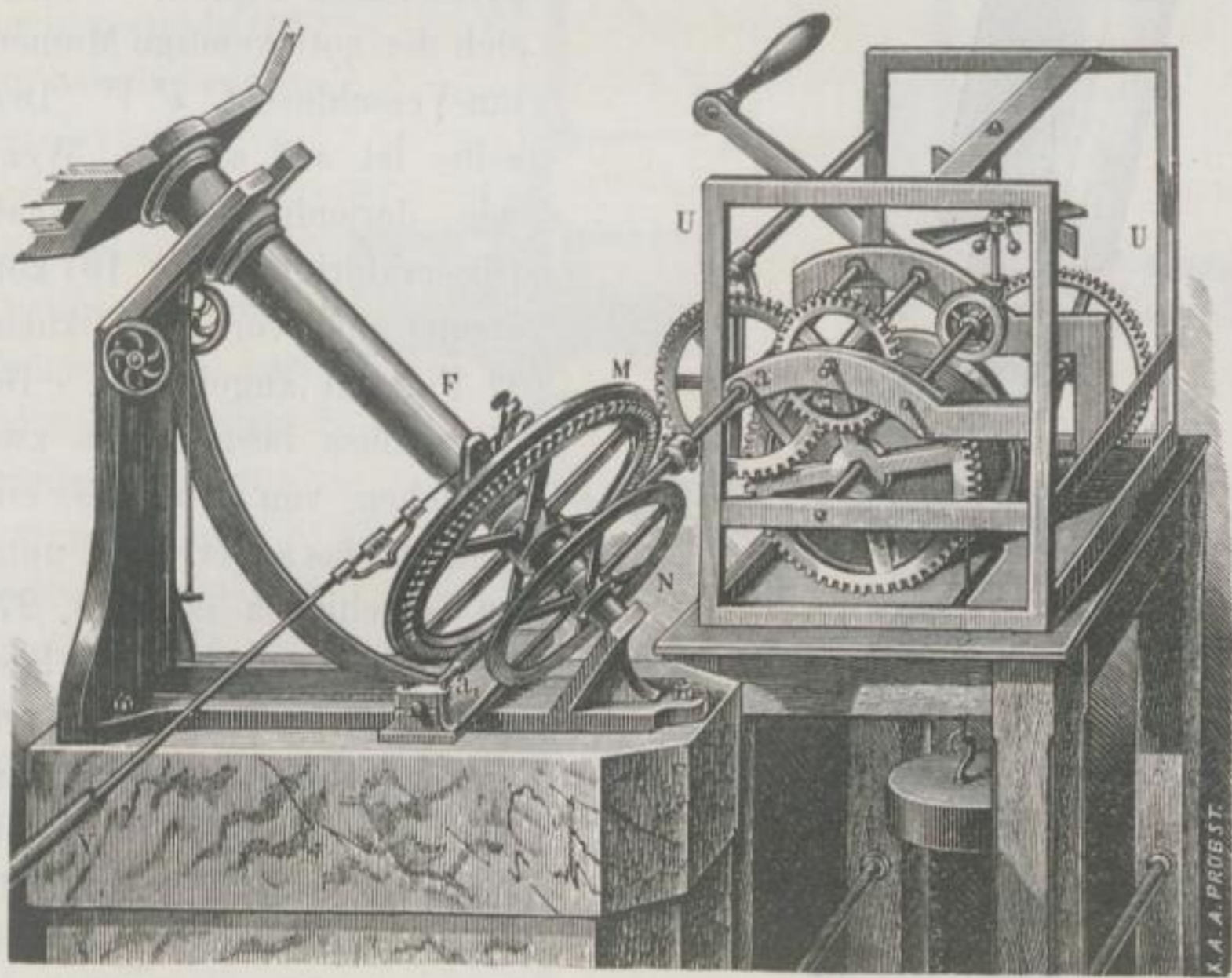


Fig. 24. Uhrwerk zu Secchi's Phototeleskop.

Deklinationkreis; R und S sind starke eiserne Richtungsstangen für das Fernrohr.

Mit dem Instrumente ist bei I ein Uhrwerk verbunden, wie solches an dem Photoheliographen des Observatoriums zu Wilna (siehe Fig. 17 D) angebracht ist. Dasselbe ist in Fig. 24 (U) genau abgebildet; es bewirkt, dass das Fernrohr der scheinbaren Bewegung der Sonne oder eines Sternes genau folgt. Das Stundenrad steht durch die Triebstange $a a$, welche eine Schraube ohne Ende trägt, mit dem Aequatoreal in Verbindung und treibt das Rad M in 24 Stunden einmal um seine Achse, mithin auch die Stange F und das Fernrohr $A B$. Ausserdem bemerken wir eine Lenkungsstange V , welche

dazu dient, die Verbindung von Uhrwerk und Teleskop mit Leichtigkeit aufheben zu können.

Soll nun eine photographische Aufnahme gemacht werden, so muss an Stelle des Brechens $Q O$ Fig. 23 eine empfindliche Platte substituirt werden. Letzteres geschieht durch Vermittelung eines vierseitigen pyramidenförmigen Kastens, der mit der Spitze an das Okularrohr des Tubus bei B (Fig. 23) angeschraubt wird.

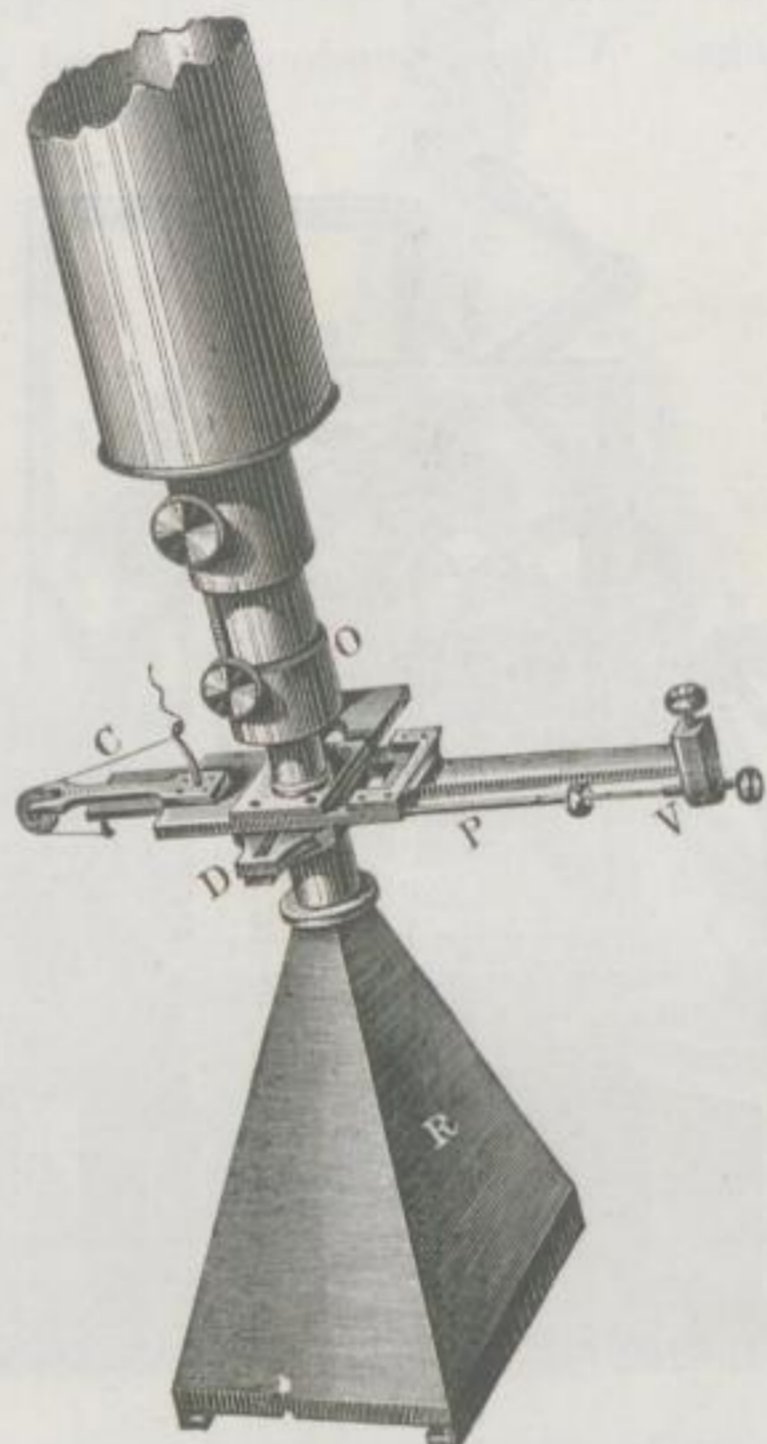


Fig. 25. Photographischer Ansatz zu Secchi's Phototeleskop.

Faden C im Gleichgewichte gehalten. Das Brechen P ist mit einem Spalte F versehen (Fig. 27), welcher so weit in die Höhe gezogen ist, dass er gerade über dem Lichtkegel des Okularglases steht, um im Momente der Aufnahme so rasch als möglich vorüberzugleiten, und die Lichtwirkung auf die präparirte Platte in möglichst kurzer Zeit zu vollenden.

Die Aufnahmen geschehen bei allen angeführten Methoden theils auf feuchtem, theils auf trockenem Wege. Die Misshelligkeiten, welche ein Dunkelzelt auf Reisen mit sich bringt, machen sich, wie wir in einem der nächsten Paragraphen erfahren werden, auf Expe-

Zwischen dem Okularrohre O Fig. 25 und der pyramidalen Camera R findet sich der nothwendige Momentan-Verschluss $C P V$. Derselbe ist auf analoge Weise wie derjenige des Wilnaer Observatoriums (Fig. 19) konstruirt und vor dem Okulare O Fig. 25 angebracht. Der Verschluss besteht aus zwei Brechen, von denen das eine seitlich, das andere nach unten zu verschieben ist (Fig. 27); das seitlich verschiebbare Brechen D trägt ein Fadenkreuz zur genauen Lokalisierung und Einstellung des Bildes in die Mittellinie des Tubus, das Brechen P wird durch die Stahlspiralfeder V (Fig. 26 und 27) nach unten gezogen, und durch den angespannten

ditionen sehr fühlbar. Soll das gewonnene Bild zu genauen Messungen von Sternphotographien verwendet werden, so ist die Methode, vor dem Kollodioniren die Platte mit Albumin zu überziehen, speziell zu empfehlen, weil die vorher albuminirten Platten dem Kollodiumhäutchen eine ganz unübertreffliche Festigkeit verleihen, und die Einschrumpfung des Häutchens nach dem Trocknen im Mittelwerthe nur den 28236ten Theil eines Zolles beträgt (siehe den nächsten Paragraphen). Wir besitzen jetzt ein zuverlässiges, sehr rasches, und leicht zu handhabendes Trockenverfahren in den mehrerwähnten Gelatine-trockenplatten, wodurch die zur Darstellung astronomischer Photographien von Lohse empfohlene Methode als die geeignetste erscheint.

Professor Weinck spricht sich in seiner erwähnten Abhandlung über die Erzielung des zur Photographie geeignetsten

fokalen Bildes und die zu berücksichtigenden Fehlerquellen folgendermassen aus:

„Die lineare Grösse des fokalen Bildes ist nur von der Winkelgrösse des Gegenstandes und dem Abstände des Brennpunktes vom Objektiv abhängig. Je grösser letzterer, je länger also das Fernrohr ist, desto mehr breitet sich jenes Bild aus. Man findet durch einfache Rechnung, dass selbst bei einem Fernrohr von 10 Meter Brennweite das fokale Bild der Sonne nur 9,3 Centimeter, der Venus bei ihren Vorübergängen vor der Sonnenscheibe 3,0 Millimeter, des

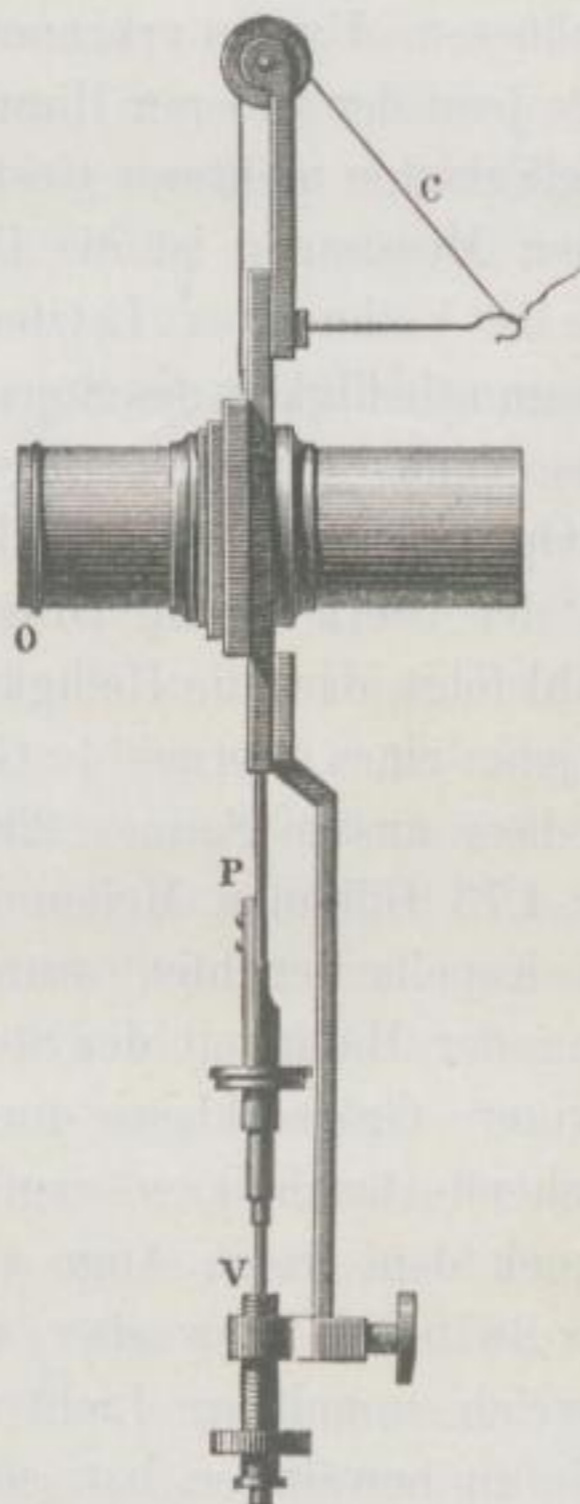


Fig. 26. Momentanverschluss zu Secchi's Phototeleskop.

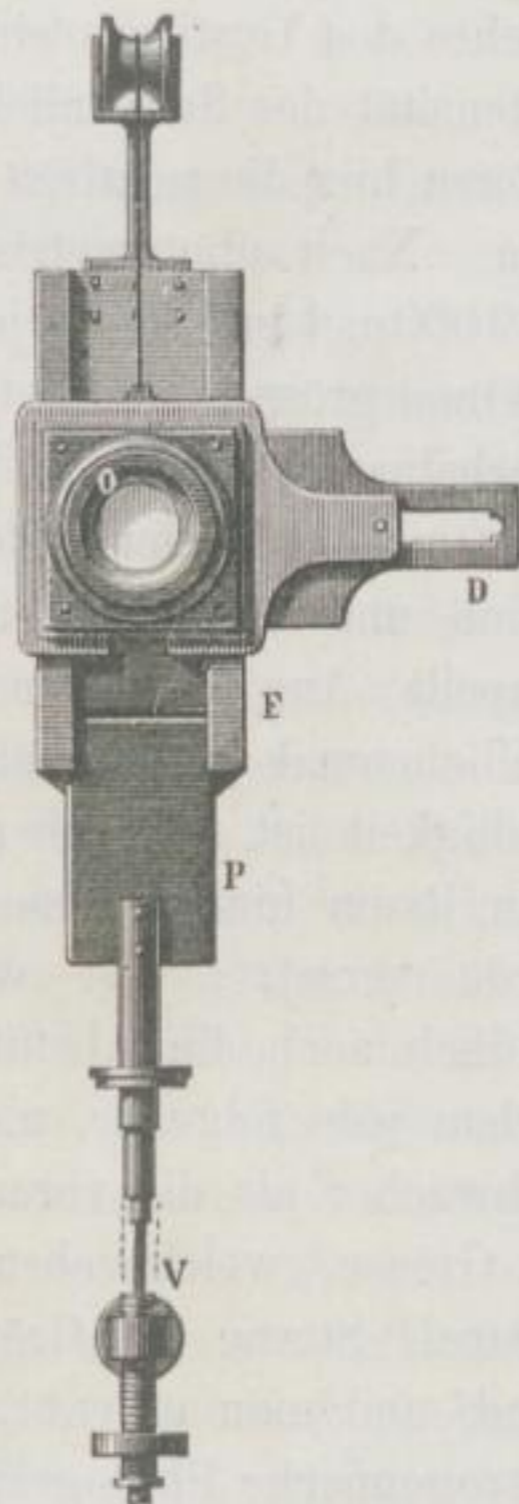


Fig. 27. Derselbe Verschluss von oben gesehen.

Jupiters in der Opposition, wo derselbe um Mitternacht am höchsten steht, 2,4 Millimeter und des Merkur bei dessen Vorübergängen vor der Sonne nur 0,4 Millimeter ist.

Der Astronom besieht dieses fokale Bild mit einer stark vergrößernden Lupe und ist derart in der Lage, alle Details desselben zu erkennen, zu beobachten. Dagegen kann der Photograph nur bei Aufnahmen der intensiv leuchtenden Sonne ebenfalls hinter dem Brennpunkte ein Vergrößerungssystem anwenden, um nicht zu viel vom Lichte des Gestirnes einzubüssen. Um zu erkennen, wie ungemein die Intensität des Sonnenlichtes jene der anderen Himmelskörper übertrifft, mögen hier die relativen Helligkeiten mehrerer Gestirne angeführt werden. Nach photometrischen Messungen ist die Helligkeit der Sonne 619000mal grösser als jene des Vollmondes. Letztere hingegen ist etwa 100mal grösser als die Gesamthelligkeit des Sternenhimmels in klarer Herbstnacht, 3000mal als Venus zur Zeit ihres grössten Glanzes, 9000mal als Jupiter in der Opposition, 11000mal als Mars in der Opposition und 90000mal als der Stern erster Grösse: α Aurigae oder Kapella. Aus der letzten Zahl folgt, dass die Helligkeit der Sonne 55800 Millionenmal grösser als jene eines Sternes 1. Grösse von mittlerer Helligkeit ist oder aber, dass unsere Sonne, 236220mal weiter in den Raum hinaus, also in 4,73 Billionen Meilen Entfernung von der Erde versetzt, erst wie Kapella leuchten würde. Beachtet man endlich noch die Abstufung der Helligkeit der Sterne unter einander, indem jede folgende, niedrigere Grössenklasse durchschnittlich 2,5mal schwächer als die vorangehende leuchtet, so ergibt sich, dass Sterne 6. Grösse, welche eben noch dem freien Auge sichtbar sind, schon 98mal, Sterne 10. Grösse 3815mal schwächer als Sterne 1. Grösse sind, und man erkennt, welch' ungeheure Lichtverschiedenheiten die astronomische Photographie zu bewältigen hat, sobald sie alles Sichtbare in ihren Bereich zieht. Günstiger Weise gelingt ihr dies durch Verlängerung der Dauer der Expositionszeit.

Im Allgemeinen nimmt der astronomische Photograph das Bild des Gestirnes direkt im Brennpunkte auf und misst dasselbe später bei Mikroskopvergrößerung aus oder aber, er vergrössert es photographisch in Anwendung eines geeigneten Projektionsapparates und sehr intensiver Lichtquelle so weit, als dies die Schärfe des fokalen Bildes zulässt.

Wird das fokale Bild vergrössert auf die empfindliche Platte projiziert, so tritt eine Fehlerquelle, die Verzeichnung des Bildes durch den aus stark gekrümmten Linsen zusammengesetzten Vergrößerungs-

apparat auf, welche aber leicht unschädlich gemacht werden kann, wenn man im Brennpunkte des Objectives ein planparalleles Glas mit fein getheiltem Strichnetz anbringt und dieses mit dem Gestirne zugleich photographirt. Derart erhält man auf der empfindlichen Platte ein vergrössertes Gitternetz, welches, verglichen mit dem Originalgitter, alle Verzeichnungen des vergrösserten Bildes erkennen und beseitigen lehrt. Im Allgemeinen wird auch das Objectiv eine Bildverzeichnung herbeiführen; doch kann diese bei der grossen Vollkommenheit der heutigen Dioptrik und Technik zur Herstellung homogener Glassorten, des Linsenschleifens und Zentrirens als verschwindend betrachtet werden. Unbedingt nöthig erscheint ferner für ein korrektes Arbeiten des Aufnahmefernrohrs, dass dieses in allen Linsensystemen genau zentriert sei und die photographische Platte senkrecht zur gemeinschaftlichen optischen Axe derselben stehe.

Schliesslich muss noch einer Fehlerquelle bei photographischen Aufnahmen gedacht werden, welche aus der sog. Beugung des Lichtes im Fernrohr entspringt. Jedem Photographen sind folgende Thatsachen bekannt. Wenn er eine Stadt mit Fabrikschloten und Blitzableitern photographirt und bei hellem Wolkenhintergrunde wie gewöhnlich exponirt, so verschwinden diese im Bilde oder werden sehr dünn und schmal. Aehnlich ist es, wenn er dunkle Interieurs mit hellen Fenstern abzubilden hat, wobei das Licht der letzteren sich über die Fensterkontouren ausbreitet und dieselben desto unbestimmter und verwaschener darstellt, je länger die Expositionszeit dauerte. Analoges muss somit auch bei astronomischen Aufnahmen z. B. bei denjenigen eines Venusdurchganges erwartet werden; die schwarze Venusscheibe auf dem hellen Sonnengrunde muss verkleinert erscheinen, dagegen der helle Sonnenrand über die nächste Umgebung des dunklen Himmelsgrundes hinausgreifen. Das Licht wird also an dunklen Rändern gleichsam innerhalb derselben hineingebogen, und man nennt die Fälschung der Dimension des Bildes infolge dieses Umstandes den Fehler wegen der Lichtbeugung oder Diffraktion im Instrumente. Je grösser die Oeffnung des Objectives ist, desto geringer tritt sie auf. Aus theoretischen Untersuchungen über Schwingung und Fortpflanzung des Lichtes folgt nun, dass wegen Beugung die Intensität des Lichtes am Rande des Sonnenbildes nur $\frac{1}{2}$ mal so gross wie in der Mitte desselben sein kann und ausserhalb des geometrischen Randes rapid bis zum Werthe Null sinkt, so dass das weniger empfindliche Auge trotzdem einen scharfen Rand wahrnimmt. Anders die Photographie, welche bei jeder Aufnahme je nach Durchsichtig-

keit der Luft, nach dem chemischen Zustande der Platte und nach Dauer der Exposition verschieden viel vom abgetonten Rande der Sonne hervorholt und auf jedem Bilde einen verschiedenen Sonnendurchmesser gibt; zugleich erscheint das richtig exponirte Bild gegen den Rand hin im Lichte abgestuft, was ihm den Charakter der Körperlichkeit verleiht, welcher aber durch die Phaenomene der Beugung im Fernrohr vollkommen erklärt erscheint. Bei photographischen Aufnahmen von Sternen erscheinen letztere zwar auch verbreitert; doch hat dies, da solches symmetrisch zur Mitte der Sterne geschieht, keinen Einfluss auf die Exaktheit photographisch herzustellender Sternkarten.“

2. DIE RESULTATE DER ASTRONOMISCHEN PHOTOGRAPHIE.

1. DIE ASTROPHOTOGRAPHEN.

Die ersten photographischen Aufnahmen von Himmelskörpern waren im Jahre 1850 von William Cranch Bond, Professor zu Cambridge, in Amerika in Gemeinschaft mit Whipple und Black aus Boston versucht worden. Dieselben fertigten Daguerreotype unseres Satelliten an, indem sie das Bild desselben auf einer präparirten Metallplatte mittels des grossen Refraktors der Harwarder Sternwarte scharf darstellten.

Einen bedeutenderen Aufschwung aber nahm die astronomische Photographie erst im Jahre 1852, als der bekannte Astronom Warren de la Rue in England, welchen wir als den eigentlichen Schöpfer der astronomischen Photographie zu betrachten haben, das damals neue Kollodiumverfahren zum ersten Male zu wissenschaftlichen Versuchen anwendete. De la Rue beschäftigte sich insbesondere mit Mondaufnahmen, von welchen er ganz ausgezeichnete positive Abdrücke anfertigen liess, die in Tausenden von Exemplaren Verbreitung fanden. Die Expositionszeit dauerte zwischen 10 und 30 Sekunden, indem das Bild mittels eines äquatoreal aufgestellten Reflexionsteleskopes von 13 Zoll Oeffnung und 10 Fuss Brennweite aufgenommen wurde. Später beschäftigten sich in England Phillips und Bates im Jahre 1853, Hartnup, J. A. Forrest und Crookes im Jahre 1854, Fry und Howells im Jahre 1855 und der berühmte Spektralanalytiker Astronom Huggins im Jahre 1856 mit der photographischen Darstellung der Himmelskörper. In Italien war es der berühmte Pater Secchi zu Rom, welcher mit dem auf Seite 20 abgebildeten Phototeleskope arbeitete. Erst im Jahre 1857 wendete Bond

in Amerika mit sehr glücklichem Erfolge die Photographie zu astronomischen Messungen an; er bestimmte auf diesem Wege die Entfernung und den Winkel in der Stellung von Doppelsternen, und es gelang ihm, Bilder von Fixsternen bis zur 5ten und 6ten Grösse auf der empfindlichen Platte zur Darstellung zu bringen. Er konstatierte auch, dass die Expositionszeit der Sterne nicht im umgekehrten Verhältniss zur optischen Helligkeit derselben stehe und führte den Begriff der „chemischen Grösse“ der Sterne ein. Die bedeutendsten Erfolge in der astronomischen Photographie sind jedoch dem Amerikaner L. Rutherford in New-York zu danken, welcher alle Genannten an Leistung überflügelt hat. Derselbe hat sich nämlich ausser durch die Darstellung ausgezeichneter Bilder unseres Satelliten besonders mit der genauen photographischen Wiedergabe des Sonnenspektrums und der Fraunhofer'schen Linien, worüber wir in dem betreffenden Kapitel (vergl. Bd. 1, S. 84) des Genaueren berichtet haben, unübertreffliche Verdienste erworben.

Das Observatorium des genannten Forschers liegt zwischen der 6ten Avenue und 11ten Strasse zu New-York; er hat dasselbe auf eigene Kosten gegründet, und besteht der Lohn seines Strebens einzig und allein in dem Bewusstsein, für die Wissenschaft ein grosses Werk vollbracht und sich dadurch den Dank und die Anerkennung der ihn verehrenden Fachgenossen gesichert zu haben. Das Observatorium besteht aus einem runden, aus Backsteinen aufgeführten Gebäude von $6\frac{1}{4}$ Meter innerem Durchmesser mit leicht drehbarem auf 12 Rädern beweglichem Dache, welches eine 65 Centimeter breite, durch Läden verschliessbare Oeffnung hat. Das in demselben aufgestellte Aequatoreal, dessen achromatisches Objektiv $11\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmesser und 14 Fuss Brennweite hat, ist mit einem Uhrwerk versehen, in der Art, wie wir solche oben geschildert haben. Indem Rutherford zwischen dem Objektiv und der photographischen Platte verschiedene Linsencombinationen einschaltete, ist es ihm gelungen, mittels dieser Vorrichtungen eine 19 Zoll lange Brennweite, sowie eine sehr geringe Entfernung des optischen von dem chemischen Fokus zu erzielen und dadurch seine vorzüglichen Photographien darzustellen. Er erhielt Bilder von Sternen 9ter Grösse in 3 Minuten, vom Sterne Castor sogar in einer Sekunde.

Von besonders grossem Werthe für die Wissenschaft sind die von Rutherford in neuester Zeit dargestellten Sonnenaufnahmen, die sich durch exakte Markirung der Sonnenflecken auszeichnen.

Die scharfe Einstellung bei dem Rutherford'schen Teleskope

wird nicht auf der matten Scheibe ausgeführt, da der chemische und optische Fokus nicht genau zusammenfallen, sondern durch eine Probe bestimmt, indem Rutherford einen Doppelstern aufnimmt. Er stellt zuerst unscharf ein und macht wiederholt Aufnahmen, indem er die Visirscheibe mehr oder weniger verschiebt, bis er endlich den Punkt gefunden hat, wo das Bild am schärfsten wird. Dieser Punkt wird dann als Hauptfokus ein für allemal festgehalten und bei Temperaturveränderungen die Ausdehnung des eisernen Rohres jenes Teleskopes nach einem darin befestigten Thermometer durch eine Mikrometerschraube korrigirt.

Rutherford hat in dieser Weise drei grosse Teleskope mit sorglich korrigirten Linsen bauen lassen. Das erste hat nur ein Doppelobjektiv aus Crown- und Flintglas, das zweite, welches in Rutherford's eigener Verwendung steht, haben wir soeben geschildert, das dritte besitzt $6\frac{1}{2}$ Zoll Oeffnung und wurde bei der amerikanischen Sonnenfinsterniss-Expedition zu Catania benutzt. Die Vollkommenheit der Rutherford'schen Bilder ist in erster Linie der sorgfältigen Korrektion der Instrumente zu danken und werden wir auf die Resultate dieses Forschers noch mehrfach zurückzukommen Gelegenheit haben.

2. PHOTOGRAPHISCHE DARSTELLUNGEN DER SONNE.

a. GESTALT DER SONNE.

Die Anwendung der astronomischen Photographie findet ihre wissenschaftliche Verwerthung einerseits in der Darstellung direkter naturgetreuer Abbildungen der Himmelskörper, wie sie sich im Augenblicke der Aufnahme zeigen, andererseits in dem Vergleiche verschiedener Abbildungen, welche von demselben Himmelskörper innerhalb eines gewissen Zeitraumes aufgenommen wurden. Wenn der bekannte Astronom Julius Schmidt zu Athen behauptete, dass ein von Mädler entdeckter, vor mehreren Jahrzehnten auf dem Mond befindlich gewesener Krater jetzt verschwunden sei, so könnte, wenn damals schon photographische Mondbilder angefertigt worden wären, durch einen mit den jetzigen Mondbildern vorgenommenen Vergleich diese Streitfrage mit Leichtigkeit gelöst werden, denn aus der Differenz der Bilder, d. h. aus den Veränderungen, welche in der zwischenliegenden Zeit mit den Himmelskörpern vorgegangen sind, lassen sich zum Theil Bewegungen der auf den Himmelskörpern befindlichen Materien, zum Theil rotirende Bewegungen der Himmelskörper selbst

erkennen. Ein weiterer Vortheil, welchen die Resultate der astronomischen Photographie bieten, beruht auf möglichst genauen mathematischen Messungen der Entfernung einzelner Himmelskörper von einander; diese Messungen können auf den gewonnenen Photographien vorgenommen, und mit Ergebnissen, welche durch andere Methoden erreicht wurden, prüfend verglichen werden.

Ein anderer sehr bemerkenswerther Erfolg der Photographie ist der Nachweis der grossen Differenz, welche in Bezug auf den Unterschied der aktinischen Kraft und der Leuchtkraft verschiedener Himmelskörper sich zeigt. So z. B. gewährte die Bedeckung des Jupiter durch den Mond am 8. November 1856 eine ausgezeichnete Gelegenheit, die relative Helligkeit des Mondes mit der jenes Planeten zu vergleichen. Damals erschien Jupiter von blassgrünlicher Färbung, nicht heller als der Krater Plato auf dem Mond, hatte dabei nach der Schätzung von Warren de la Rue nur $\frac{1}{3}$ der gewöhnlichen Helligkeit des Mondes, während eine darauf erfolgte photographische Aufnahme ergab, dass die chemisch wirksame Kraft des Jupiterlichtes zu der des Mondlichtes wie 4 zu 5 sich verhielt. Eine photographische Aufnahme des Saturn erforderte 12 mal längere Zeit, als die bildliche Wiedergabe des Jupiter.

Bedeutendere Resultate wurden bei Gelegenheit verschiedener Sonnenfinsternisse auf photographischem Wege gewonnen, und werden wir auf die einzelnen bezüglichlichen Ergebnisse des Genaueren zurückkommen. Die Sonne selbst wurde in neuerer Zeit mit Erfolg von Warren de la Rue, Rutherford und besonders von Janssen in Meudon bei Paris photographirt, dessen photographische Methoden man fast auf allen grösseren Sternwarten in den jüngsten Jahren eingeführt hat, wobei die zeitweilige Veränderung der Sonnenflecke spezielle Berücksichtigung fand.

Die Sonne besteht nach W. Herschels Anschauung aus zwei wesentlich verschiedenen Theilen, einem Kern und einer leuchtenden, glühenden Hülle, die den Kern umgiebt. Die leuchtende Hülle, die sogenannte Photosphäre, bildet keine gleichmässig abgerundete Umhüllung, sondern es treten zuweilen die Massen aus einander und es zeigen sich jene deutlichen dunkeln Flecken (Fig. 28), von welchen man früher annahm, dass sie auf ein Durchsicheln des dunkeln Sonnenkerns durch die Risse in der Photosphäre deuten. Die neueren, besonders die spektralanalytischen Untersuchungen des Sonnenkörpers haben aber dargethan, dass diese dunkeln Stellen keineswegs lichtlos sind, sondern nur im Gegensatze zu ihrer weit helleren Umgebung

so dunkel erscheinen. Die Spektralanalyse hat erwiesen, dass die in der Photosphäre entstehenden Risse durch sich verdichtende, glühende Gasmassen, die wirbelartig in der Gluthülle der Sonne auf- und abwogen, ausgefüllt werden und eben diese dichteren, glühenden, vertieften Massen stellen die Sonnenflecken dar. Unsere Fig. 29 zeigt uns ein schematisches Bild der Sonne, in welchem die ungefähre Vertheilung der Sonnenflecken von einem sehr fleckenreichen Tage verzeichnet ist.



Fig. 28. Sonnenflecken mit 3 Lichtbrücken (nach Nasmyth).

Ausser diesen, von Zeit zu Zeit mit sich kondensirenden Dämpfen ausgefüllten Rissen in der Photosphäre der Sonne schieben sich zeitweilig leuchtende Massen über einander, welche in der Nähe der Flecken und am Sonnenrande deutlich bemerkbar sind und als „Sonnenfackeln“ beschrieben werden.

Der mathematische Beweis, dass die Flecken der Sonne auf Vertiefungen im Lichtgewölke beruhen, wurde in eklatanter Weise durch die Photographie erbracht. Schon im Jahre 1769 hat Wilson einen rundlichen Flecken auf der Sonnenscheibe beobachtet, welchen

er mehrere Tage verfolgte und an dem der um den Flecken herumliegende hellere Hof, die sogenannte Penumbra, allmählich die rundliche Form verlor und eine ovale Gestalt annahm. Während die eine Seite des Fleckens verschwand, blieb die andere sichtbar, wobei derselbe, indem er sich vom Mittelpunkt der Sonne aus entfernte,



Fig. 29. Schema der Sonnenoberfläche.

immer schmaler und länglicher wurde (Fig. 30). Da sich nun die Sonne in einer gewissen Zeit um ihre eigene Achse dreht, so wartete Wilson die Wiederkehr des verschwundenen Fleckens ab und wirklich kehrte nach $13\frac{1}{2}$ Tagen der Flecken am östlichen Sonnenrande zurück und durchlief umgekehrt ähnliche Entwicklungsphasen vom

Rande bis zum Mittelpunkte der Sonnenscheibe, bis in der Mitte angekommen, die Penumbra wieder vollständig symmetrisch zu den

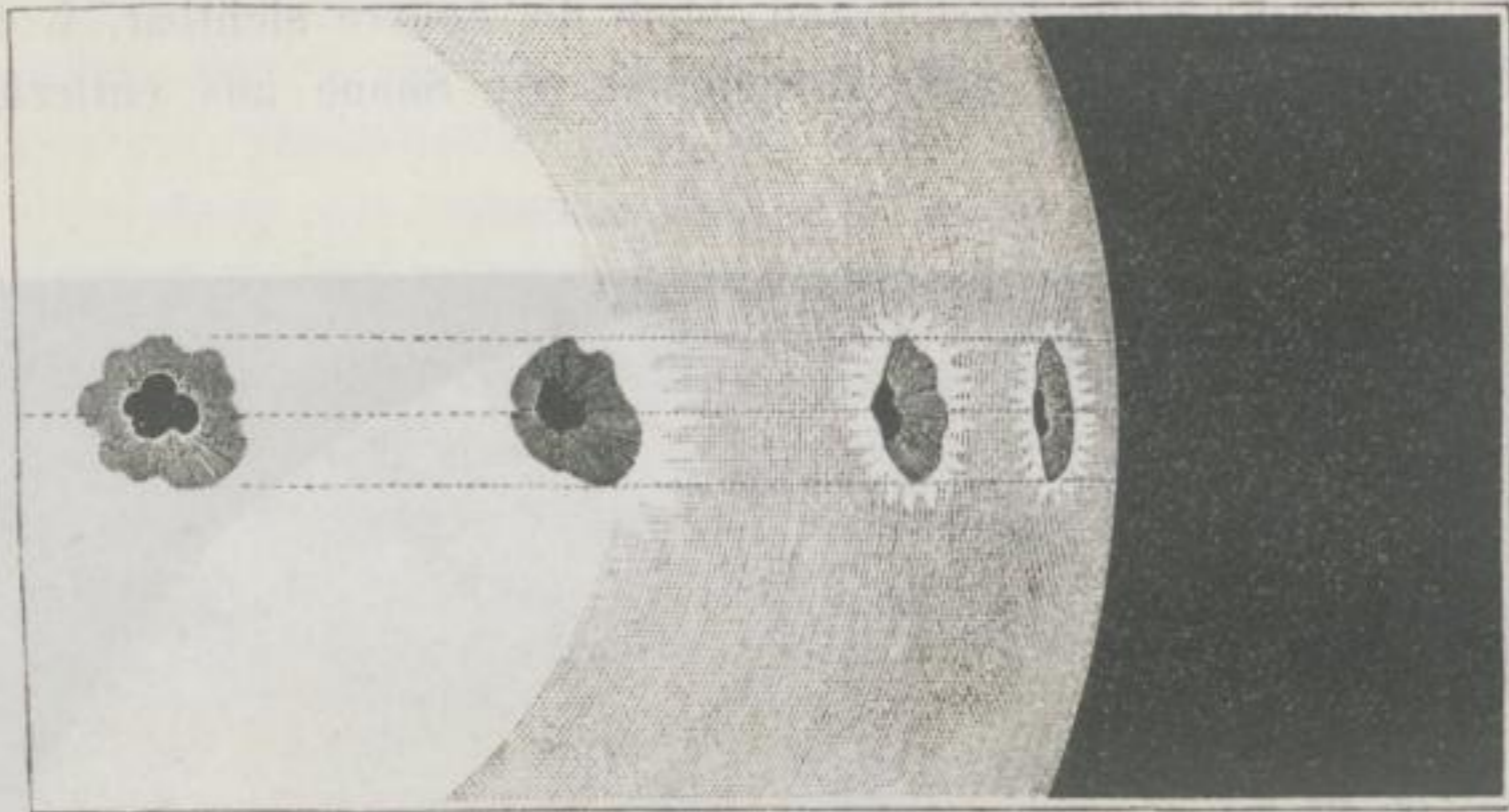


Fig. 30. Scheinbare Veränderung in der Form eines Sonnenfleckens.

Konturen des Kernes wurde. Es fiel hier nur der Unterschied auf, dass der Hof, statt an der vorangehenden an der nachfolgenden Seite früher zu sehen war.

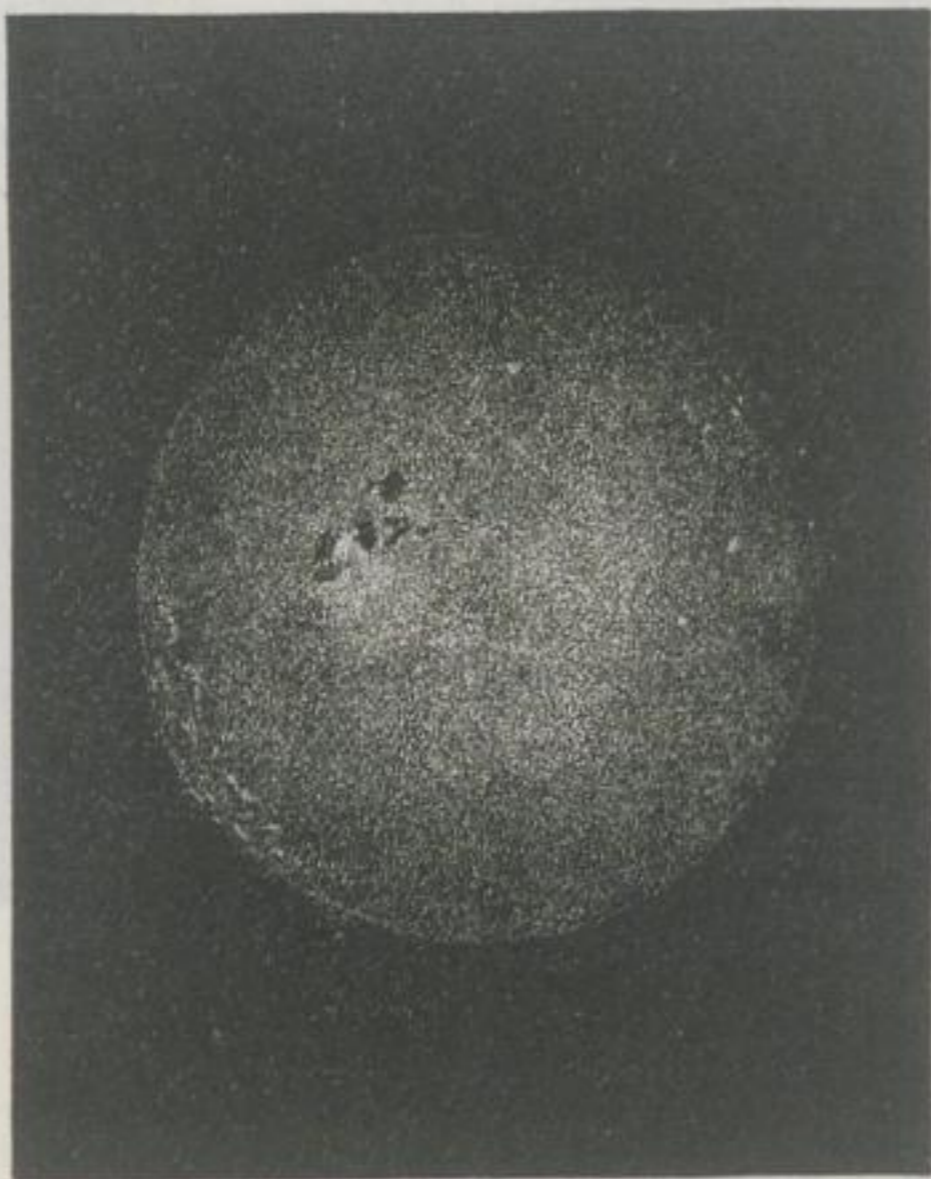


Fig. 31. Photographisches Sonnenbild (nach Selwyn).

Warren de la Rue hat aus seinen photographischen Aufnahmen heraus gefunden, dass es sich mit den meisten Flecken analog verhalte. Durch eine sehr einfache Methode wies er nach, dass die Flecken wirkliche Höhlungen in der Sonnenoberfläche seien; er nahm zwei photographische Sonnenbilder, die an zwei, um etwa 15 Grad von einander entfernten Orten aufgenommen waren und legte sie in ein Stereoskop; die Flecken erschienen dann als

vollständige Höhlungen, in deren Tiefe man hinabblickt und deren Ränder sich wie Böschungen erheben, wobei es klar wird, dass die

Penumbra durch die seitlichen Abhänge eben dieser Höhlungen sich bildet. (Vergleiche Secchi, die Sonne Seite 71). Unsere Fig. 31 zeigt eine getreue aus dem genannten Werke entnommene Kopie eines photographischen Sonnenbildes mit verschiedenen Fleckengruppen, welches im Oktober 1860 von Selvyn aufgenommen wurde.

Auf unserer Tafel I Figur 1 ist eine vortreffliche uns von dem erwähnten Astronomen Rutherford in entgegenkommendster Weise zur Verfügung gestellte photographische Originalaufnahme der Sonne abgebildet. Rutherford braucht unter Anwendung des im vorigen Paragraphen geschilderten Momentanverschlusses zu seinen Sonnen-Aufnahmen etwa $\frac{1}{500}$ Sekunde Expositionszeit.

Oft verändert sich die Oberfläche der Sonne an verschiedenen Stellen ganz plötzlich; die Gestalt der Flecken und Fackeln geht dann nicht allmählich in eine andere Form über, sondern verändert sich unerwartet und die dunkeln Stellen bieten mit einem Male ein ganz anderes Bild, welches den Eindruck macht, als ob überwältigende Kräfte eine sturmartige Bewegung auf der Sonnenoberfläche hervorriefen. Gerade so wie in unserer irdischen Atmosphäre die Wasserwolken sich aufthürmen, aus einander treten und sich wieder zusammen scharen, so bewegen sich infolge mächtiger Wirkungen die Feuerwolken der Sonnenphotosphäre. Man bezeichnet diese Bewegungen als Sonnenstürme, Erscheinungen, die für das bewaffnete Auge des Astronomen an Grossartigkeit alle verwandten Naturerscheinungen übertreffen. — Die Protuberanzen, jene besonders bei Sonnenfinsternissen sichtbaren, am Rande der Sonne berggipfelartig vorstehenden feurigen carmoisinrothen Lichtmassen, werden infolge derartiger Sonnenstürme rasch verändert. Wir werden die Bedeutung dieser Vorgänge für die Astro-Photographie in dem folgenden Paragraphen näher kennen lernen.

b. SONNENFINSTERNISSE.

Von den ältesten Zeiten bis auf die Gegenwart wurde den Sonnenfinsternissen, besonders den totalen Verfinsterungen eine hohe Wichtigkeit beigelegt. Während in früheren Jahrhunderten das grossartige Naturereigniss eine beängstigende Aufmerksamkeit auf sich zog und Furcht und Aberglaube ihre unheilvollen Schlüsse für die Menschheit aus solchen Phänomenen folgerten, hat die neue Zeit jene merkwürdigen Erscheinungen zur Ausbeute für die wissenschaftliche Forschung benutzt. Mannigfache Kenntnisse von der physischen Beschaffenheit der Sonne und der Natur des Lichtes wurden besonders durch das

gemeinsame Zusammenwirken der Astronomen verschiedener Länder gewonnen.

Wenn man bedenkt, dass die Dauer einer Sonnenfinsterniss an keinem Punkte der Erde mehr als $4\frac{1}{2}$ Stunden und die der Totalität niemals über sieben bis acht Minuten beträgt, so sind die mannigfachen werthvollen Schlüsse, welche man aus jenen Erscheinungen gezogen hat, in der That der Beweis eines ganz erstaunlichen Fleisses und einer bewundernswerthen Hingebung der betreffenden Forscher.

Besonders durch die Anwendung der Photographie machte man in genannter Richtung bedeutende Fortschritte. In erster Linie wird

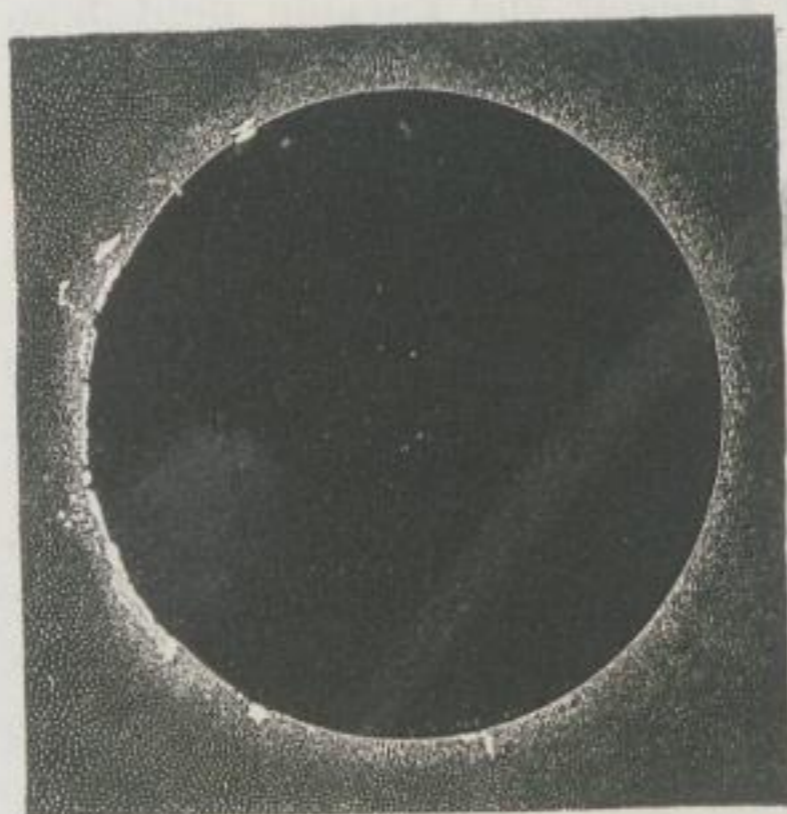


Fig. 32. Totalität der Sonnenfinsterniss von 1860 (nach Warren de la Rue's Photographie).

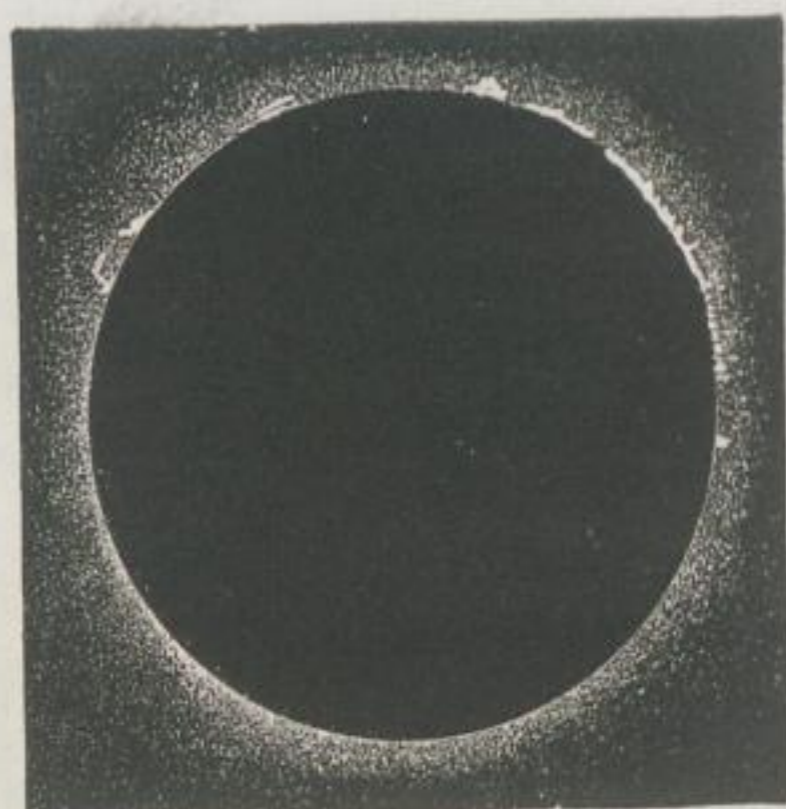


Fig. 33. Moment des Wiedereintritts des Sonnenlichtes bei der Sonnenfinsterniss von 1860 (nach Warren de la Rue's Photographie).

das allmähliche Vorbeiziehen der dunkeln Mondscheibe vor dem Sonnenballe durch auf einander folgende photographische Aufnahmen von Minute zu Minute fixirt und aus den gewonnenen Bildern die Zeit des Vorüberziehens bestimmt. Dann sind es die schon in unserem vorhergehenden Paragraphen erwähnten Protuberanzen, deren chemische Einwirkung auf die präparirte Platte überhaupt von Bedeutung ist und für deren Abbildung, besonders im Momente der Totalität, die Photographie sich höchst förderlich erwiesen hat; endlich handelt es sich bei derartigen photographischen Leistungen um die Darstellung der „Corona“, jener theils strahlig silberglänzenden, theils mild rosenfarbigen Lichthülle, von welcher die schwarze Mondscheibe scheinbar umgeben wird.

Zum ersten Male wurde eine totale Sonnenfinsterniss im Jahre 1851 von Berkowski auf der Königsberger Sternwarte photographisch dargestellt. Später, am 18. Juli 1860, wurden derartige Versuche von Warren de la Rue zu Riva Bellosa in Spanien und mit besonderem Erfolge von Secchi in Desierto de las Palmas wiederholt. Die beiden Abbildungen Fig. 32 und Fig. 33 sind nach Photographien, welche damals während der Totalität von Warren de la Rue aufgenommen wurden, angefertigt, die erste unmittelbar nach dem Eintritt der Totalität, die zweite kurz vor dem Wiedereintritt des Sonnenlichtes. Secchi fing das Bild der Sonnenfinsterniss direkt im Brennpunkt des Objektivs seines Fernrohres auf. Gute Sonnenfinsterniss-Photographien erzielten ferner J. A. Whipple am 7. August 1869 zu Shelbyville in Kentucky, dann Wallat am 22. September 1870 zu Xeres in Spanien, sowie an demselben Tage A. Brothers aus Manchester, Mitglied der unter der Oberleitung des Professor Lockyer operirenden englischen Expedition in Syrakus.

Man sieht an solchen Bildern sowohl die unregelmässig und zackig hervorstehenden Protuberanzen, sowie nicht minder die Korona; letztere zieht sich nicht ganz gleichmässig um den dunkeln Mondrand, sondern hat in der Nähe der Pole zwei Einkerbungen, welche nach dem Sonnenäquator hin sich erhöhen, um an letzterem selbst ihr Maximum zu erreichen. (Vgl. Figg. 40 und 41.)

Die Protuberanzen sind ungleich lichtstärker als die Korona. Es ist einem jeden Photographen bekannt, dass wenn eine photographische Platte über eine bestimmte Zeitdauer dem Lichte exponirt wird, eine Ueberwirkung stattfindet und das Licht die Eindrücke, welche es auf der Platte veranlasst hat, wieder verwischt. Da nun die Protuberanzen viel heller sind, als die Korona, so muss, um ein richtiges Bild der Protuberanzen darzustellen, hier kürzer exponirt werden, als für die Korona. Mithin werden auf einem guten Bilde der Korona die Protuberanzen nicht deutlich erscheinen, weil sie überwirkt sind, während auf einem guten Bilde der Protuberanzen die Korona sich nicht scharf ausprägen wird, weil für letztere die Zeitdauer der Wirkung noch keine genügende war. Es müssen daher, um beide Zwecke zu erreichen, immer je zwei in der Zeitdauer verschiedene Aufnahmen gemacht werden.

Figur 34 zeigt uns die Abbildung jener von Secchi zu Desiorta de las Palmas im Jahre 1860 aufgenommenen Sonnenfinsterniss-Photographie. Ausser der schwach entwickelten Korona sehen wir bei *A* eine Protuberanz mit höckerigem Gipfel, bei *I* eine grosse

Flammenwolke, in welcher sich nach Secchi's Mittheilungen gelbe und rothe Färbungen deutlich erkennen liessen. *K* ist eine Protuberanz mit 2 Gipfeln. Eine weitere kleine Protuberanz ist bei *R* sichtbar. *G* deutet auf eine bedeutende Ansammlung leuchtender Materien, deren Strahlen auf die Platte so stark chemisch einwirkten, dass ihre einzelnen Konturen wieder verschwanden.

Im Laufe der jüngst verflossenen Jahre fanden mehrere totale Sonnenfinsternisse statt, die erste am 18. August 1868 (Aden), die zweite am 7. August 1869 (Nordamerika), die dritte am 22. September 1870 (Sizilien), die vierte am 12. Dezember 1871 (Ostindien),

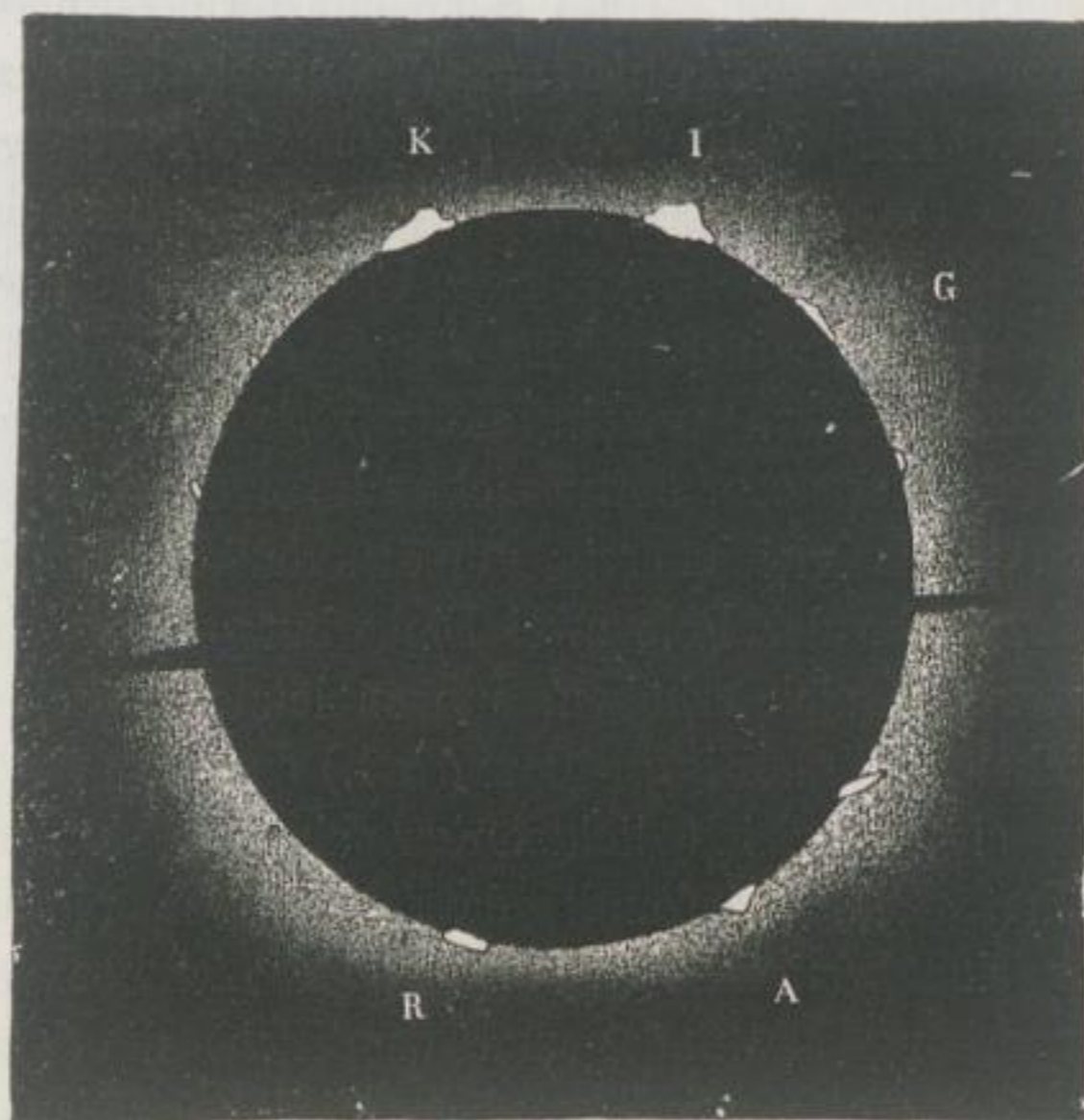


Fig. 34. Photographie von Secchi (1860).

gestellt. Es wurden denn auch verschiedene Expeditionen zur Beobachtung der in jener Zeitperiode zu erwartenden Sonnenfinsternisse vorbereitet und dazu die tüchtigsten Kräfte, Astronomen, Photographen und Naturforscher, herangezogen. Die photographische Abtheilung der deutschen Expedition stand unter Leitung Dr. Hermann Vogel's aus Berlin.

Von der Finsterniss vom 18. August 1868, deren Totalität zwischen fünf und sechs Minuten betrug, ist uns durch Vogel, welcher im Verein mit Dr. Zenker, Dr. Fritsch und Dr. Tiele im Auftrage des damaligen norddeutschen Bundes eine Expedition nach Aden in Südarabien unternommen hat, eine dankenswerthe

sowie am 17. Mai 1882 (Sohag in Egypten) und am 6. Mai 1883 (Insel Carolina im stillen Ozean). Die Entdeckung der Spektralanalyse hatte den astronomischen und physikalischen Arbeiten ein neues Feld der Thätigkeit eröffnet und besonders zur Unterstützung astronomischer Forschungen bedeutenden Erfolg in Aussicht ge-

Schilderung aufbewahrt. Dr. Vogel schrieb an Bord des Dampfers, der die Expedition nach Suez zurückführte, Folgendes:

„Der Anblick von Aden ist keineswegs sehr erfreulich. Eine völlig kahle, wilde, zerrissene Felsenmasse, Reste eines ausgebrannten Vulkans, dazwischen einige Festungswerke, Lagerhäuser, Läden, Kohlenschuppen, Flaggenstangen; so ungefähr stellte sich uns der Ort dar, der 14 Tage unsern Aufenthalt bilden sollte. Die Farbe Grün fehlte gänzlich in der Natur. Unter Schreien, Zanken und Toben des arabischen Gesindels wurden unsere Gepäckstücke und wir selbst ans Land gebracht. Hier erfuhren wir, dass unsere vorausgegangenen Kollegen von dem englischen Gouvernement in der zuvorkommendsten Weise empfangen worden und ihnen als Stationsort zwei indische Hütten, sogenannte Bungalos, wie sie in diesem Klima üblich sind, auf der Ostseite der Halbinsel eingeräumt worden seien. Nach längerem Suchen fanden wir sie daselbst in Gemeinschaft mit den Mitgliedern der österreichischen Expedition, den Herren Dr. Weiss, Oppolzer und Rziha, und zwar so vortrefflich einquartirt, als man es auf dieser öden Küste nur wünschen konnte. Das englische Gouvernement spielte seine Rolle als unser Wirth in der generösesten Weise. Eine ganze Dienerschaft, ein Koch u. s. w. warteten uns auf; Wagen, Kameele, Esel standen zu unserer Disposition, und jeder unserer Wünsche wurde im Umsehen erfüllt. Insofern liess unser leibliches Wohlbefinden wenig zu wünschen übrig; die Temperatur (26 Grad R.) war gegen die Hitze auf dem Rothen Meere niedrig zu nennen, ein frischer Wind strich fortwährend über die Höhe des Marshagill, auf welcher unser Bungalow stand, und trug wesentlich zur Kühlung bei. Zehn Tage verblieben uns noch zu Vorbereitungen für die Sonnenfinsterniss-Aufnahmen. Sie wurden verwendet zum Fundamentiren unserer photographischen Fernrohre, Aufstellen der letzteren und zur genaueren Orientirung. Als Observatorium diente uns ein Bungalow, dessen Dach wir theilweise abdeckten, um mit dem Fernrohr hindurch schauen zu können, und dessen übrigen Raum wir nothdürftig als Laboratorium, Putzraum und Lager herrichteten. In diesem Rohrkäfig, denn weiter war das Gebäude nichts, waren wir nothdürftig gegen den Wind, weniger gegen den Staub geschützt. Wasser wurde uns in Bocklederschläuchen auf Eseln heraufgeschafft. Zwei Zelte, welche wir von Europa mitgenommen hatten, vertraten die Stellen der Dunkelkammern. Extra mitgenommene Landschafts- und Porträtapparate gaben uns Stoff zu landschaftlichen und anthropologischen Aufnahmen und zu gleicher

Zeit ein bequemes Hilfsmittel zur Prüfung unserer Chemikalien. Einige kleine Fehler der letzteren wurden bald überwunden, schwieriger waren die Einflüsse des Staubes und der körperlichen Ausdünstungen hinweg zu schaffen. Bei der leichtesten Arbeit lief der Schweiss bei der feuchten Luft stromweise vom Leibe, er rann aus den Fingerspitzen, tropfte vom Gesicht, und oft genug wurde eine frischgeputzte oder präparirte Platte beim Hantiren durch einen auffallenden Schweisstropfen verdorben. Uebung verschaffte uns jedoch bald Vorsicht diesem Hinderniss gegenüber; einige Probeaufnahmen der Sonne u. s. w. gelangen glücklich; mit Ruhe konnten wir dem Finsternisstage entgegen sehen. Nur eins stimmte uns bedenklich, und zwar das Wetter. Alle Berichte über Aden hatten uns früher übereinstimmend einen völlig heiteren Himmel in Aussicht gestellt; es sollte nach Aussagen kompetenter Reisender jährlich dort höchstens dreimal regnen, Wolken sollten zu den Ausnahmen gehören. Wir waren daher nicht wenig überrascht, als wir bei unserer Ankunft die vulkanischen Höhen Adens in Wolken gehüllt erblickten und am nächsten Morgen von einem Regenschauer begrüsst wurden. Noch bedenklicher aber wurden wir, als Tag für Tag die Sonne hinter Wolken gehüllt aufging und dieser Witterungszustand im Laufe der Zeit sich eher verschlechterte als verbesserte. Insofern waren für unseren Hauptzweck die Aussichten schlecht genug, und bald schwand uns alle Hoffnung. Am Finsternisstage verliessen wir früh um vier Uhr unser Lager. Neun Zehntel des Himmels waren bewölkt. Resignirt machten wir uns an die Arbeit. Aufgabe der norddeutschen Expedition war die photographische Aufnahme der Finsterniss während ihrer Totalität. Hierzu diente ein langes Fernrohr mit einer sechszölligen Linse ohne Fokusdifferenz von 6 Fuss Brennweite. Diese von Steinheil konstruirte Linse lieferte ein Sonnenbild von $\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser, welches auf einer photographischen Platte, mit Hilfe einer gewöhnlichen Schiebekassette zu zwei Bildern, aufgenommen werden konnte. Da Sonne und Mond sich bewegen, würde natürlich ein solches Instrument, wenn es stille stände, nur unscharfe Bilder liefern. Deshalb war das Rohr mit einem Uhrwerk in Verbindung gesetzt, welches demselben eine dem Laufe der Gestirne genau entsprechende Bewegung ertheilte. Um jede Erschütterung des Rohres zu vermeiden, war der Klappenschluss des Objektivs nicht unmittelbar am Fernrohr angebracht, sondern an einem separaten Stativ, und stand mit dem Fernrohr durch eine elastische Hülle in Verbindung. Die Dauer der totalen Finsterniss betrug in Aden nur drei Minuten

(in Indien fünf Minuten). Dennoch hatten wir Aden als Stationsort gewählt, weil in Indien bereits photographische Beobachter vorhanden waren und weil in Aden die Finsterniss zuerst und ungefähr eine Stunde früher als in Indien eintrat. Es konnte so durch Vergleichung unserer Beobachtungen mit den indischen ein Kriterium gewonnen werden, ob jene wunderbaren, bei der totalen Finsterniss hervortretenden Lichterscheinungen der Protuberanzen im Laufe der Zeit sich änderten oder nicht. Unsere Aufgabe war es nun, innerhalb der drei Minuten eine möglichst grosse Zahl von Bildern des Phänomens zu erhalten. Für diesen Zweck hatten wir uns förmlich an dem photographischen Fernrohr einexerzirt, gerade wie die Artilleristen an ihren Kanonen. Dr. Fritsch machte die Platten in dem ersten Zelt, Dr. Zenker schob die Kassetten in das Fernrohr, Dr. Tiele exponirte und ich entwickelte in dem zweiten Zelt. Wir hatten festgestellt, dass es in dieser Weise möglich sei, in drei Minuten sechs Bilder zu machen. Der entscheidende Moment kam immer näher; der mit banger Sorge von uns betrachtete Wolkenhimmel zeigte zu unserer Freude jetzt einige Lücken, durch welche die bereits theilweise vom Monde bedeckte, als Sichel erscheinende Sonnenscheibe sichtbar wurde. Die Landschaft erschien in dem seltsamsten Lichte, beinahe einem Mittelding zwischen Sonnen- und Mondlicht. Die chemische Lichtstärke erwies sich auffallend schwach. Eine Probeplatte gab mit Steinheil-Aplanat, Mittelblende, erst in 15 Sekunden ein ausexponirtes Bild der Wolken. Immer kleiner wurde die Sonnensichel, die Wolkenlücke schien sich noch mehr zu öffnen, wir schöpften Hoffnung. Die letzten Minuten vor der Totalität (welche um 6 Uhr 20 Minuten eintrat) vergingen im Fluge. Dr. Fritsch und ich krochen eiligst in unsere Zelte und blieben daselbst, Platten präparirend und entwickelnd. Von der Totalität haben wir Beide unter diesen Umständen nichts gesehen. Unsere Arbeit begann. Die erste Platte wurde probeweise 5 und 10 Sekunden exponirt, um zu sehen, welche Zeit ungefähr die richtige sei. Mohammed, unser schwarzer Diener, brachte mir die erste Kassette ins Zelt. Ich goss Eisenentwickler über die Platte, gespannt der Dinge harrend, die da kommen sollten. — Da erlosch meine Lampe — Licht! Licht! rief ich — Licht! aber Niemand hörte, Alle hatten vollauf zu thun. Da griff ich selbst zum Zelt mit der rechten Hand hinaus — in der linken die Platte haltend — fasste glücklich eine kleine Oellampe, die ich mir für alle Fälle brennend bereit gestellt hatte, und jetzt sah ich das Sonnenbildchen auf meiner Platte erscheinen. Der dunkle

Sonnenrand war umgeben mit einer Reihe eigenthümlicher Erhebungen auf der einen Seite, auf der anderen zeigte sich ein seltsames Horn — beide Erscheinungen vollkommen analog in beiden Bildern (Figg. 35, 36). Meine Freude war nicht gering, doch es war keine Zeit zum Freuen; bald war die zweite und eine Minute später auch die dritte Platte in meinem Zelte. „Die Sonne kommt“, rief Zenker, die Totalität war vorüber. Alles dies erschien aber als das Werk eines Augenblicks, so rasch war uns die Zeit verflossen. Die zweite Platte zeigte bei

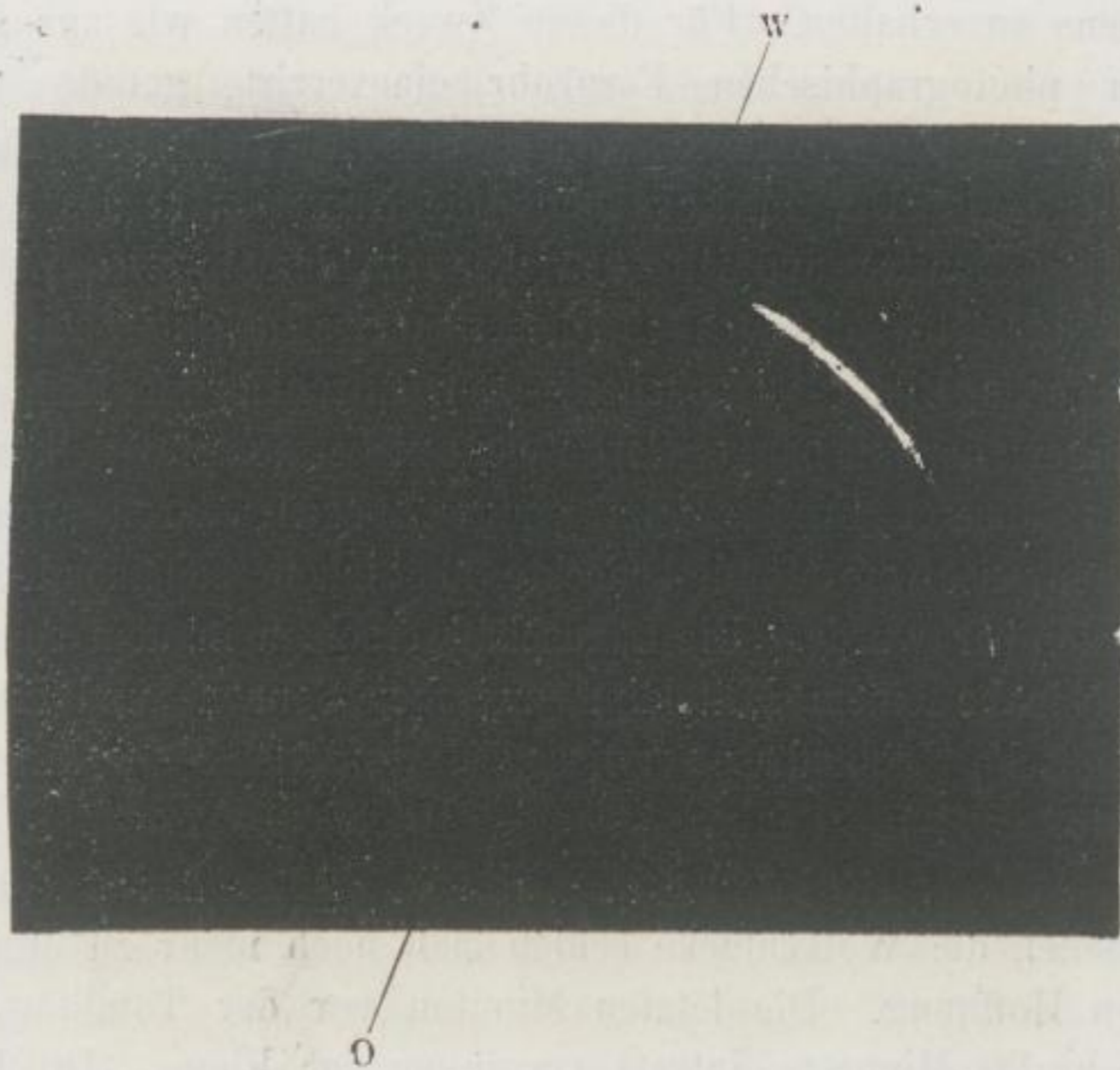


Fig. 35. Sonnenfinsterniss von 1868 (nach Vogel's Photographie).

der Entwicklung sonderbarer Weise nur ganz schwache Spuren eines Bildes. Vorüberziehende Wolkenschleier hatten im Augenblick der Exposition die photographische Wirkung fast gänzlich verhindert. Die dritte Platte zeigte wieder zwei gelungene Bilder mit Protuberanzen am unteren Rande. Froh des Erreichten wurden die Platten gewaschen, fixirt, lackirt und sofort — freilich mit sehr unvollkommenen Hilfsmitteln — einige Kopien auf Glas genommen, die, um Verlusten zu begegnen, separat nach Europa geschickt wurden. Wie wir bei unseren Arbeiten vom Glücke begünstigt worden waren, geht am besten aus dem Umstande hervor, dass auf einem anderen, nur eine halbe Stunde von unserer Station entfernten Punkte wegen des

Wolkenschleiers von der Totalität nichts gesehen werden konnte. Nachdem wir diese unsere Hauptaufgabe glücklich vollbracht, war unseres Bleibens in Aden nicht länger; in drei Tagen ging der Dampfer nach Suez. Rasch wurde das Fernrohr, das Uhrwerk und die Unzahl von Instrumenten und Chemikalien verpackt, auf Kameele verladen und nach dem Hafen transportirt. Am 21. August sagten

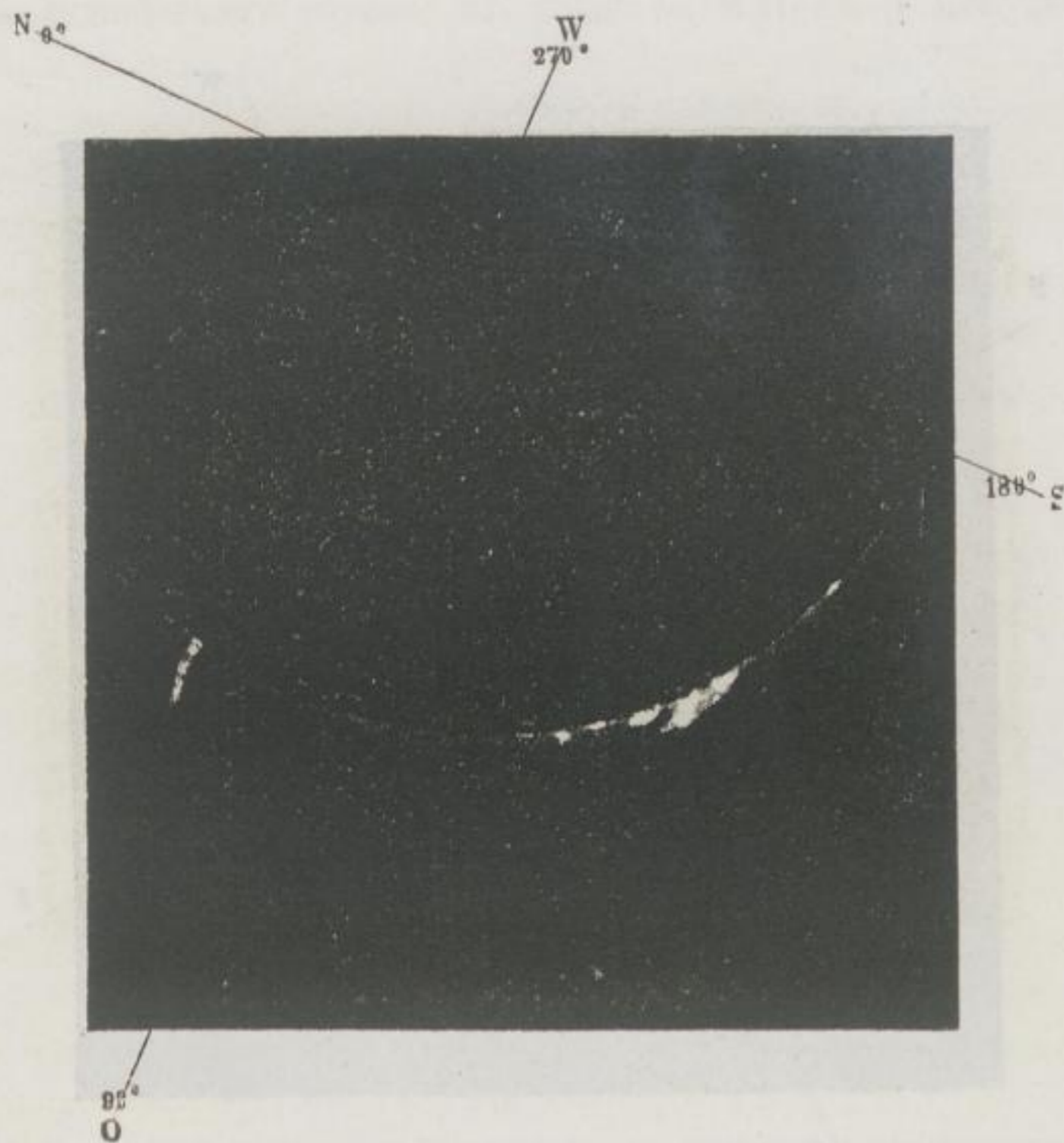


Fig. 36. Sonnenfinsterniss von 1868 (nach Vogel's Photographie).

wir der öden Felseninsel Lebewohl und steuerten nach Suez.“ (Vogel, die chemischen Wirkungen des Lichts, Leipzig 1874.)

Unsere Abbildungen Figg. 35 und 36 geben eine getreue Kopie der durch die deutsche Expedition aufgenommenen Photographien. Man erkennt hier, ebenso wie bei den Abbildungen der Finsterniss von 1860, einzelne Protuberanzen, welche in Fig. 37 nach den Darstellungen, wie sie in Indien von Major Tenant zur selben Zeit photographirt wurden, in vereinigttem Gesamtbilde erscheinen. Warren de la Rue hat später die Tenant'schen Photographien zusammen

gezeichnet, welches Bild wir in Fig. 38 reproduziren. Die bedeutende Höhe der Protuberanzen tritt hier besonders hervor. Die Protuberanz *A*, welche auch in Fig. 36 (v. d. Expedition in Aden) ersichtlich ist, hatte nach Dr. Vogel's Berechnung eine Höhe von 18,000 deutschen Meilen. Dieselbe stand hornartig am östlichen Rande der Sonne hinaus und machte den Eindruck einer gewaltigen brennenden Gasmasse. Außerdem sind auf der Zeichnung Warren de la Rue's

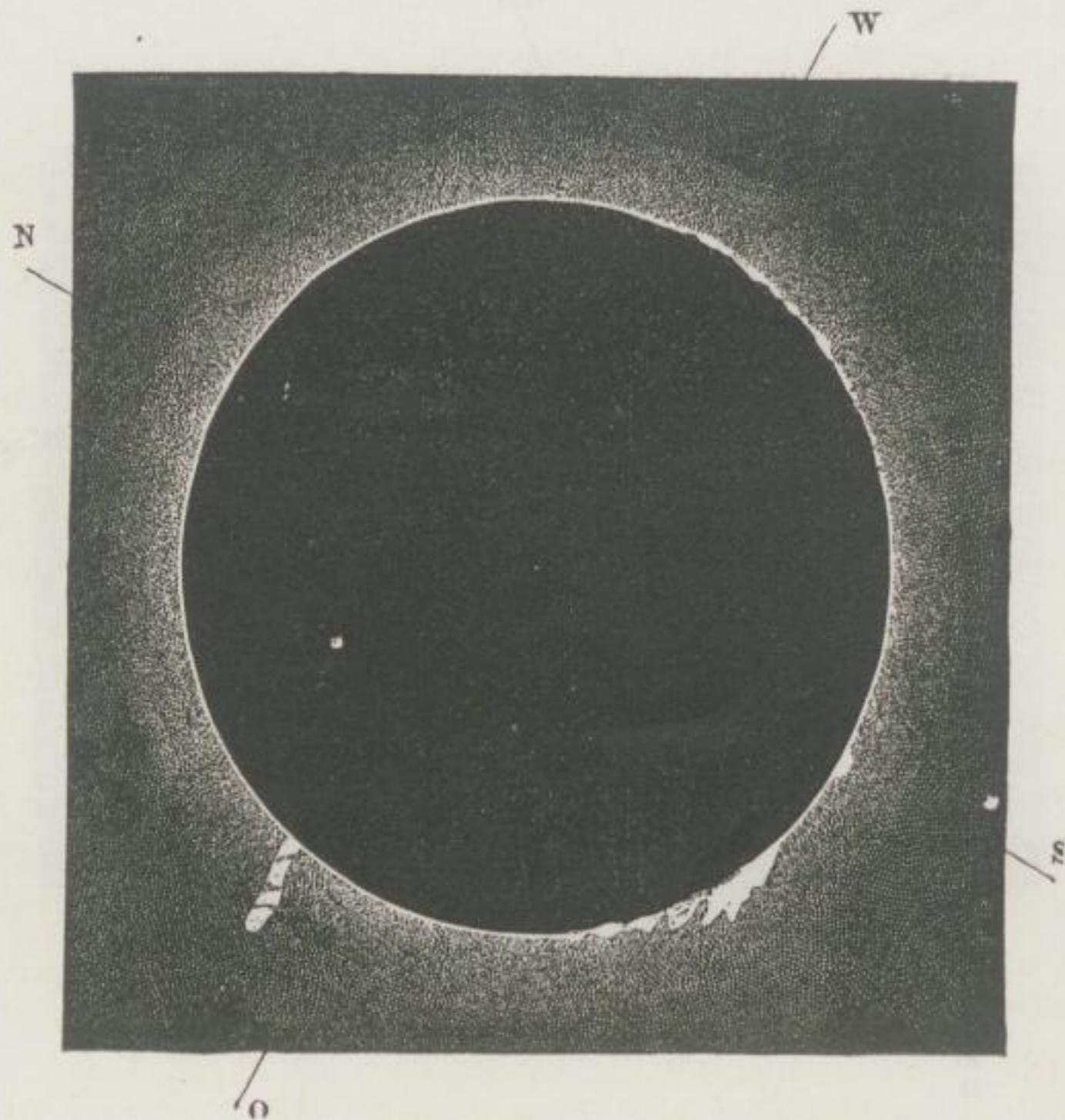


Fig. 37. Sonnenfinsterniss von 1868 (nach Major Tenant's Photographien).

der Mondweg, die Sonnenachse und die Sonnenflecken angegeben, welche an jenem Tage auf dem Observatorium zu Kew photographirt worden sind.

Die zweite Sonnenfinsterniss vom 7. August 1869 wurde mit besonderem Eifer in Amerika verfolgt. Gegen hundert Photographen waren zur Beobachtung dieses Phänomens nach dem Staate Jowa in Nordamerika dirigirt und standen unter der Leitung des Professors Morton aus Philadelphia. Der Kongress hatte dazu fünftausend Dollars bewilligt. Die photographischen Aufnahmen wurden von

Dr. B. A. Gould geleitet. Ausserdem hatte die Regierung der Union noch drei Expeditionen nach verschiedenen Stationen Nordamerika's ausgerüstet und mit den ausgezeichnetsten Hilfsmitteln zur Beobachtung versehen. Es wurden 279 brauchbare photographische Aufnahmen jener totalen Sonnenfinsterniss durch circa 30 Fernrohre erzielt, und waren die Resultate die glänzendsten, die bislang erreicht waren.

Die Schilderung, welche Mr. Edward Wilson in den „photo-

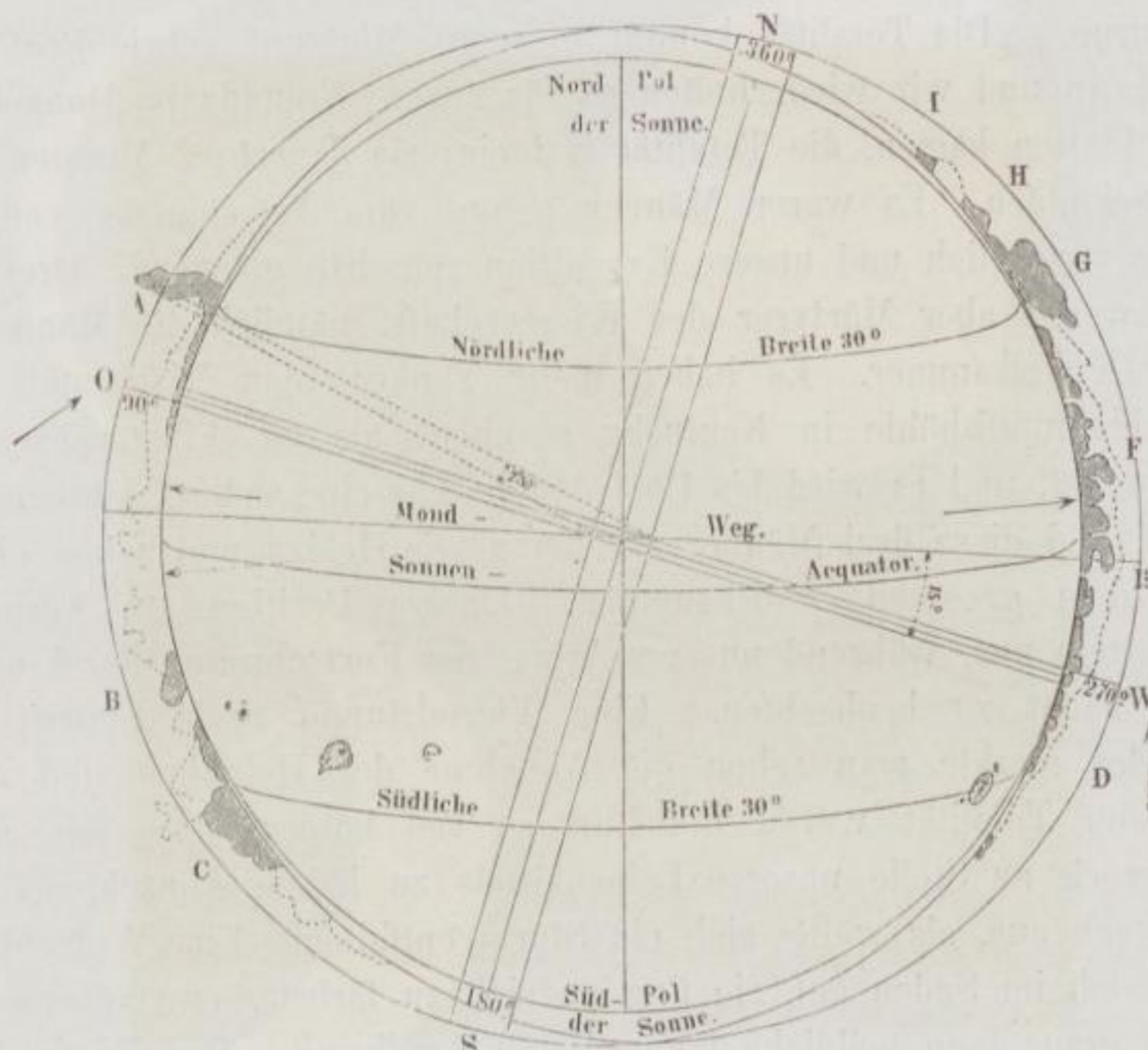


Fig. 38. Sonnenfinsterniss, nach Photographien von Warren de la Rue gezeichnet.

graphischen Mittheilungen“, Oktoberheft 1869, giebt, gestatten uns einen Einblick in das energische Arbeiten, welches die Amerikaner nicht nur in Bezug auf materielle Interessen, sondern auch auf wissenschaftliche Forschungen auszeichnet.

Wilson war im Vereine mit Professor Morton zu Mount-Pleasant stationirt. Seine Originalmittheilung lautet folgendermassen:

„Die Nacht vor dem 7. August erschien der Himmel bewölkt, hellte sich aber am Morgen zu einem sehr klaren und wolkenlosen Tage auf, wie seit Monaten keiner gewesen war. Unser Dunkelzelt war gross und bequem. Zwei Schlitze zu beiden Seiten erlaubten

die Kassetten aus- und einzuführen. Das Teleskop war nur $1\frac{2}{3}$ Meter vom Zelt. Die Chemikalien waren die gewöhnlichen, in unseren Ateliers üblichen. Die erste Platte stak bereits im Rohr. Professor Watson signalisirte uns durch Aufheben der Hand den Expositions-moment, der Augenblicksverschluss klappte auf und zu und das erste Bild war exponirt. Die Entwicklung ergab ein Bild der Sonne, das wie ein leicht vom Daumen eingedrückter Apfel aussah. Nun machten wir ununterbrochen Platten in Zwischräumen von 5 und 10 Minuten bis zur Totalität und von da ab wieder bis zur Trennung der beiden Gestirne. „Die Totalität kommt in sechs Minuten“ schrie Professor Watson und wir wiederholten es für unsere Freunde im Dunkelzelt. Die Platten kamen, die Totalität trat ein; sie dauerte 2 Minuten und 48 Sekunden. Es waren Männer genug zum Arbeiten da, es ging Alles vorzüglich und unsere Expedition reüssirte glänzend. Drei von uns waren aber Märtyrer der Wissenschaft, nämlich die Männer in der Dunkelkammer. Es haben mehr Yankees den Niagarafall und die Mammuthöhle in Kentucky gesehen, als die Finsterniss vom 7. August, und es wird bis 1901 dauern, ehe eine andere sichtbar sein wird, und diese drei Männer arbeiteten wie Helden und sahen nichts von dem grossartigen Phänomen. Unsere Position am Fernrohr gestattete uns, während unserer Arbeit das Fortschreiten der Finsterniss leicht zu beobachten. Eine Viertelstunde nach Eintritt des Mondes merkte man schon die Abnahme der Helligkeit und nahe vor der Totalität wurde die Luft so viel kühler, dass wir einen Tuchrock an Stelle unseres Leinenkittels zu haben wünschten. Die Luft sah aus, als wollte sich ein Sturm entfalten. Eine Wolkenbank that sich im Süden auf, sie fing an sich zu färben, erst silberweiss, dann grau, dann gelblich, dann glänzend gelbroth. Das Himmelblau ging in verschiedene Farben über. Unsere Gesichter erschienen uns schwarzgelblich. Wir beobachteten dies Alles mit einer gewissen Aufregung wegen der Sorge um unsere Erfolge. Die Totalität kam. Es war dunkel, aber nicht das Dunkel der Nacht. Lesen hätte man nicht können. Es war dunkler ringsum, als in einer hellen Mondnacht, doch hell genug, um unsere Arbeit zu verrichten. Einen Moment vor völliger Totalität erschien die schmale Sonnensichel noch ganz blendend, dann erlosch das Licht wie eine abgebrannte Kerze. Da hingen Sonne und Mond, die beiden gewaltigen Gestirne, face à face zwischen Himmel und Erde, ein grosser schwarzer runder Fleck, umgeben mit einem glänzenden Lichtkreis von bräunlich goldiger Farbe, hier und da unterbrochen durch die helleren Flecke der fleisch-

farbenen Protuberanzen von ganz unregelmässiger Grösse und Gestalt und umgrenzt von der herrlichen Korona, welche ihre Strahlen nach allen Richtungen schoss, am schwächsten dort, wo die Protuberanzen am grössten waren, aber alles in Glorie hüllend, wunderbar schön, als wäre der Schöpfer im Begriff, an diesem Wunder seine Allmacht zu zeigen. Alles war still, nur das Zählen der Astronomen und das Schlagen unseres Momentanverschlusses unterbrach das Schweigen.

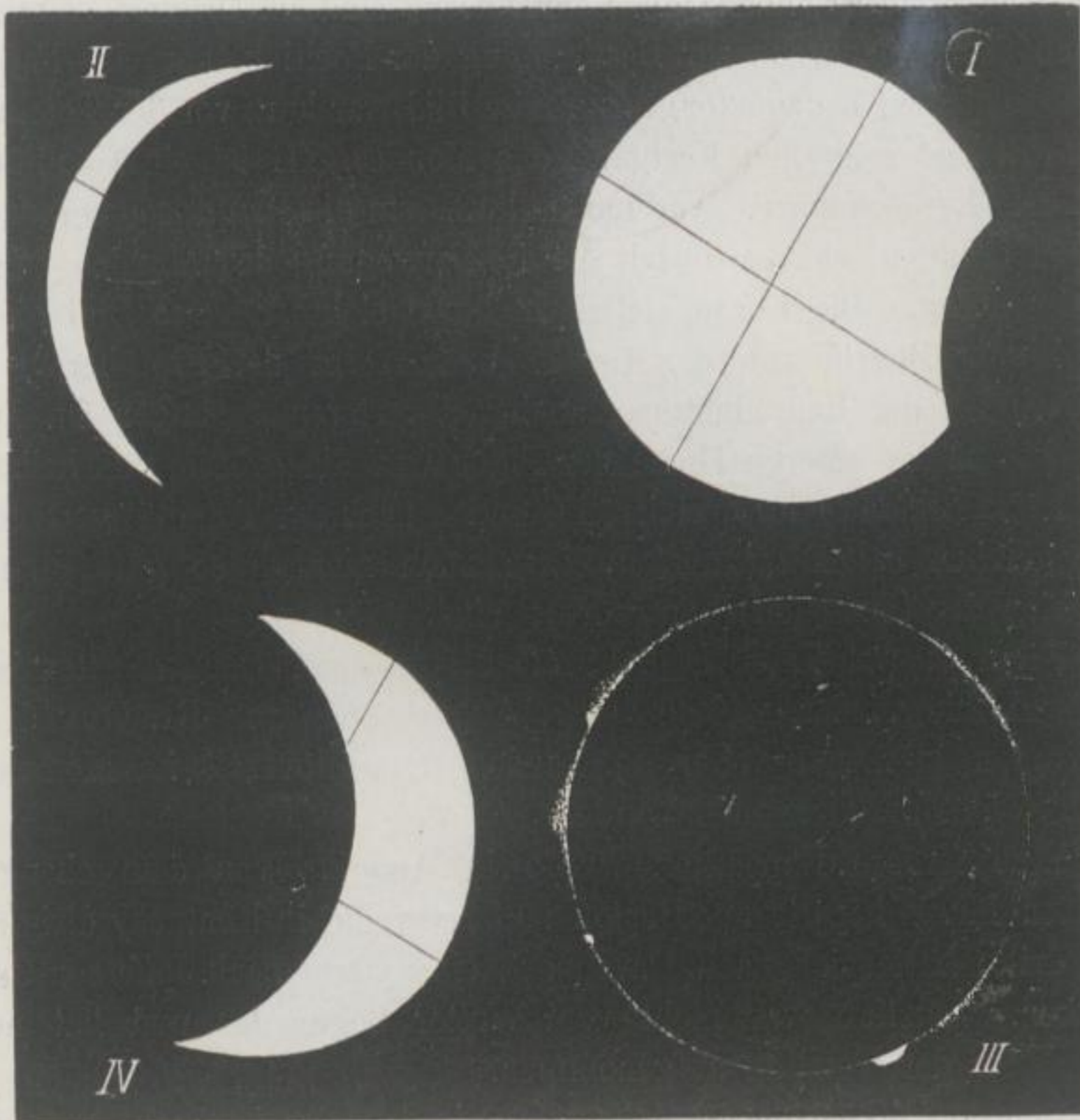


Fig. 39. Sonnenfinsterniss-Photogramme 1869 (Morton's amerikanische Expedition).

Die Erscheinung war wie ein Riesenbild der Laterna magica, aufgefangen auf dem Himmel als Bildschirm. Wir sahen uns um, es erschienen einige Sterne, sie blickten uns fast vorwurfsvoll an. Ein ähnliches Gefühl erregte in uns das Sichtbarwerden der grossen Protuberanz am unteren Sonnenrande. Vier Platten waren belichtet, da plötzlich erfüllte sich das Wort „es werde Licht“ und „es ward Licht“ und heraus quoll eine mächtige glänzende Flut von Licht, gleich den stürzenden, schäumenden Niagarawassern. Die Sonne trat hervor wie eine Siegerin aus dem Titanenkampfe und mit Jubel wurde sie von

dem ringsum versammelten Volke begrüsst. Immer grösser wurde die Sonnensichel, immer heller und wärmer ihre Strahlen, bis die Tageskönigin wieder in voller Gestalt und Glorie am Himmel stand. Die gewonnenen Negative wurden sofort in Originalgrösse reproduziert und von diesen sekundären Negativen stammen die obigen Abdrücke (Fig. 39 S. 45.) her.

Das erste Bild oben rechts (I) war das sechste oder siebente nach dem ersten Kontakt; die Sonnenflecke sind im Original sichtbar ebenso das Fadenkreuz zur Bestimmung der Position, der eine Faden ist parallel dem Erdäquator, das zweite Bild war kurz vor der Totalität gemacht, und zeigt den Fortgang des Mondes. III ist ein Totalitätsbild. Die Expositionszeit war nur zu kurz, um die Hauptprotuberanzen alle zu erhalten, ehe sie durch die Fortbewegung des Mondes zugeeckt wurden. Die Korona ist darin kaum sichtbar. Das Bild giebt den besten Begriff von der Gestalt und Grösse der Protuberanzen, obgleich bei der Reproduktion Mancherlei verloren gegangen ist. Die Protuberanz im unteren Theile der Figur war die grösste und hellste. Das letzte Bild (IV) ist dreiviertel Stunden nach der Totalität gemacht. Wir glauben sagen zu dürfen, dass noch niemals so gute Photographien der Sonne erhalten worden sind.“

Figur 2 auf Tafel I giebt die Kopie einer Sonnenfinsterniss-Photographie wieder, welche am 7. August 1869 von Dr. Gould in Burlington in Amerika bei 7 Sekunden Expositionszeit im Momente der Totalität aufgenommen wurde.

Eine fernere Expedition wurde in Amerika von dem obengenannten Mr. Whipple aus Boston zu Shelbyville in Kentucky dirigirt; eine dritte hatte sich nach Davenport, eine vierte nach Jefferson-City begeben. Letztere war nicht vom Wetter begünstigt und hat nur vier Bilder der Totalität aufgenommen.

In Figur 40 ist die im Jahre 1869 in Amerika beobachtete totale Verfinsternung mit den photographirten Protuberanzen und der Korona zu einem Gesamtbilde vereinigt. Die Protuberanzen bei dieser Finsterniss glichen theils vulkanischen Feuerausbrüchen, theils fortgetriebenen Feuerwolken.

Die Expedition, welche am 22. September 1870 unter Leitung des englischen Astronomen Lockyer von der englischen Regierung nach Catania in Sizilien entsendet worden, hat infolge störender Witterungseinflüsse keine bedeutenden Erfolge aufzuweisen. Derselben hatten sich auch Roscoe aus England und H. W. Vogel aus Berlin angeschlossen.

Die genannten Forscher waren zur Beobachtung der an dem bestimmten Tage stattfindenden Sonnenfinsterniss den Aetna emporgestiegen und auch bis 1500 Meter über die Meereshöhe gelangt, als plötzlich ein trüber Wolkenschleier den Himmel überzog und dichter Schneefall sie an weiterem Vordringen verhinderte. Obwohl sich das Wetter wieder aufgeklärt hatte, zog im Moment, wo der erste Kontakt des Sonnenrandes mit dem Mondrande beobachtet werden sollte, aus

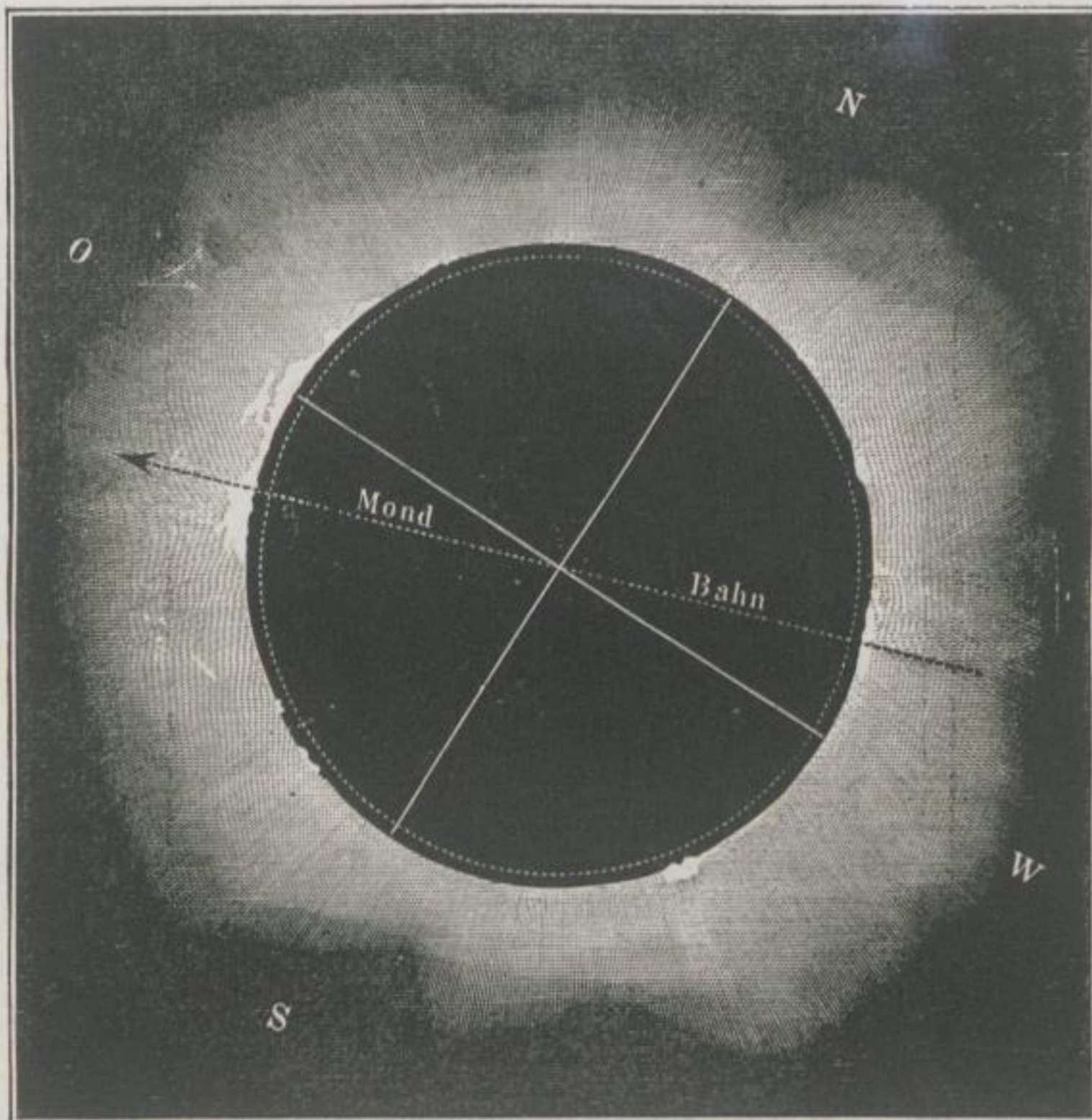


Fig. 40. Amerikanische Photographie der Sonnenfinsterniss von 1869 (Whipple).

Norden eine ungeheuerere, gelblich gefärbte Wolke heran, welche sich in ein dichtes Hagelwetter auflöste. Während der Totalität war die Sonne durch eine dunkelgraue Atmosphäre verhüllt und alle Anstrengungen und die so mühsamen Vorbereitungen wären vergeblich gewesen, wenn nicht andere erfolgreiche Untersuchungen die Reisenden in mannichfacher Beziehung entschädigt hätten.

Die vierte Finsterniss, welche im Laufe des letzten Jahrzehnts zur Beobachtung kam, fand am 12. Dezember 1871 statt und war

in Ostindien sichtbar. Figur 41 zeigt uns eine herrliche Darstellung der Korona, wie dieselbe durch Davis, den Astronomen Lord Lindsay's, am 12. Dezember 1871 in Indien aufgenommen wurde. Der Mond erscheint hier in ovaler, durch rasches Vorbeirücken an der Sonnenscheibe bedingter Gestalt. Die Protuberanzen sind aus den oben (S. 35) angeführten Gründen chemischer Ueberwirkung nicht zu sehen. Eine weitere Darstellung dieser interessanten Sonnenfinsterniss liefert das Bild No. 3 auf Tafel I. Dasselbe wurde mit dem stationären Apparat und einem lichtstarken Porträtobjektiv von 3 Zoll

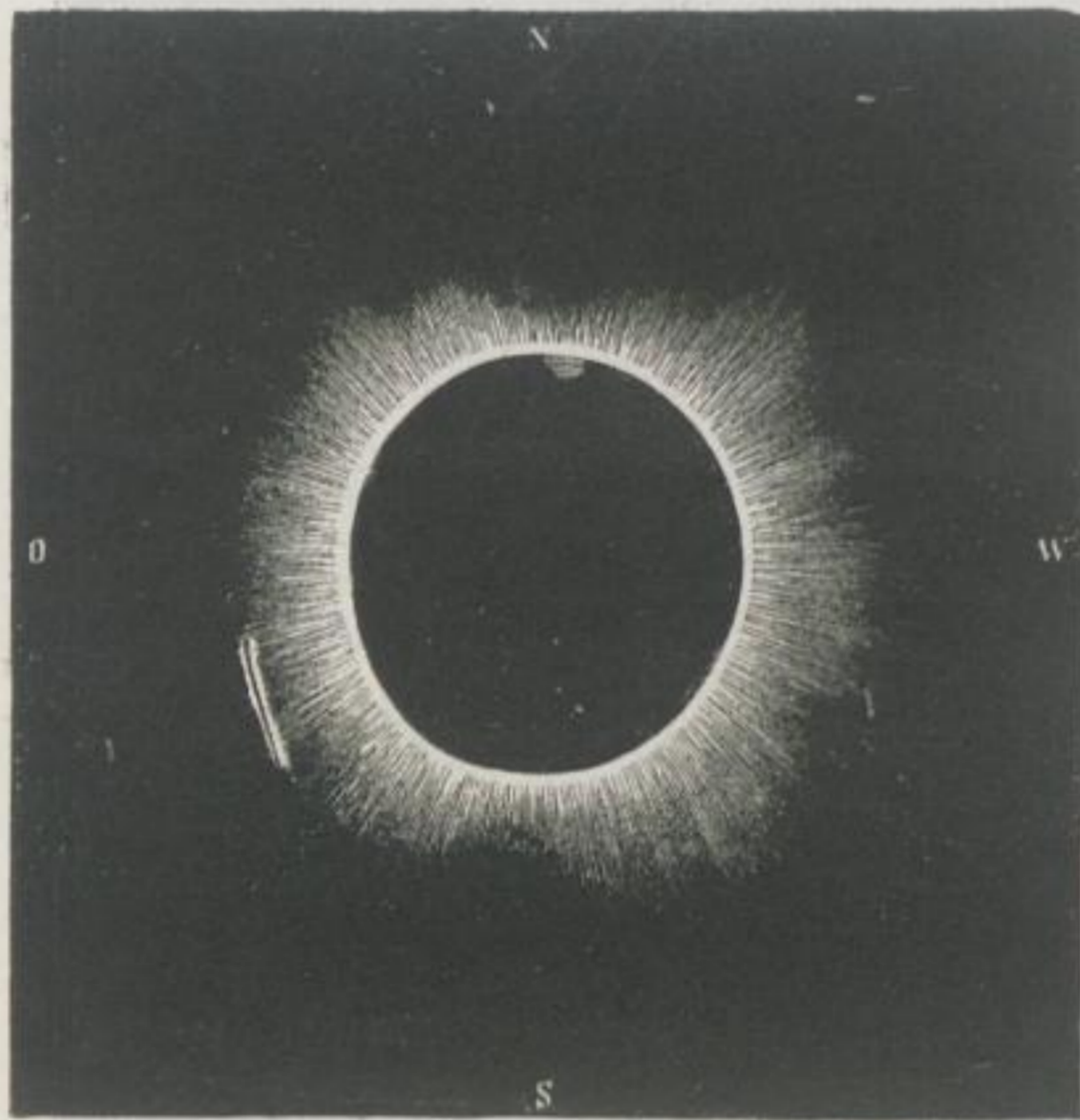


Fig. 41. Sonnenfinsterniss-Photographie vom 12. Dez. 1871.

Oeffnung von C. Dietrich, Photograph aus Buitenzorg bei Batavia, an dem genannten Tage zu Tjilentalap auf Java in $\frac{1}{2}$ Sekunde Expositionszeit mit gewöhnlichen empfindlichen Chemikalien, in einer Grösse von 3 Millimeter Durchmesser aufgenommen. Wir verdanken die Kopie, nach welcher unser Tafelbild vergrössert wurde, der Vermittelung des Herrn Dr. H. W. Vogel in Berlin.

Fassen wir die aus den verschiedenen Sonnenfinsternissen vom Jahre 1860 bis 1883 gewonnenen photographischen Resultate zusammen, so finden wir in den bezüglichen Abbildungen nicht nur die sich folgenden Momente der Verfinsterung treu wiedergegeben, sondern es erscheinen auch die Grenzen des Sonnenrandes in einer früher nicht erreichten, und selbst durch die fleissigste Zeichnung kaum erreichbaren Vollkommenheit. Die Protuberanzen zeigen auf einzelnen Platten eine bewundernswerthe Schärfe der Darstellung, während sich auf anderen photographischen Bildern die Korona mit ihren rechtwinklig auf der dunkeln Mondscheibe stehenden Strahlen herrlich markirt. Vergleicht man viele Bilder mit einander, so über-

zeugt man sich, dass die hellsten Stellen der Korona augenscheinlich mit den Protuberanzen in Zusammenhang stehen. Es hat sich nämlich bei genauen Vergleichen herausgestellt, dass das Licht der Korona weder, wie man bisher glaubte, eine durch unsere Erdatmosphäre bedingte Lichtbrechungserscheinung ist, noch auf reflektirtem Sonnenlichte beruht; man hält sie vielmehr für eine direkt von der glühenden Sonnenatmosphäre ausstrahlende Lichtmasse, wogegen die amerikanischen Beobachter die Erscheinung für eine elektrische Entladung von sehr schneller Bewegung ansehen und dieselbe der Natur des Nordlichtes an die Seite stellen. Weitere mit Hilfe der Photographie anzustellende Untersuchungen werden auch diese Streitfrage zu endlicher Lösung bringen.

3. DER MOND.

Während der mächtige Centrankörper unseres Planetensystemes als der unerschöpfliche Born des Lichtes und der Wärme, der Kraft und des Lebens sich erweist, drängt sich uns bei der Betrachtung des Mondes der Gedanke auf, dass dessen Rolle eine verhältnissmäßig im Weltall sehr unbedeutende und er nur in seiner Eigenschaft als unzertrennlicher Begleiter der Erde, als Reflektor des Sonnenlichtes, unsere Aufmerksamkeit in Anspruch zu nehmen berechtigt sei. Der Mond ist tod und giebt uns gleichsam ein Zukunftsbild unserer Erde, während die gasförmig-glühenden Massen auf der Sonne uns einen Begriff von der Vergangenheit unseres Planeten zu geben im Stande sind.

Kaum war im Jahre 1839 die Einwirkung des Lichtes auf die jodirte Silberplatte von Daguerre gefunden, als man auch versuchte, die chemische Wirkung der Mondstrahlen auf die Jodsilber-Schicht zu erproben, und schon Arago hat im Jahre 1840 das Daguerre'sche Verfahren für die Darstellung des Mondes in einer Sitzung der Akademie empfohlen. Bei der geringen Empfindlichkeit der damals im Gebrauche gewesenen chemischen Reagentien und deren langsamer Wirkung konnte jedoch von einem vollkommenen photographischen Mondbilde noch nicht die Rede sein. Es wurde nur konstatiert, dass die Strahlen des Mondlichtes eine chemische Einwirkung auf die Daguerreotypplatte überhaupt besitzen.

Alle Photographien des Mondes mussten an der zu langen Expositionszeit scheitern, weil während derselben auch durch das beste Uhrwerk nur die scheinbare tägliche und die dieser entgegengesetzte Eigenbewegung des Mondes zu kompensiren möglich war, nicht

aber die dazu senkrechte Bewegung in Deklination, die Wirkung der Abstandsänderung des Mondes vom Beobachtungsorte und der Veränderung des Schattenwurfes mit dem Fortschreiten der Beleuchtungsgrenze auf der Mondoberfläche. Aber die Expositionsdauer konnte durch Vervollkommnung der Instrumente und des angewandten photographischen Verfahrens auf 1—2 Zeitminuten herabgedrückt werden. Rutherford erhielt bei seinen späteren Versuchen auf nassen Kollodiumplatten ein richtig exponirtes Bild sogar schon in $\frac{3}{4}$ Sekunden, jedoch nur bei sehr klarer Atmosphäre. Während bekanntlich die Anfertigung der schönen Karte des Mondes durch den berühmten Mondtopographen Mädler (Fig. 51) nahe 7 Jahre, vom Frühjahr 1830 bis August 1836, beanspruchte, vermag der Photograph dieselbe Aufgabe in einer Sekunde zu lösen, welche Expositionszeit bei Benutzung von Bromgelatinetrockenplatten auf Bruchtheile einer Sekunde herabgeht. (Vgl. Bd. I. S. 266.)

Die Ersten, welche befriedigende Lichtbilder des Mondes aufnahmen, waren Professor Bond zu Cambridge, sowie Whipple und Black zu Boston in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Dieselben erhielten im Jahre 1850 ein Daguerreotypbild des Mondes, indem sie eine jodirte Silberplatte in den Fokus des grossen Reflektors des Harwarder Observatoriums einstellten; einige ihrer Bilder waren auf der ersten Londoner Ausstellung vom Jahre 1851 zu sehen; andere wurden in der Versammlung der englischen astronomischen Gesellschaft im Mai 1851 vorgezeigt.

In der zweiten Hälfte des Jahres 1852 stellte Warren de la Rue einige sehr gelungene Photographien des Mondes her (Fig. 42). Er brauchte eine Expositionszeit von circa 15 Sekunden und wandte dabei zum ersten Male das Kollodiumverfahren auf Glasplatten zur Gewinnung astronomischer Bilder an. Vermittelst eines äquatoreal aufgestellten Teleskops von 13 Zoll Oeffnung und 10 Fuss Fokaldistanz gelangte er zu Resultaten, die heute noch das ungetheilte Lob der Fachmänner geniessen und sind Kopien jener Bilder bekanntlich zu Tausenden in den Handel gekommen. Im Jahre 1853 befasste sich der englische Professor Philipps mit demselben Gegenstande und theilte das Resultat seiner Erfahrung in einer zu Hull abgehaltenen Versammlung mit. Später haben sich Secchi in Rom und Fry in Brighton, sowie der Astronom Huggins in London mit Mondphotographien beschäftigt. Die dabei angewendeten Fernrohre waren Refraktoren. Eine aber bis heute noch unübertroffene Vollkommenheit erhielten die photographischen Aufnahmen des Mondes

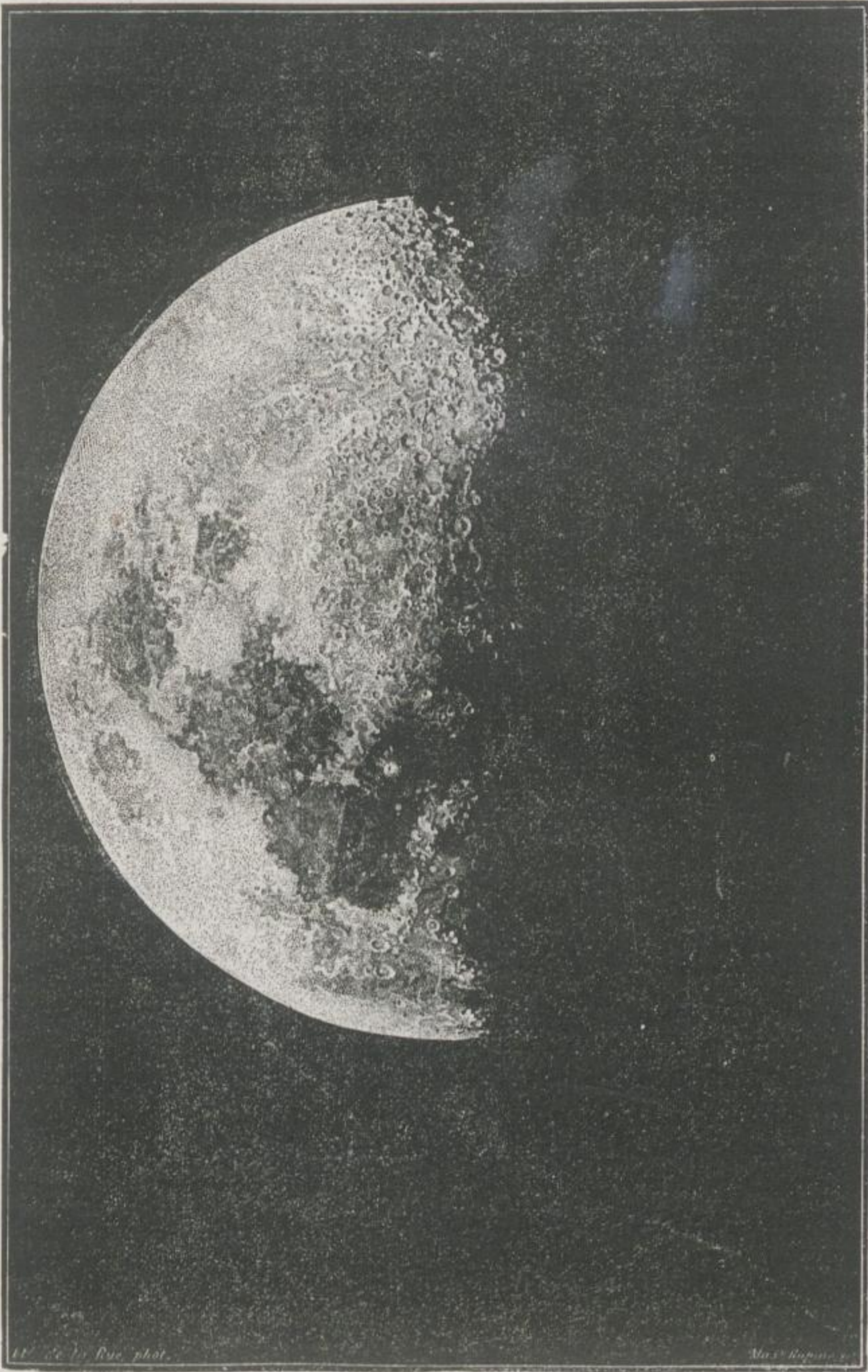


Fig. 42. Mond (erstes Viertel) nach einer Photographie von Warren de la Rue.

4*

durch Rutherford in Newyork. Derselbe gebrauchte zur Darstellung eines guten Mondnegativs in der Zeit des Vollmondes nur Theile einer Sekunde. Im ersten und im dritten Viertel stieg die Expositionszeit jedoch bis auf 20 bis 30 Sekunden und hing solche von der Empfindlichkeit des Kollodiums ab. Die erhöhten Stellen der Mondoberfläche, welche als Mondberge beschrieben werden, und besonders die hell erleuchteten Gipfel dieser Berge, geben nach Rutherford rascher und schneller ein Bild, als die unter dem Namen der Mondmeere bekannten tiefer liegenden Gegenden.



Fig. 43. Warren de la Rue's Photographie des Vollmonds.

Figur 43 zeigt uns die getreue Kopie einer weiteren photographischen Mondaufnahme von Warren de la Rue, und in Fig. 44 geben wir zum Vergleiche ein nach einer Zeichnung gefertigtes Bild der Mondoberfläche.

Die Schwierigkeiten, welche sich der Mondphotographie entgegenstellen, haben einen doppelten Grund. Erstens veranlassen die Maschinerien, welche das Teleskop bewegen, infolge der differenten Laufbahn des Mondes Störungen — zweitens bringt bei der Operation mit grossen Objektiven der Umstand, dass der optische und chemische Brennpunkt der Linsen nicht zusammenfallen, Unregelmässigkeiten hervor.

Eine dritte Schwierigkeit liegt in der Verschiedenheit der Albedo des Mondes an verschiedenen Stellen desselben, weshalb bei bestimmter Expositionsdauer stets einige Parthieen über- andere unterexponirt sein werden, sobald man den ganzen Mond photographirt. Man begegnet ihr durch Detailaufnahmen, aus welchen später das vollständige Bild zusammensetzen ist. Bei allen Mondaufnahmen befremdet daher die von der optischen verschiedene Nuancirung gewisser Theile der Mondscheibe, welche in der geringen chemischen Ein-

wirkung derselben auf die sensible Platte ihre Erklärung findet. Es wäre nicht schwer, diese dunkleren Partien richtig zu exponiren.

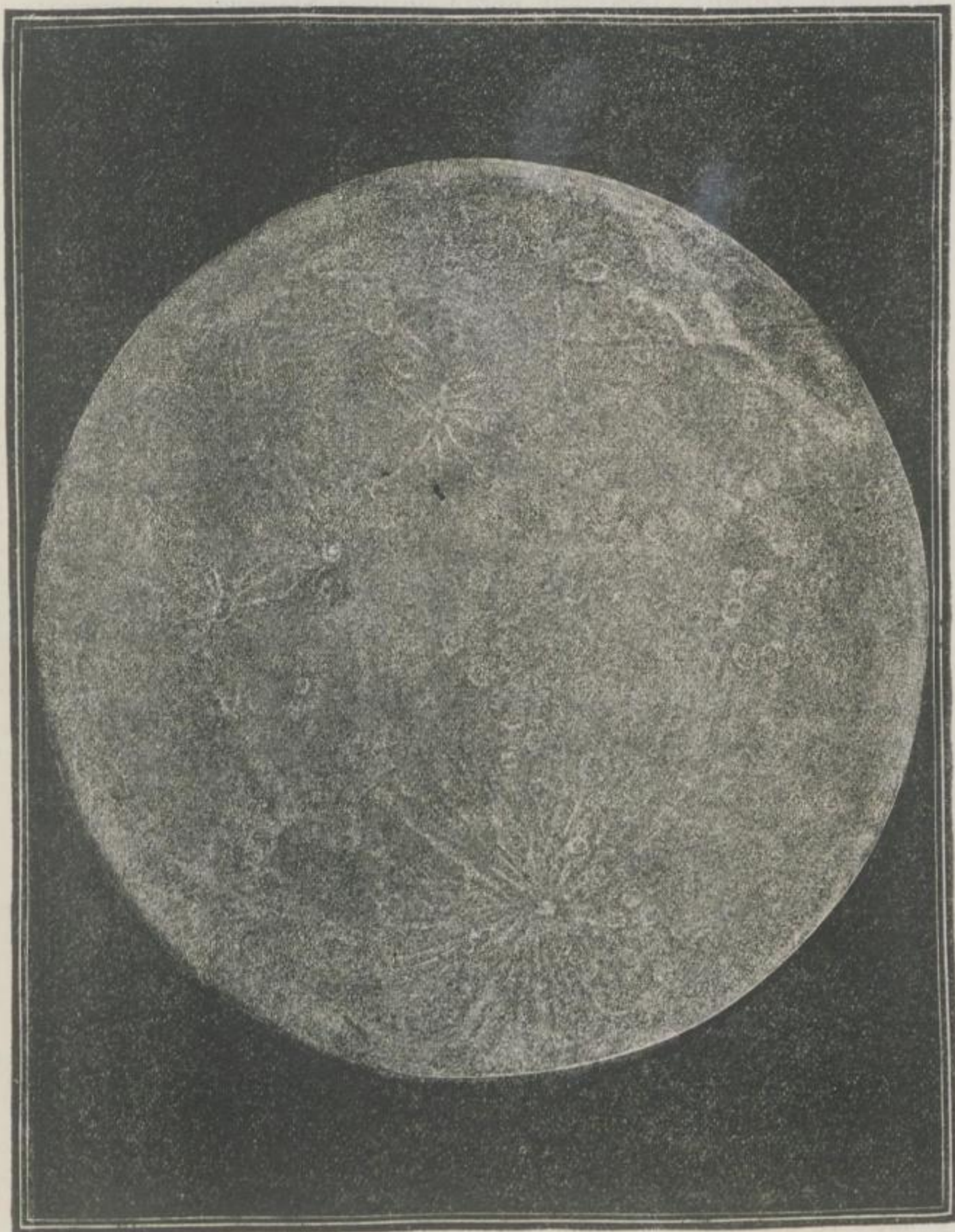


Fig. 44. Schema der Mondoberfläche.

wo dann aber die hellen überexponirt und deshalb unbestimmt erscheinen müssten. In dieser Beziehung verhalten sich die Bromsilber-Gelatine-Platten günstiger, als die nassen Kollodiumplatten, da die

Empfindlichkeit der ersteren näher zu den optisch wirksamen Strahlen des Spektrums liegt. Mit diesen gelingt die Aufnahme des Mondes auch bei kleineren Instrumenten schon in dem Bruchtheil der Sekunde, wie sich Weinek 1880 auf der Leipziger Sternwarte überzeugete, indem er im Brennpunkte des 6-zölligen Photoheliographen der 1874er Kerguelen-Venusexpedition ohne Uhrwerk durch rasches Vorbeibewegen eines Schirmes vor dem Objektiv scharfe Mondbilder von 18 Millimeter Durchmesser erhielt.

Das Uhrgetriebe des Teleskops muss bei der Aufnahme von Mondbildern genau nach der stets wechselnden Mondzeit gestellt werden, und ist dabei zu beachten, dass die Mondzeit von der Sternzeit infolge der veränderlichen Bewegung des Mondes in seiner Bahn gegenüber den täglichen Bewegungen der Sterne abweicht. Wenn daher ein Uhrgetriebe, welches für einen Stern gestellt war, nach dem Laufe des Mondes gerichtet werden soll, so muss es mehr oder weniger verlangsamt werden. Warren de la Rue bewerkstelligte dies durch Verkürzung des Uhrpendels, indem er auf diese Weise die Drehungszeit änderte und modifizierte.

Was den zweiten Punkt, die Fokusdifferenz, anlangt, so rückt bei Refraktionsteleskopen der photographische Fokus zu weit von dem optischen Brennpunkte für die Aufnahme weg, als bei Reflektoren, indem jene Instrumente nur für das beste optische Bild hergestellt sind und für die chemischen Strahlen nicht berechnet wurden. Die Reflektoren aber, bei welchen alle Strahlen an fast gleicher Stelle zum Fokus gelangen, haben eben aus diesem Grunde für die Astro-Photographie beträchtliche Vorzüge.

Da der Fokus einer Korrektion für das optische und chemische Bild bedarf, so ist bei Refraktoren eine bezügliche Berechnung nothwendig. Warren de la Rue schreibt das vorzügliche Gelingen seiner Bilder hauptsächlich der Anwendung eines Reflektors zu, wenn auch seine Mitarbeiter auf demselben Gebiete Refraktoren mit Erfolg gebraucht haben.

Rutherford fand durch Berechnungen und durch praktische Versuche, dass bei seinen Refraktoren der photographische Brennpunkt 1,75 Centimeter jenseits des optischen gelegen war. In neuerer Zeit ist es ihm gelungen, ein astronomisches Objektiv von Flint- und Crown Glas zu konstruiren, bei welchem der optische und chemische Brennpunkt zusammenfallen. Mit diesem Objektiv hat Rutherford die meisten seiner berühmt gewordenen photographischen Mondbilder dargestellt; wir geben auf unserer Tafel I Fig. 5 und 6 die

Photographien dreier uns von Herrn Rutherford für unser Buch zur Verfügung gestellter Mondaufnahmen in getreuen Nachbildungen wieder.

Schon mit unbewaffnetem Auge nehmen wir an der Oberfläche des Mondes eigenthümliche Ränder, ovale, zackige und gestreckte Vertiefungen und Erhabenheiten wahr, welche sich bei Benutzung eines guten Fernrohres als mannichfaltige Formen von Bergen und Thälern, hohen Zacken und kraterförmigen Vertiefungen, Unebenheiten und langgestreckten Gebirgszügen ergeben; diese Gebilde machen den Eindruck einer ursprünglich flüssigen Masse, aus deren Innerem kräftige Eruptionen hervorbrachen, welche einen dickflüssigen Stoff ausgetrieben und die kreisförmig erhöhten Ränder der Krater gebildet haben müssen.

Was nun den wissenschaftlichen Werth der Mondphotographie anlangt, so fällt vor Allem der Umstand ins Auge, dass niemals eine Zeichnung auch nur annähernd diejenigen Feinheiten der Mondoberfläche zu bieten vermag, welche durch eine gute bezügliche Photographie erzielt werden; auch wurde erst durch die photographische Darstellung stereoskopischer Mondbilder für das beschauende Auge des Laien konstatiert, dass der Mond keine Scheibe, sondern eine Kugel sei.

Das photographische Bild zeigt uns weiter, dass niemals eine volle Mondhalbkugel, selbst nicht zur Zeit des Vollmondes, sichtbar wird, ausgenommen kurz vor oder nach einer Mondfinsterniss, oder überhaupt, wenn Erde und Mond sich nahezu mit der Sonne in einer geraden Linie befinden. Wir entdecken nämlich bei genauer Durchsicht einer grösseren Sammlung photographischer Mondbilder, dass die scheinbaren Grenzen der Mondscheibe zu verschiedenen Zeiten auch sehr verschieden sind. Wir finden den Grund dieser unregelmässigen Erscheinung in den die Bewegung des Mondes begleitenden Schwankungen. Da die Umlaufzeit des Mondes mit seiner Achsendrehung übereinstimmt, so ist uns immer dieselbe Mondhalbkugel zugekehrt, welche demnach keinen Wechsel bieten würde; infolge der Schwankungen aber blicken wir etwas mehr bald auf die Westseite, bald auf die Ostseite unseres Satelliten; bald ist uns der Nordpol des Mondes, bald wieder der Südpol zugewendet, so dass es den Anschein hat, als ob der Mond bei seiner Drehung gleichsam eine perpetuirliche Pendelbewegung mache. Man nennt diese Schwankungen der Mondkugel die Librationen des Mondes, und zwar die Libration der Länge: die Schwankung nach Westen und Osten

(Fig. 45 *L*), die Libration der Breite: die Schwankung nach Norden und Süden (Fig. 45 *B*). Dieses Schwanken des Mondes bietet ein wichtiges Hilfsmittel zur Darstellung stereoskopisch-photographischer Abbildungen unseres Satelliten.

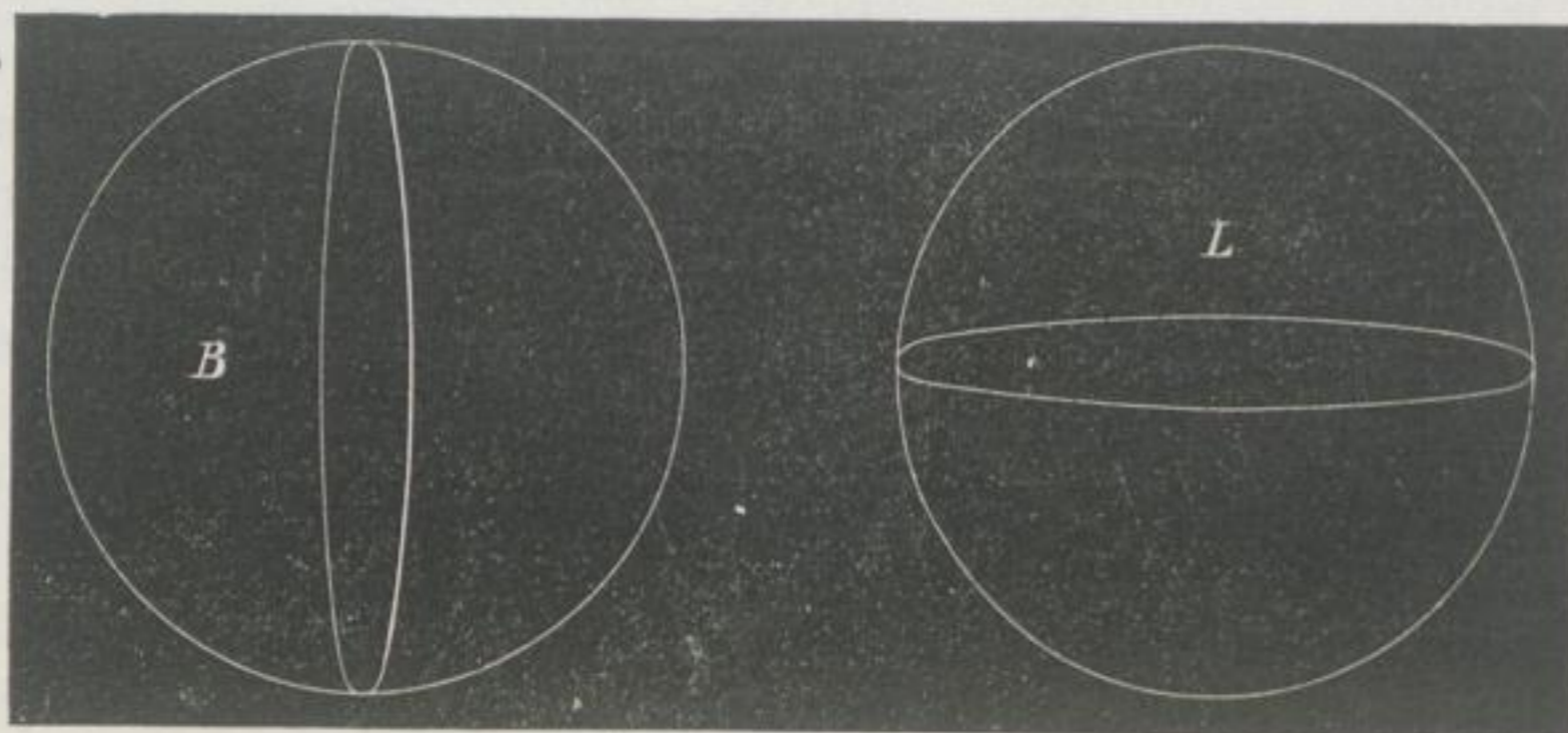


Fig. 45. Libration der Breite und Länge.

Damit die beiden in Längen- und Breitenlibration differirenden Mondbilder ein gutes Stereoskopbild zu geben im Stande seien, müssen sie dem Verhältnisse der Augenachsen entsprechen, das heisst es müssen die beiden Bilder so aufgenommen sein, dass das eine

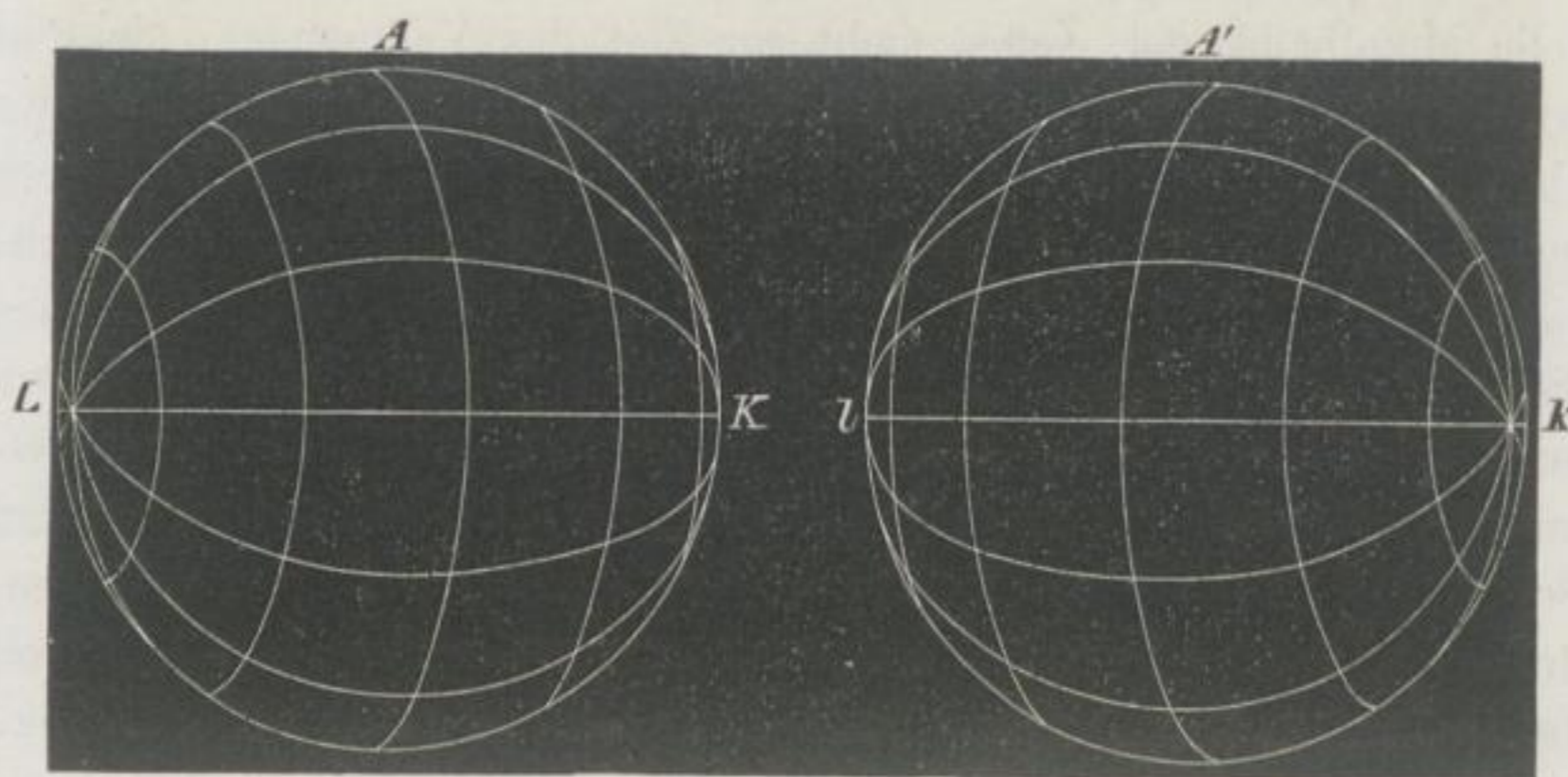


Fig. 46. Libration der Länge

mehr von der rechten, das andere mehr von der linken Seite dem Beobachter sich darbietet (s. Band I S. 46, über das Stereoskop). Wenn nun die Entfernung beider Augen von einander $6\frac{1}{2}$ Centimeter und die Entfernung des deutlichsten Sehens gleich 24 Centimeter

angenommen wird, so finden wir das Maximum des stereoskopischen Winkels von $15^{\circ} 58'$.

Die möglichst weite Verschiebung eines Objekts, z. B. eines Bergkegels auf dem Monde, beträgt bei der Längenlibration von Ost nach West $15^{\circ} 50'$, was mit dem Maximum des stereoskopischen Winkels fast identisch ist. Die Bewegung der Breitenlibration von Nord nach Süd übersteigt nie mehr als $13^{\circ} 34'$, welche Abweichung ebenfalls innerhalb des stereoskopischen Winkels fällt. In der Berücksichtigung obiger Gesetze liegt demnach die Möglichkeit, einen richtigen stereoskopischen Effekt für Mondbilder zu erreichen, vorausgesetzt, dass bei der photographischen Aufnahme des Mondes die Libration durch Verbindung zweier in genügend von einander ent-

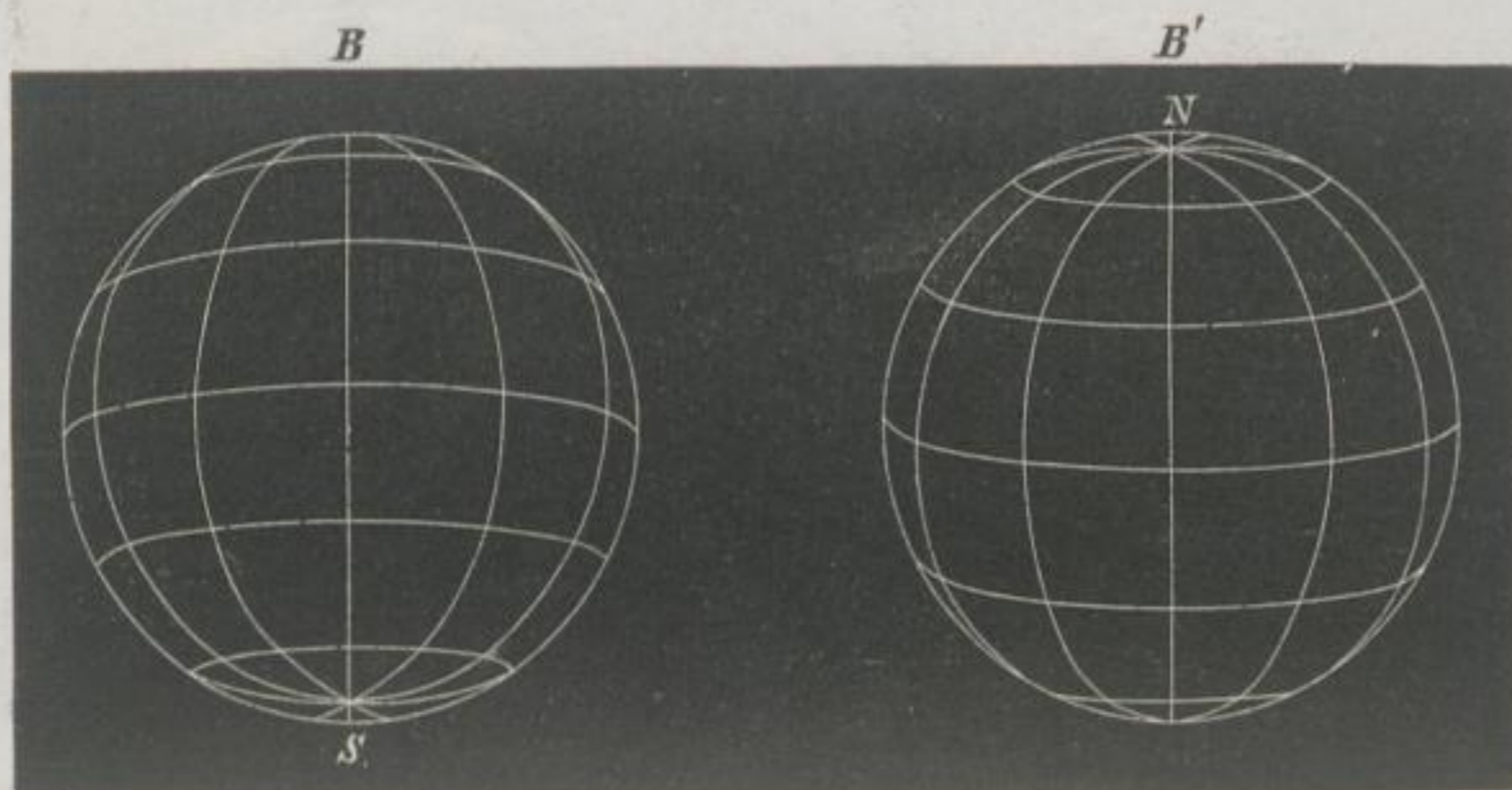


Fig. 47. Libration der Breite.

fernten Perioden aufzunehmender Mondansichten benutzt und genau nach Berechnung verfahren wird; der praktische Versuch lehrt nämlich, dass nicht immer zwei beliebige Mondbilder, welche unter verschiedenen Lagen der Libration aufgenommen wurden, einen richtigen stereoskopischen Effekt hervorzubringen im Stande sind, man vielmehr im Voraus durch Berechnung die Epochen der Libration zu finden hat, an welchen die beiden zur Herstellung eines stereoskopischen Bildes notwendigen Photographien aufgenommen werden müssen.

Unsere Figuren 46 und 47 zeigen schematische Darstellungen der Mondschwankungen nach Ost und West, nach Nord und Süd. In Fig. 46 *A* sehen wir bei *L* ein Stück von der uns abgewendeten westlichen Seite des Mondes infolge der Längenlibration hervorkommen, welches in Fig. *A'* wieder verschwunden ist, um durch Gegenschwan-

kung ein Stück der hinteren Ostseite (*k*) zum Vorschein kommen zu lassen. In Fig. 47 ist die Breitenlibration schematisch dargestellt, bei welcher zu Zeiten der Südpol *S* (*B*), zu Zeiten der Nordpol *N* (*B'*) uns mehr zugekehrt ist.

In Figur 48 sind beide Verhältnisse zu einem stereoskopischen Bilde verwerthet, dessen Original wir wiederum Rutherford danken.

Ein weiterer Vortheil photographischer Mondaufnahmen liegt in dem schon oben erwähnten Umstande, dass Theile des Mondes, welche in optischer Beziehung gleich hell sind, keineswegs in chemischer Beziehung analoge Wirksamkeit äussern. Daher korrespondiren nicht



Fig. 48. Rutherford's stereoskopisches Doppelbild des Mondes.

in allen Fällen Licht und Schatten des photographischen Produkts in ihrer Intensität genau mit Licht und Schatten des optischen Bildes; daher macht die Photographie oft Einzelheiten sichtbar, welche der optischen Beobachtung sich entziehen. So z. B. reflektiren gewisse Mondgegenden, welche wahrscheinlich eine von einander verschiedene Zusammensetzung haben, die chemischen Strahlen je nach ihrer Natur mit grösserer oder geringerer Wirksamkeit, und verspricht daher die Anwendung der Photographie auch in dieser Richtung eine reiche Ausbeute. An manchen Stellen bringt die Mondoberfläche erst ganz allmählich photographische Eindrücke hervor und verlangt eine 5 bis 6 Mal grössere Expositionszeit als an anderen Theilen, welche anscheinend nicht heller, aber günstiger beleuchtet sind. Der Berggipfel im Mittelpunkt des Mondgebirges Tycho, welcher nach den

aus den Längen der Schatten ermittelten Höhenmassen ungefähr eine englische Meile hoch ist, und welcher in unseren Rutherford'schen photographischen Abbildungen (Fig. 48) unten links von den Medianlinien der Bilder zu sehen ist, erscheint in allen Photographien sehr

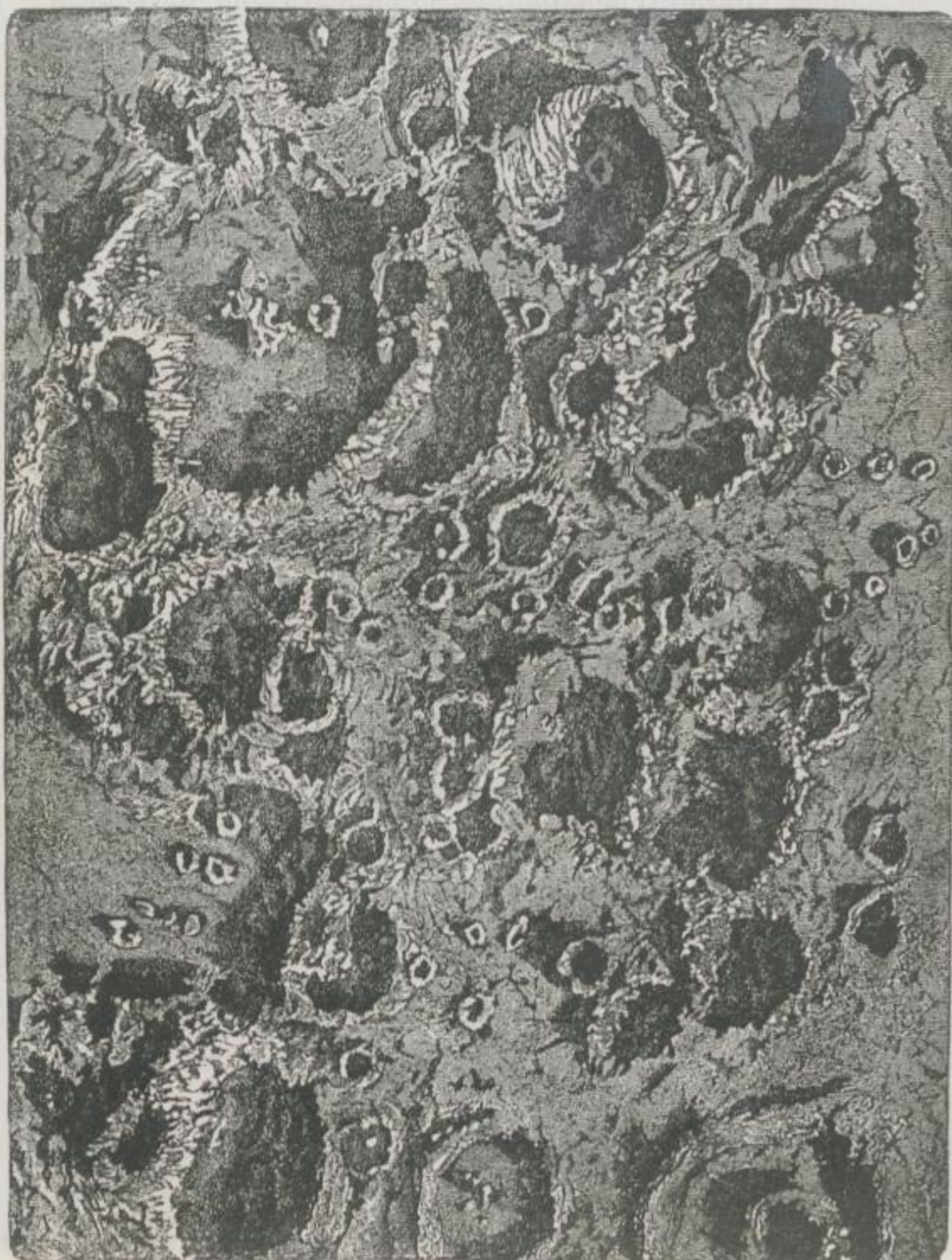


Fig. 49. Das Ringgebirge Tycho (nach Nasmyth).

deutlich, und es werden die Details im Innern des Kraters sehr gut unterschieden (Tafel I Fig. 5 und 6).

Der Berggipfel des Tycho (Fig. 49) scheint der Zentralpunkt einer enormen Mondrevolution gewesen zu sein, welche die Mondrinde fast über die ganze sichtbare Oberfläche aufbrach, indem viele strahlende

Linien nach jenem ausgestorbenen Vulkane konvergiren. Ueber diese merkwürdigen Linien sind verschiedene Hypothesen aufgestellt worden. Wenn man einige Reihen von Photographien, die unter verschiedenen Beleuchtungsverhältnissen aufgenommen wurden, genau prüft, so überzeugt man sich leicht, besonders bei Anwendung eines Stereoskops, dass jene Linien von Furchen in der Mondoberfläche herrühren. In einigen Fällen sind diese Furchen oder Rillen von Kratern unterbrochen, welche sich in einer folgenden Periode wohl gebildet haben müssen; in anderen Fällen hat die Rille den Krater verschoben, welcher daher früher existirt haben muss.

Eine sehr bemerkenswerthe Rille, die sich in einer Breite von circa $12\frac{1}{2}$ Meilen vom Tycho aus über den 45sten Mondbreitegrad in nordöstlicher Richtung erstreckt, ist die tiefste auf der ganzen Mondoberfläche. Der östliche Theil dieser Furchen begrenzt den Berg Heinsius und der westliche Streifen dehnt sich bis zum Berge Euklides aus, wo die Furchen sehr seicht wird, aber fast bis zum Berg Kepler verfolgt werden kann.

Eine andere sehr helle Furchen läuft vom Tycho in langer nordwestlicher Richtung und erstreckt sich über 100 Breitengrade weit durch die Berge Menelaus und Bessel in das Mare Serenitatis; sie zieht dann an der Spitze eines Vorgebirgs vorbei bis zum Lacus somniorum, wo sie von einer anderen Furchen gekreuzt wird, welche sich tangentialförmig zu den sog. Apenninen biegt. Die Kreuzung dieser Streifen entspricht der Form des Buchstaben X und deutet die Kreuzungsstelle auf einen anderen Eruptionspunkt im 25. Grad nördlicher Breite und im 24. Grad westlicher Länge. Eine weitere Furchen, welche vom Tycho ausgeht, erstreckt sich durch den Krater Plana hindurch, lässt den Krater Burg unberührt östlich liegen und endigt im Süden des Berges Strabo auf dem 60. Grad nördlicher Breite und 45. Grad westlicher Länge.

Nicht nur das Netzwerk der strahligen Linien auf der Oberfläche des Mondes, sondern auch die Terrassen in den inneren Wänden jener wunderbaren Vulkane, die doppelten Zentralkegel und die Krümmungen der Kraterböden erscheinen in kräftigen Umrissen auf unseren photographischen Bildern. So gehören die Abbildungen des Apenninischen Bergrückens zu den schönsten Erfolgen der Mondphotographie. Es werden mannichfache Einzelheiten in Bezug auf Färbung und Form in jenen ungeheueren Bergrücken deutlich, welche bisher der sorgfältigsten Beobachtung entgangen waren und auf die man nur durch die Photographie aufmerksam geworden ist.

Die vollkommen schwarzen Schlagschatten der Mondberge, welche in der Photographie durch die schärfsten Gegensätze von Licht und Dunkel hervortreten, geben den Beweis, dass überall auf dem Monde wohin die Sonnenstrahlen nicht unmittelbar gelangen, eine bedeutende

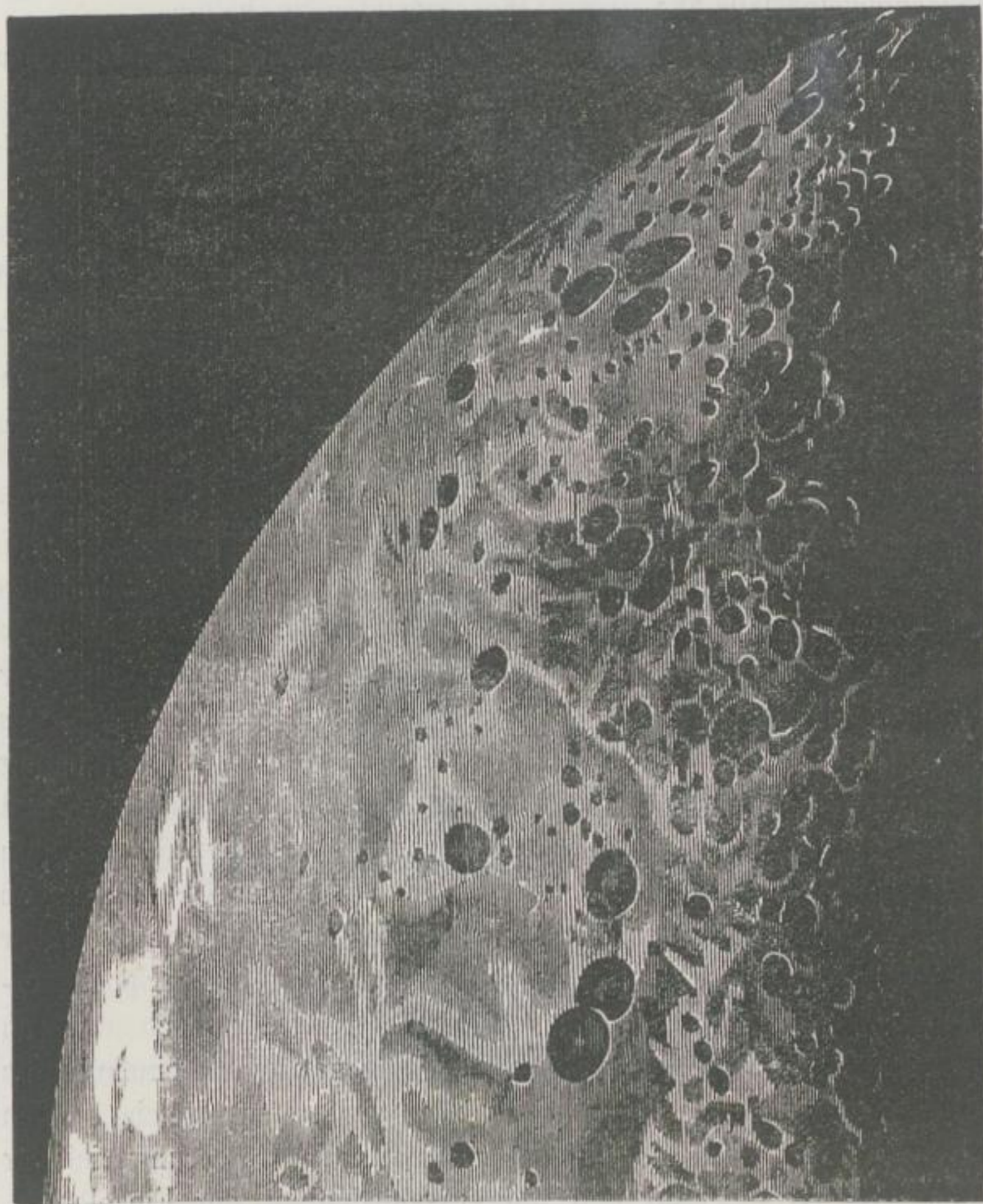


Fig. 50. Ein Stück der Mondsichel.

Dunkelheit herrscht (Fig. 50). Das diffuse Tageslicht, welches von den Schatten irdischer Gegenstände in unser Auge dringt, fehlt im Effekt der Mondphotographien, mithin wohl auch auf dem Monde. Ebenso beweisen die klaren Photographien der Mondoberfläche, dass unser Trabant von keiner der unsrigen einigermaßen ähnlichen Atmosphäre umgeben sein kann. Wäre letzteres der Fall, so würde

es kaum denkbar sein, dass die von der Mondoberfläche zu uns kommenden Lichtstrahlen durch einen Dunst- und Luftkreis hindurch nicht verändert werden sollten. Wo kein Dunstkreis ist, kann auch kein Wasser sein, mithin sind die in früherer Zeit als Meere angesehenen und beschriebenen grossen dunkeln Flächen auf der Mondoberfläche keinesfalls für grosse Wassermassen zu halten.

So wird denn die Photographie des Mondes für alle zukünftigen Mondbeobachtungen eine sehr hervorragende Rolle spielen, denn wie Bär und Mädler in ihrem unschätzbaren Werke, woraus wir zum Vergleich mit unseren Mondphotographien ein verkleinertes Mondkartenbild in Fig. 51 beigelegt haben, über den Mond hervorheben, ist es ganz unmöglich, selbst ein nur einigermaßen befriedigendes Bild unseres Satelliten in jenen seltenen, kurzen Augenblicken darzustellen, während welcher alle nöthigen Umstände den Zeichner begünstigen. Und Julius Schmidt bemerkt in der Einleitung zu seiner grossen, auf Kosten des kgl. preuss. Unterrichtsministeriums im Jahre 1878 herausgegebenen Mondkarte, an welcher er von 1840 bis 1874 gearbeitet, wörtlich: „Für den Vollmond wird einst die Photographie das Beste leisten. Das unendliche Detail der Abstufungen des Lichtes im Vollmonde wird man niemals auf dem Wege der gewöhnlichen Zeichnung bewältigen.“ Man hatte früher den Mond unter sehr verschiedenen Lagen zu beobachten Veranlassung genommen, jedes Mass und jede Skizze auf das Mittel reduziert, bevor an eine Zeichnung gedacht werden konnte; denn nicht nur die Stellung, auch die Gestalt der Objekte auf dem Monde wird durch die aus den Bewegungen des Mondes resultirenden Schattenunterschiede seiner Oberfläche von einem Abend zum andern verändert. Mit der Photographie aber können in einigen Sekunden Bilder des Mondes zu jeder Epoche erhalten werden, und wird der Werth dieser Bilder noch dadurch erhöht, dass bei der Prüfung der Originalnegative mit einem guten Mikroskop immer neue Einzelheiten zu Tage treten, welche in den Kratern und um dieselben herum durch die Vergrösserung sichtbar werden. Es ist die Zahl und die Verschiedenheit der Einzelbilder, welche bei mikroskopischer Betrachtung einer scharfen photographischen Mondlandschaft hervortreten, wahrhaft überwältigend, und geben die nach kleinen Negativen vergrösserten Rutherford'schen Mondbilder in allen ihren Einzelheiten immerfort neue Gelegenheit Interessantes zu entdecken.

In den letzten Jahren wurden von Ellery auf der Sternwarte zu Melbourne in Australien mittels eines grossen Spiegelteleskops

vorzügliche Mondphotographien dargestellt, welche nach Mittheilung Warren de la Rue's einen Durchmesser im Original von fast 10 Centimeter besitzen, und hofft dieser Gelehrte, dass man bei geeigneter Behandlungsweise mit dem Melbournier Teleskop Resultate, welche alle bisher erhaltenen Bilder übertreffen, erreichen werde.



Fig. 51. Karte des Mondes.

Ausser den erwähnten Leistungen hat noch Draper in New-York grosse und schöne Photographien des Mondes angefertigt und Mr. Neyt aus Gent auf der Wiener Weltausstellung Mondphotographien zur Anschauung gebracht, welche zwar den Rutherford'schen etwas nachstehen, indessen immer noch eine vorzügliche Leistung genannt werden müssen. Neyt arbeitet mit einem Spiegelteleskope, das mit einem versilberten Glas von 9 Zoll versehen ist

und dessen Fokallänge 5 Fuss 9 Zoll beträgt. Das Bild wird mit einem kleinen Prisma seitwärts gespiegelt und durch ein schwach vergrösserndes Okular aufgenommen. Das 25 Millimeter grosse Originalnegativ wird dann auf bekannte Weise vergrössert.

In England wurde für die Mondphotographie in den jüngst verflossenen Jahren ein reges Interesse durch die Publikationen von Nasmyth und Carpenter erweckt. Die genannten Forscher nämlich haben einen Atlas der Mondgeographie herausgegeben, in welchem die Abbildungen theils mit dem Teleskope nach der Natur, theils nach vorzüglich modellirten Reliefs photographisch dargestellt wurden. Die Tafeln sind für eine deutsche Ausgabe (Der Mond, u. s. w. bearbeitet von Dr. H. J. Klein) von der Firma Strumper und Co. in Hamburg in Lichtdrucken vervielfältigt worden.

Ausserdem fertigte der rühmlichst bekannte Optiker Dr. Hugo Schröder, ebenfalls früher in Hamburg, in einem in seinem Atelier eigens zu diesem Zwecke eingerichteten astronomisch-photographischen Observatorium mittels eines grossen Reflektors sehr gelungene Abbildungen des Mondes an. Das Instrument, mit welchem Schröder arbeitete, war aus Metall gefertigt, hatte ein Objektiv aus weissem Glas von 300 Millimeter freier Oeffnung und circa 5 Meter Brennweite. Das ungefähr 45 Millimeter grosse Mondbild wurde von einem aus 4 Linsen bestehenden Vergrösserungsapparat aufgefangen und in der daran befindlichen Kamera in einer unterschiedlichen Grösse von 80—200 Millimeter dargestellt. Zu einem Mondbilde von 100 Millimeter Durchmesser gebrauchte Schröder eine Minute Expositionszeit, und sind nach seinen Angaben bei der kleinsten Dimension schon die Terrassen in den Ringgebirgen, sowie die grösseren Furchen sichtbar. Die Bewegung seines Reflektors, bei welchem das Zusammenwirken sämtlicher Linsen frei von einer Differenz des optischen und chemischen Fokus ist, wird durch zwei Uhrwerke, von welchen das eine auf die Rektascension, das andere auf die Deklination gleichzeitig wirken, bewerkstelligt. Schröder hat ausser mit Mondphotographien sich auch mit der Darstellung der Sonne, der Planeten, der Fixsterne und der Nebelflecke befasst, und gab die Pflege dieses Zweiges der Wissenschaft durch einen so gewiegten Optiker gegründete Hoffnung zu vorzüglichen künftigen Leistungen. Leider haben sich solche nicht erfüllt, da Dr. Schroeder infolge ungünstiger geschäftlicher Konstellationen sein Atelier und seine erwähnten Studien aufzugeben sich genöthigt sah.

4. PHOTOGRAPHISCHE DARSTELLUNG DER STERNE.

a. FIXSTERNE, PLANETEN UND KOMETEN.

Während die photographische Darstellung der Sonne und des Mondes ein objektives Bild der Oberfläche und der Grössendimensionen dieser beiden für unsere Erde bemerkenswerthesten Gestirne bezweckt, haben wir bei photographischen Abbildungen der Fixsterne, und in zweiter Linie der Planeten, hauptsächlich die genauesten astronomischen Messungen der Konstellation mehrerer Gestirne zu einander im Auge. Die bedeutende Kleinheit, womit die Fixsterne, selbst durch die stärksten Teleskope, auf der matten Scheibe der Kamera sich zeigen, lässt eine weitere Verwerthung der Photographie für die Zwecke der Fixstern-Astronomie nicht zu, indem das Bild eines Sternes im Negativ nur als Punkt erscheint, welcher wiederum erst deutlich durch eine gute Lupe zu erkennen ist. Während nun die Fixsterne infolge ihrer grossen Entfernung kein Bild ihrer Oberfläche zurücklassen, hat man — und sind es hier wieder die vorzüglichen Leistungen des englischen Astronomen Warren de la Rue — von verschiedenen Planeten, z. B. vom Jupiter und Saturn, deutliche photographische Abbildungen erlangt. Die enorme Entfernung, welche uns von den Fixsternen trennt, würde selbst mit Hilfe der Photographie für astronomische Messungen kein Resultat bieten, indem für alle Stellen unserer Erde die Lichtstrahlen, welche von einzelnen Fixsternen zur Erde gelangen, parallel erscheinen, wenn wir nicht innerhalb eines Jahres einen Weg von vierzig Millionen Meilen Durchmesser um die Sonne beschreiben, so dass wir nach einem halben Jahre vierzig Millionen Meilen von unserem jetzigen Standpunkt entfernt sind. Aus den Winkeln, welche die beiden von den jeweiligen Stellungen der Erde nach einzelnen Fixsternen gezogenen Linien bilden, hat man die Billionen von Meilen betragende Entfernung der Fixsterne berechnet. Erst Jahrhunderte lang fortgesetzte Beobachtungen haben in dieser Beziehung zu einem Rechnungsresultate geführt, und werden die in den jüngsten Dezennien angefertigten Photographien des Fixsternhimmels in späteren Jahrhunderten künftigen Forschern noch weit positivere Anhaltspunkte zu genauen Vergleichsberechnungen geben.

Von besonderem Interesse ist ferner die Photographie bei der Beobachtung von Doppelsternen. Durch gute Fernrohre bemerkt man, dass an manchen Stellen des Himmels, wo das unbewaffnete Auge nur einen einfachen Stern wahrnimmt, zwei oder mehrere Sterne

beisammen stehen; diese Himmelskörper, deren man jetzt einige Tausende kennt, worunter viele dreifache und mehrfache sich befinden, haben das besondere Interesse der Astronomen in Anspruch genommen. Die neuere Astronomie nämlich hat Herschel's Ansicht bestätigt, dass diese Sternpaare in einer physischen Zusammengehörigkeit stehen und eine gegenseitige Wirkung auf einander ausüben, indem beide Sterne sich um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt bewegen. Photographische Abbildungen von Doppelsternen sind von dem leider der Wissenschaft allzu früh entrissenen Astronomen Paschen mit vielem Fleisse dargestellt worden, und bestätigte derselbe, dass die Genauigkeit der photographischen Resultate die Beobachtungen der besten Heliometermessungen übertreffe. Photographische Aufnahmen der Fixsterne wurden, ausser von dem Genannten und von Warren de la Rue, schon vor 20 Jahren von Professor Bond in Amerika, sowie in neuerer Zeit mit grossem Erfolge von dem Astronomen Rutherford zu New-York und Professor E. C. Pickering in Cambridge (Ver. St.) vorgenommen. Um die feinen Punkte, welche die Sterne auf der lichtempfindlichen Platte als einziges Bild ihrer Form und Stellung zurücklassen, von den Pünktchen in der Kollodiumschicht zu unterscheiden, bedient sich Rutherford einer Doppelaufnahme des Sternbildes, indem er das Fernrohr, welches dem Lauf der Gestirne folgt, eine halbe Minute anhält, schliesst und es dann wieder in Gang setzt und von Neuem exponirt. Auf diese Weise entstehen immer zwei Bilder eines jeden Sternes des Sternbildes neben einander, und es sind mit Leichtigkeit diese Doppelbilder von den einfachen Kollodiumfleckchen zu unterscheiden. Um die Richtung der Sternbewegung von Ost nach West zu markiren, wird das Teleskop während der chemischen Wirkung des Sternlichts von Zeit zu Zeit in seiner Bewegung eingehalten, sodass hellere Sterne, welche eine rasche Wirkung hervorbringen, auf der Platte Streifen beschreiben, welche die Richtung der scheinbaren Sternbewegung anzeigen. Lichtschwächere Sterne nehmen eine längere Expositionszeit in Anspruch und lassen auf der empfindlichen Platte eine etwas breitere, aber undeutlichere Markirung zurück. Diese Wirkung kommt von dem vibrirenden Licht der Sterne her, welches auch auf der Platte während der längeren Expositionszeit durch zitternde Hin- und Herbewegung einen etwas grösseren Eindruck hervorbringt. Es scheint dieses Sternfunkeln von den Bewegungen in unserer Atmosphäre herzurühren. Rutherford hat Sterne bis zur neunten Grösse photographisch dargestellt, Erscheinungen am Himmelsgewölbe, welche das unbewaffnete Auge

niemals zu erreichen vermag. In dem Sternhaufen Praesepe hat derselbe auf einem Quadratzoll bei einer Expositionszeit von 3 Minuten 23 Sterne aufgenommen, von welchen einige neunter Grösse sind. In einer Sekunde erhielt er eine sehr gute Photographie des Castor, welchen Stern er einmal sogar in einer halben Sekunde auf die Platte zu bringen im Stande war. Rutherford behauptet, mit seinem Objektiv von $11\frac{1}{4}$ Zoll Oeffnung alle Objekte, die man am Himmel sehen kann, vorausgesetzt, dass keine atmosphärischen Hindernisse die Lichtwirkung beeinträchtigen, aufnehmen zu können.

Fassen wir die wissenschaftlichen Resultate, welche sich aus den Photographien der Fixsterne ergeben, zusammen, so sind dieselben von hervorragendem Werthe für Sterngruppen, in denen die Sterne dicht beisammen stehen; als Beispiel dienen hier auf der nördlichen Halbkugel besonders die Plejaden, deren gegenseitige Stellungsverhältnisse wohl schon von dem grossen Astronomen Bessel in Königsberg sehr genau vermessen wurden, nunmehr aber aus photographischen Aufnahmen mit Leichtigkeit zu eruiren sind. Auch die Sternbilder und Sterngruppen der südlichen Halbkugel sind vor mehreren Jahren von einem deutschen Gelehrten, Dr. C. Schultz-Sellack, Professor der Physik an der Universität zu Cordoba in Südamerika, photographisch aufgenommen worden. Derselbe hat etwa 30 hervorragende Sterngruppen photographirt, von denen die reichsten 123 Sterne zählen. Die argentinische Regierung unterstützte unseres deutschen Landsmannes Streben in der anerkanntesten Weise, und wurde das Observatorium zu Cordoba durch Anschaffung neuer geeigneter Objektive besonders für die betreffenden photographischen Arbeiten auf Veranlassung des Genannten eingerichtet.

Was die oben erwähnte Photographie der Planeten anbelangt, so sind hier nur ziemlich spärliche Arbeiten zu verzeichnen. Derartige Darstellungen gehören wegen der bedeutenden Lichtschwäche dieser Gestirne zu den schwierigsten Aufgaben in der Astrophotographie. So verlangt z. B. die Photographie des Jupiter mit seinen Bändern, des Saturn mit seinen Ringen und des Mars mit seinen eigenthümlichen Zeichnungen der Oberfläche nicht nur eine ziemlich lange Expositionszeit, sondern auch eine sehr ruhige Atmosphäre. Trotz dieser Schwierigkeiten hat Warren de la Rue sogar stereoskopische Bilder dieser Planeten angefertigt, indem er zwischen den einzelnen Aufnahmen so viel Zeit verstreichen liess, als einer Rotation des Planeten von 30 Graden entsprach. Weitere bezügliche Leistungen jedoch sind nicht bekannt geworden.

An ein Photographiren der Nebelflecke und Kometen war erst mit der Entdeckung eines viel empfindlicheren Verfahrens, als es das nasse oder gewöhnliche trockene ist, zu denken. Diese Aufgabe ist nun durch die Bromsilber-Gelatine-Trockenplatten in erfreulichster Weise gelöst worden.

Professor Henry Draper in New-York war der Erste, dem es am 30. September 1880 gelang, den Orion-Nebel photographisch zu fixiren. Sein Instrument war ein Refraktor von Clark mit 11 Zoll Oeffnung und Uhrwerk; die Expositionszeit betrug 51 Minuten. Die Aufnahme zeigte die hellsten Parthieen in der Nähe des bekannten Trapezes und liess deutlich die Lichtabstufung derselben erkennen. Im März des Jahres 1881 nahm Draper eine grössere Anzahl von Photographien dieses Objectes auf, unter denen die beste am 11. März bei einer Expositionsdauer von 104 Minuten gelang und einen bemerkenswerthen Fortschritt bekundete. Endlich gelang am 14. März 1882 das treffliche Negativ, welches in der Monographie des Orion-Nebels von Professor Holden reproduzirt ist. (Monograph of the central parts of the Nebula of Orion by Edward S. Holden, Washington 1882, pag. 226). Obwohl Gelatine-Platten angewandt worden, dauerte die Expositionszeit doch 2 Stunden und 17 Minuten. Das Bild zeigt aber auch Sterne bis zur 14. Grösse. Holden bespricht den wissenschaftlichen Werth dieser Photographie, nachdem er die sämtlichen Zeichnungen und Beschreibungen dieses hochinteressanten Objectes, vom Jahre 1656 bis zur Jetztzeit, diskutiert hatte, bezeichnet die Bond'sche Zeichnung und Beobachtung von 1859 bis 1863 als die entschieden beste und kommt doch zu dem Resultate, dass Draper's Aufnahme für fast alle Zwecke unvergleichlich besser sei als jenes Bild. Mit Draper's 11-zölligem Refraktor würde man als äusserste Grenze noch Sterne 14,4 Grösse der Argelander'schen Skala sehen. Die photolithographische Reproduktion des erwähnten Negativs zeigt alle Sterne bis zur 12,0 Grösse des Bond'schen Orion-Sternverzeichnisses mit grosser Deutlichkeit und auch Sterne von 13,9 Grösse. Einige dieser Sterne, die schon von Bond als veränderlich bezeichnet worden, sind in der Photographie durch geringere oder grössere Helligkeit zu erkennen, und man gewinnt hieraus sofort die Überzeugung, dass die Photographie noch werthvolle Dienste zur Auffindung von veränderlichen Sternen leisten wird. Indem Holden die Details des photographirten Nebels eingehend prüft und die relativen Helligkeiten der einzelnen Theile mit seinen eigenen photometrischen Messungen vergleicht, findet er völlige Übereinstimmung mit denselben und erhebt zur Evidenz die Veränderlich-

keit gewisser Parthien dieses Nebels. Durch diese Photographie sieht er die mühevollen Beobachtungen von Lord Rosse, Bond und Lassell, welche man theilweise als subjektive Wahrnehmungen aufzufassen geneigt war, bestätigt. — Von demselben Nebel fertigte auch Ainslie Common in London, welcher daselbst ein grossartiges Privatobservatorium besitzt, am 30. Januar 1883 mit einem Spiegelteleskop von 0,91 Meter Oeffnung ein treffliches Bild in 37 Minuten an. Derselbe setzt diese Aufnahmen fortlaufend fort, um eine Basis der Vergleichung für künftige Zeiten zu schaffen, und ist bereits in der Lage, einzelne Sterne des Nebels als neue veränderliche zu bezeichnen. Als Anerkennung dieser Leistungen auf dem Gebiete der astronomischen Photographien wurde demselben von der Royal Astronomical Society Anfang 1884 deren goldene Medaille verliehen.

Was endlich die Kometenphotographie betrifft, so ist sie bereits an dem grossen Donatischen Kometen des Jahres 1858 von Warren de la Rue versucht worden, doch ohne Erfolg. Während die schmale Mondsichel in der Morgendämmerung des 2. Oktober 1858 bei 30 Sekunden Expositionsdauer ein gutes Bild gab, konnte vom Kometen in 5 Zeitminuten nichts erhalten werden. — Die erste Kometenphotographie glückte dem französischen Astronomen Janssen zu Meudon bei Paris an dem grossen Junikometen des Jahres 1881, indem dieser Gelatine-Platten anwandte und eine halbe Stunde expirte. Das Bild zeigte eine Schweiflänge von $2\frac{1}{2}$ Grad und war



Fig. 52. Juni-Komet von 1881.
(Photographirt von Janssen.)

dadurch interessant geworden, dass es eine von der optischen völlig verschiedene Lichtvertheilung im Schweife aufwies. Hiernach war es auch beim grossen September-Kometen des Jahres 1882, welcher zur Perihelzeit auf der südlichen Hemisphäre selbst am Tage in unmittelbarer Nähe der Sonne beobachtet werden konnte, zu erwarten, dass bei diesem ebenfalls der Versuch einer photographischen Fixirung gemacht würde. In der That hatte Gill, der gegenwärtige Direktor der Sternwarte am Kap der guten Hoffnung und frühere Astronom an der Privatsternwarte des Lord Lindsay in Schottland, diesen Kometen in der Zeit vom 19. Oktober bis 14. November 1882 photographirt und ein glänzendes Resultat erzielt, bei welchem die Einfachheit der angewandten Mittel überrascht. Gill benützte ein gewöhnliches Linsensystem von $2\frac{1}{2}$ Zoll Oeffnung und 11 Zoll Brennweite für Portraitaufnahmen und brachte dieses an der Aequiliberseite eines mit Uhrwerk versehenen Aequatoreales an. Um jede Unexaktheit des Uhrwerkes zu eliminiren und auf die Eigenbewegung des Kometen Rücksicht zu nehmen, wurde beständig der Kometenkern am Kreuzungspunkte des Fadennetzes im Aequatoreal-Fernrohr durch Benützung des Rektascensions- und Deklinations-Schlüssels erhalten. Die Expositionszeiten betragen 30 bis 140 Minuten. Die Bilder zeigen den Komet und sämtliche Sterne, welche in den Katalogen von Lalande und Stone enthalten sind und noch mehr bis zur 9ten Grösse mit seltener Klarheit. Im Schweife des Kometen allein sind mehr als 50 Sterne deutlich zu sehen. Nur am Rande der Bilder erscheinen die Sterne im Durchmesser verbreitert, was an der Verzeichnung des Portraitapparates liegt und durch Anwendung grösserer Brennweite zu beheben ist. Gill knüpft an diese Aufnahme die Bemerkung, dass er nun nicht mehr an der Möglichkeit zweifle, Sternkarten direkt vom Himmel auf photographischem Wege zu erlangen. Admiral Mouchez, der Direktor der Pariser Sternwarte, erklärt diese Gill'schen Photographien als die schönsten, welche bislang an die Pariser Akademie eingesandt worden, und es ist bemerkenswerth, dass dieser Erfolg von einem namhaften Fachastronomen erreicht worden, dem sonst das Gebiet der astronomischen Photographie fern gelegen. Die weiteren Anforderungen, welche an die in der messenden Astronomie, insbesondere bei Venusvorübergängen gebräuchlichen photographischen Apparate gestellt werden müssen, sind in dem klassischen Werke des Professor Weinek, Direktors der Sternwarte zu Prag, betitelt: „Die Photographie in der messenden Astronomie, insbesondere bei Venusvorübergängen“, angegeben. (Enthalten in den Nova acta der

kaiserlichen deutschen Leopoldinisch-Karolinischen Akademie der Naturforscher, Band XLI, Abth. I, No. 2.) Weinek beschreibt darin die für photographische Zwecke geeignetsten astronomischen Instrumente und erörtert alle Fragen, welche in der messenden astronomischen Photographie in Betracht kommen, insbesondere vom Standpunkte der Anforderungen bei den Venusvorübergängen und mit Rücksicht auf die für den Venusvorübergang vom Jahre 1882 seiner Zeit getroffenen Entscheidungen. Das Buch enthält eine Uebersicht der auf dem erwähnten Gebiete geleisteten und eventuell noch zu leistenden Arbeit.

Eine manchmal nicht unerhebliche Störung für die Messung der gegenseitigen Sternkonstellationen wird auf der photographischen Platte durch die Minimal-Zusammenziehung beim Trocknen der Kollodiumhaut bedingt und haben Paschen und Rutherford, welche spezielle bezügliche Untersuchungen anstellten, sehr erheblich von einander abweichende Resultate erhalten. Während Paschen eine Zusammenziehung von $\frac{1}{1523}$ bis $\frac{1}{2123}$ gefunden zu haben glaubte, giebt Rutherford die Schrumpfung des Kollodiumhäutchens nur auf etwa $\frac{1}{28230}$ bis $\frac{1}{48000}$ an.

Die Ursache der Zusammenziehung fand Rutherford in der Abkühlung der Glasplatte, einer Folge der Verdunstung des Kollodiumäthers; zu einer Differenz von $\frac{1}{28230}$ sei nur eine Temperaturveränderung von 4 Grad Fahrenheit nöthig. Rutherford hat seine Messungen auf nahezu dreissig Platten an Aufnahmen der Plejaden-Gruppe, die zu sehr verschiedenen Zeiten gemacht worden waren und welche in einem Bogen von 80 Minuten gegen 78 Sterne enthielten, ferner an Aufnahmen der Perseusgruppe, welche 34 Sterne auf jeder Platte zeigten, dann auf vielen Platten der Oriongruppe und der Cassiopea, ausgeführt. Da das Vertrauen in die Zuverlässigkeit der photographischen Messungsmethoden durch die Differenz der Versuche zweier so bedeutender Forscher, wie Paschen und Rutherford, erheblich erschüttert wurde, unternahm es Professor Vogel zu Berlin, jene Differenzen nochmals eingehend zu prüfen, und sprechen seine Versuche zu Gunsten der Rutherford'schen Ansichten, mithin für die Zuverlässigkeit der astronomischen Messungen auf photographischen Platten.*)

*) Vgl. Weinek's Darstellung p. 99—116 in „Weinek, Die Photographie in der messenden Astronomie, insbesondere bei Venusvorübergängen, Halle 1879“ und dessen bezügl. Messungen.

Nach Professor Vogel's damaligen Untersuchungen lässt sich diese erhebliche Differenz nur durch die Annahme erklären, dass die verschiedenen im Handel vorkommenden Kollodiumsorten verschiedene Kontraktionsfähigkeit besitzen. Es ist leicht zu verstehen, von welcher Wichtigkeit diese Störungen für die Berechnung der Sternkonstellationen auf Photographien sind, da auf denselben eine Linie Entfernung Millionen von Meilen bedeuten kann. Um die Zusammenziehung der Kollodiumhaut zu erkennen, wählte Vogel, nach eigener Angabe in den „photographischen Mittheilungen“, folgendes Verfahren:

„Auf einer ebenen Glasplatte von 10 Centimeter Länge wurde mittels eines Diamants ein Netz sich rechtwinklig kreuzender Linien gezogen und diese mit Zahlen bezeichnet. Unter dieser Netzplatte wurde die zu prüfende Kollodiumhaut direkt belichtet, nasse Platten in der Art, dass die Netzplatte darauf gedeckt wurde, unter Zwischenlage von zwei feinen Streifen Briefpapier. Diese Zwischenlage ist so dünn, dass die Striche noch vollkommen scharf kopiren. Es ist jedoch nöthig, die Platte vor der Belichtung behufs Ablaufens der Flüssigkeit 4—5 Minuten stehen zu lassen. Das Belichten wurde vorgenommen durch Oeffnen und Schliessen des Fensters einer Dunkelkammer, während die Platten in einer Entfernung von circa zehn Fuss in senkrechter Richtung parallel der Fensteröffnung gehalten wurden. Die belichtete Platte wurde entwickelt, theils mit Eisenvitriollösung, theils mit Pyrogallussäure, theils alkalisch (bei Trockenplatten), ebenso wurden verschiedene Fixagen (Fixirnatron und Cyankalium) in Anwendung gebracht, kurz die verschiedensten Umstände, wie solche in der Praxis eintreten können, in Rechnung gezogen. Um die Zusammenziehung zu prüfen, wurden die Platten im trockenen Zustande mit der Netzplatte zusammengelegt und im durchfallenden Lichte betrachtet. Es war leicht, durch passende Verschiebung einige der kopirten Striche mit den Originalstrichen in Koinzidenz zu bringen. Hatte eine Verziehung stattgefunden, so stellte sich diese dann dadurch heraus, dass die übrigen Striche nicht genau koinzidirten. Nun konnte diese Verziehung auch leicht taxirt werden. Zu dem Zwecke wurden die Platten bei 25 facher Vergrößerung unter dem Mikroskop geprüft. Bei dieser Vergrößerung war ein Abstand der Striche von einander, der $\frac{1}{50}$ Millimeter betrug, noch sehr leicht zu taxiren. Daraus aber lässt sich die Gesamtverziehung sehr leicht berechnen. Fallen z. B. die beiden Striche an dem einen Rande der Platte zusammen, und sind die gegenüberliegenden 90 Millimeter weit

davon befindlichen Striche um $\frac{1}{50}$ Millimeter getrennt, so ist die Zusammenziehung = $\frac{1}{50} : 90 = \frac{1}{4500}$.

Um solche Verziehungen zu vermeiden, ist eine Uebergiessung der Glasplatte vor der Kollodionirung mittels Albumin vorzunehmen, wie wir Bd. I Seite 287 angegeben haben, ein Verfahren, das auch Rutherford bei allen seinen Arbeiten benutzt. Ausserdem ist auf eine möglichst dünne Kollodiumschicht Rücksicht zu nehmen, indem nach den Vogel'schen Experimenten nur an dicken Kollodiumstellen die Zusammenziehung $\frac{1}{4500}$ betrug. Statt des Eiweissüberzugs kann man auch eine Kautschuklösung (1 Teil Kautschuk auf 100 Teile Chloroform mit 900 Theilen Benzin verdünnt und filtrirt) anwenden. Man überzieht dann mit der genannten Lösung die polirten Glasplatten, welche sehr rasch trocknen und Schichten von tadelloser Reinheit und ohne bemerkbare Verziehung der Kollodiumhaut abgeben. Bei der Anwendung von Trockenplatten ist besonders darauf zu achten, dass solche nicht mit Gummilösung und dergleichen überzogen sind, da durch derartige Behandlung, wenn die Platten nach der Befeuchtung wieder trocken werden, eine bedeutende Kontraktion entsteht. Der beste Trockenprozess für astronomische Aufnahmen, bei welchen es auf genaue Messungen ankommt, ist nach Vogel der Morphinprozess, welcher keine anderen Chemikalien als der nasse Prozess beansprucht. Die Platte wird nur zum Schluss, nach den bekannten Operationen, mit einer Morphinlösung*) von 1 : 1750 überzogen.

Weinek sagt über diesen wichtigen Punkt: „Ich selbst konnte bei Diskussion des gesammten Materials der 1874er deutschen photographischen Venusexpeditionen nur äusserst geringe Verziehungen konstatiren und fand, indem ich auf einer gewöhnlich präparirten nassen Kollodiumplatte ein Gitternetz abbildete und dieses im feuchten und trockenen Zustande der Platte mass, dass auf derselben proportionale Verziehungen von $\frac{1}{40000}$ nicht stattfanden d. i., dass eine Länge von 100 Millimeter nachweisbar auf mindestens 0,0025 Millimeter, eine solche von 10 Millimeter auf 0,00025 Millimeter unverändert blieb. Beim Sonnendurchmesser würde dieser Verziehung die Winkelgrösse von 0,05 Bogensekunden entsprechen, eine Grösse, die auch bei optisch-astronomischen Beobachtungen nur schwer zu verbürgen ist. Bei Trockenplatten, also solchen, die im getrockneten Zustande in die Kasette gelegt und dann auf nassem Wege entwickelt

*) Nach den heutigen Fortschritten der phot. Technik ein überwundener Standpunkt! Vgl. Verziehung bei Gelatine-Platten in „Weinek, Die astron. Photographie“ pag. 7.

werden, scheinen die Verziehungen grösser zu sein, indem man oft, freilich bei ungeeigneter Behandlung, ein Faltenlegen oder Ablösen der Schicht beobachtet. In dieser Beziehung mussten die sehr empfindlichen Bromsilber-Gelatine-Platten Besorgniss erregen, da gewöhnliche Gelatine (Leimsubstanz) von geringer Beständigkeit ist. Bezügliche Untersuchungen führten in letzterer Zeit Eder und Pizzighelli in Wien aus. Auf einer Glasplatte wurde ein feines Netz mittels des Diamanten geritzt; darunter wurden verschiedenartig präparirte Gelatine-Emulsionsplatten äusserst kurz belichtet und theils mit Pyrogallussäure, theils mit Eisenoxalat entwickelt. Die Kopie des Netzes wurde hierauf durch Messung mit dem Originale verglichen und gefunden, dass bei sämtlichen Platten keinerlei Ausdehnung, Zusammenziehung oder Verzerrung der Schicht stattfand. Dabei war die Genauigkeit der Messungen eine derartige, dass ein Verziehen der Schicht von $\frac{1}{6000}$ bemerkt worden wäre. Wenn hiernach die Glasplatte mit der photographischen Schicht sehr stabil erscheint, so ist dies doch keineswegs der Fall bei Uebertragung auf Albuminpapier, da letzteres sich infolge des langen Waschungsprozesses bei 100 Millimeter Länge auf 1 bis 2 Millimeter verzieht, wovon sich Jedermann durch Vergleichung einer grösseren Anzahl von Kopien auf Papier desselben Portraits überzeugen kann. Für astronomische Messungen ist daher die Uebertragung auf Papier ganz zu verwerfen.“

Die Wichtigkeit der eben erwähnten Berücksichtigung der lichtempfindlichen Materialien kam besonders bei der jüngsten epochemachenden Anwendung der Photographie auf die astronomische Forschung zur Geltung, nämlich bei den Beobachtungen des Venusdurchgangs in den Jahren 1874 und 1882.

b. DER VENUSDURCHGANG.

Die Venus befindet sich bekanntlich als Abendstern im Osten, als Morgenstern im Westen der Sonne und ist, falls sie nicht sichtbar, durch unmittelbare Nähe der Sonne für das Auge nicht erkennbar.

Die Beobachtung der Venus und des Merkur von der Erde aus ist in Berücksichtigung der Konstellation dieser Gestirne zur Erde eine andere, als diejenige der übrigen Planeten. Beide werden während ihres Kreislaufes zu Zeiten zwischen der Erde und der Sonne sich befinden, stets jedoch von der Erdbahn umschlossen; sie bilden die sogenannten unteren Planeten und ist die Venus, von der Sonne aus gerechnet, der zweite die Sonne umkreisende Stern, während Merkur nach unserer gegenwärtigen Kenntniss der Glieder des Sonnensystems

als erster Planet die Bahn um die Sonne beschreibt. Die Bahn der Venus um die Sonne ist fast kreisrund und ihre Ebene macht mit der Erdbahn einen Winkel von $3^{\circ} 23' 35''$. Diese Bahn durchläuft die Venus in 224 Tagen, 16 Stunden, 49 Minuten und 13 Sekunden.

Würden die Bahnen, in welchen sich die Venus und die Erde bewegen, genau in derselben Ebene sich befinden, so würde jedesmal, wenn die Venus zwischen der Sonne und der Erde hindurchgeht, die Venus, von der Erde aus gesehen, als ein schwarzer Fleck auf der Sonnenscheibe erscheinen. Da jedoch die beiden Bahnen den oben erwähnten Winkel mit einander bilden, so kann jene Beobachtung nur dann gemacht werden, wenn die Venus in der Weise zwischen Sonne und Erde hindurch geht, dass der betreffende Durchgang, zur Zeit der unteren Konjunktion, in nächster Nähe der Knotenlinie stattfindet. (Vgl. Prof. Weinek's Zeichnung auf Seite 79 Figur 55.) Unter Konjunktion versteht man die gegenseitige Stellung zweier Himmelskörper, zufolge welcher dieselben in einer und derselben Richtung von der Erde aus gesehen werden, unter Opposition dagegen die Stellung, bei der, zum Beispiel, die Erde zwischen einem die Sonne umkreisenden Planeten und der Sonne sich befindet. Daher kommt es, dass Venus und Merkur nie in Opposition treten können, weil ihre Bahnen von der Erdbahn umschlossen werden. Treten sie aber im Laufe ihrer Bahnen zwischen die Erde und die Sonne, so kommen sie in ihre untere Konjunktion, welche Stellung die Vornahme der möglichst genauen Berechnung der Sonnenparallaxe gestattet, jenes Winkels, unter welchem vom Mittelpunkte der Sonne aus der Aequatorhalbmesser der Erde erschiene. Unter der Knotenlinie versteht man die Durchschnittsline, welche infolge des Durchschneidens der Erdbahnebene mit der Bahnebene der Venus gebildet wird. Die Erde tritt zweimal im Jahre in die Knotenlinie, wenn sie dieselbe im Juni und im Dezember auf ihrer Bahn erreicht und durchschneidet. Die Kreuzungspunkte, welche in der Knotenlinie durch die Kreuzung der Venusbahn mit der Erdbahnebene gebildet werden, nennt man die Knotenpunkte. Wenn die Venus bei ihrer unteren Konjunktion von einem Knoten nicht weiter als 1 Grad und 49 Minuten absteht, so geht sie, wie bemerkt, als schwarzer Fleck vor der Sonnenscheibe vorüber. Der Umstand, dass eine gerade Linie, von der Erde zur Venus gezogen, die Sonne trifft, tritt nur selten ein, und deshalb sind die Vorübergänge derselben vor der Sonnenscheibe ebenfalls selten. Die Durchgänge des Merkur, welcher wegen seines öfteren Umlaufs und seiner geringeren Entfernung von

der Sonne häufiger in eine gerade Linie mit der Erde und der Sonne tritt, kommen öfter zur Beobachtung, als die Venusdurchgänge, eignen sich aber aus später anzuführenden Gründen nicht in so hohem Grade, wie die Venusdurchgänge, zu Messungen der Sonnenparallaxe. Der jüngste Durchgang des Merkur vor der Sonne (Fig. 53) wurde im November der Jahre 1861 und 1868 beobachtet, hat aber zu keinen besonders nennenswerthen Beobachtungen Veranlassung gegeben.

Die Dauer eines derartigen Phänomens hängt theils von der Geschwindigkeit des Planeten und der Erde, theils auch von dem Umstande ab, in welcher Nähe von dem Mittelpunkte der Sonne der

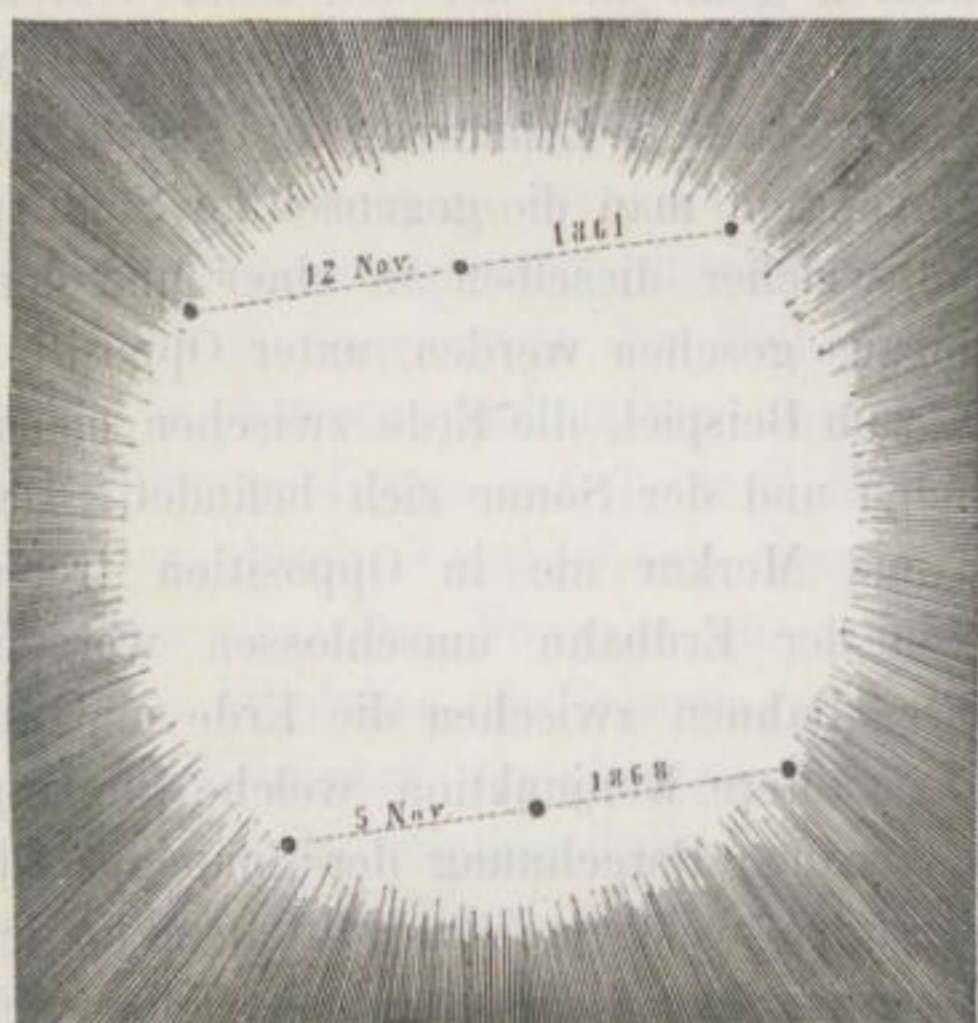


Fig. 53. Durchgang des Merkur vor der Sonne im November der Jahre 1861 und 1868.

Planet vorbeizieht, und führt bei Berücksichtigung dieser Verhältnisse zur Berechnung der Sonnenparallaxe. Hier, wo es sich nur darum handelt, die Grundidee der Methode verständlich zu machen, können wir auf Genaueres, als die folgenden Seiten bieten, nicht eingehen.

Die Versuche, die Entfernungen der Planeten von der Sonne zu messen, gehen in das graue Alterthum zurück und nehmen dort ihren

Ursprung. Sie beruhen theils auf trigonometrischen Winkelmessungen, bei welchen man genaue mathematische Berechnungen auf die Basis der Beobachtungen stellte, theils auf dem Verhältniss der Entfernung der Sonne zum Durchmesser der Mondbahn, theils — und diese Methode wurde in neuerer Zeit besonders kultivirt — gab die Geschwindigkeit des Lichtes eine Grundlage zur Berechnung der Sonnenentfernung. Bezügliche Forschungen hatte schon Olaf Römer im Jahre 1675 angestellt. Aber erst aus den Beobachtungen des französischen Physikers Fizeau (1849) ging mit annähernder Genauigkeit hervor, dass das Licht 42 218 Meilen in der Sekunde durch-eile, und ergab sich daraus eine Entfernung der Erde von der Sonne

von ca. 20 560 000 Meilen. Der ebenso exakte Forscher Foucault dagegen, welcher auch die Geschwindigkeit des Lichtes zur Basis seiner Berechnungen nahm, fand (im Jahre 1862) nur eine Lichtgeschwindigkeit von 40,160 Meilen, mithin nur eine Entfernung der Sonne von ca. 19 533 000 Meilen. Die Fizeau'sche Methode ist in neuerer Zeit von Cornu in Paris, die Foucault'sche von Michelsen in Annapolis (Maryland) wiederholt worden. Ersterer fand eine Lichtgeschwindigkeit von 300 400, Letzterer von 299 944 Kilometern. Die Subtilität dieser direkten Methoden erklärt vollständig die Divergenz der einzelnen Forscher.

Durch Kepler, welcher für die Astronomie in so vielfacher Richtung Unschätzbares geleistet hat, ist ein Gesetz gefunden worden, welches als Grundlage aller neueren Ermittlungsversuche, die Entfernung der Erde von der Sonne zu bestimmen, Geltung hat. Dieses Gesetz lautet: „Die Quadrate der Umlaufzeiten der Planeten verhalten sich wie die dritten Potenzen ihrer Entfernungen von der Sonne.“ Die Umlaufzeiten der Planeten um die Sonne sind jetzt durch direkte Beobachtung und Zeitabmessung mit absoluter Genauigkeit bekannt, und so ist es leicht ersichtlich, dass z. B. aus der Entfernung der Venus von der Erde die Entfernung der Erde von der Sonne abgeleitet werden kann. Solche Verhältnisse bieten die Planeten Merkur und Venus, und eignet sich zu den betreffenden Beobachtungen vornehmlich die Venus, weil sie sich zur Zeit ihrer Vorübergänge vor der Sonnenscheibe der Erde bedeutend mehr als Merkur nähert. Die Beobachtungen eines Venusdurchganges zum Zwecke der Messverwerthung für die Sonnenentfernung müssen von zwei Beobachtern, deren Stationen auf der Erdoberfläche möglichst weit auseinanderliegen, angestellt werden. Denkt man sich von einem dieser Beobachter zu dem andern eine Linie gezogen, so wird dieselbe die Basis eines Dreiecks darstellen, dessen beide in dem zu beobachtenden Gestirne sich kreuzenden Seitenlinien durch die Richtung der Fernrohre der beiden Beobachter bestimmt werden. Aus der Länge der Basis und den, aus der Beobachtung hervorgehenden, Winkeln zwischen den Richtungen zur Venus und der Richtung der Basis berechnet sich leicht die Höhe des Dreiecks, mithin die Entfernung der Venus von der Erde.

Denken wir uns nun in Figur 54 bei E die Erde, in V die Venus und in S die Sonne, so müssen die Fernrohre der beiden Beobachter A und B so gerichtet sein, dass ihre Richtungslinien sich in V schneiden würden. Für beide Beobachter wird die zwischen

Erde und Sonne befindliche Venus auf der Sonnenscheibe eine Sehne durchlaufen; für den Beobachter in A wird die Venus in der Richtung von e nach f , für den Beobachter in B von c nach d sich bewegen. Der Abstand der beiden Sehnen von einander, die Linie ab , wird sich demnach für die verschiedenen Epochen eines Venusdurchganges genau ermessen lassen, und wiederum die Basis eines Dreiecks abgeben, aus welchem die Entfernung der Linie VS sich berechnen lässt, welche zu dem Ergebnisse der Winkelberechnung der Sonnenparallaxe (siehe S. 76) führt, woraus sich die Gesamtentfernung der Sonne von der Erde (SVE) ergibt. Noch besser wird diese Theorie aus der in Figur 55 ersichtlichen in der Leipziger „Illustrierten Zeitung“ 1s. Zt. veröffentlichten Weinek'schen Zeichnung verständlich. Der Durchgang der Venus durch die Sonnenscheibe, welcher am 8. Dezember 1874 astronomischen Datums, (am 9. Dez. bürgerlichen

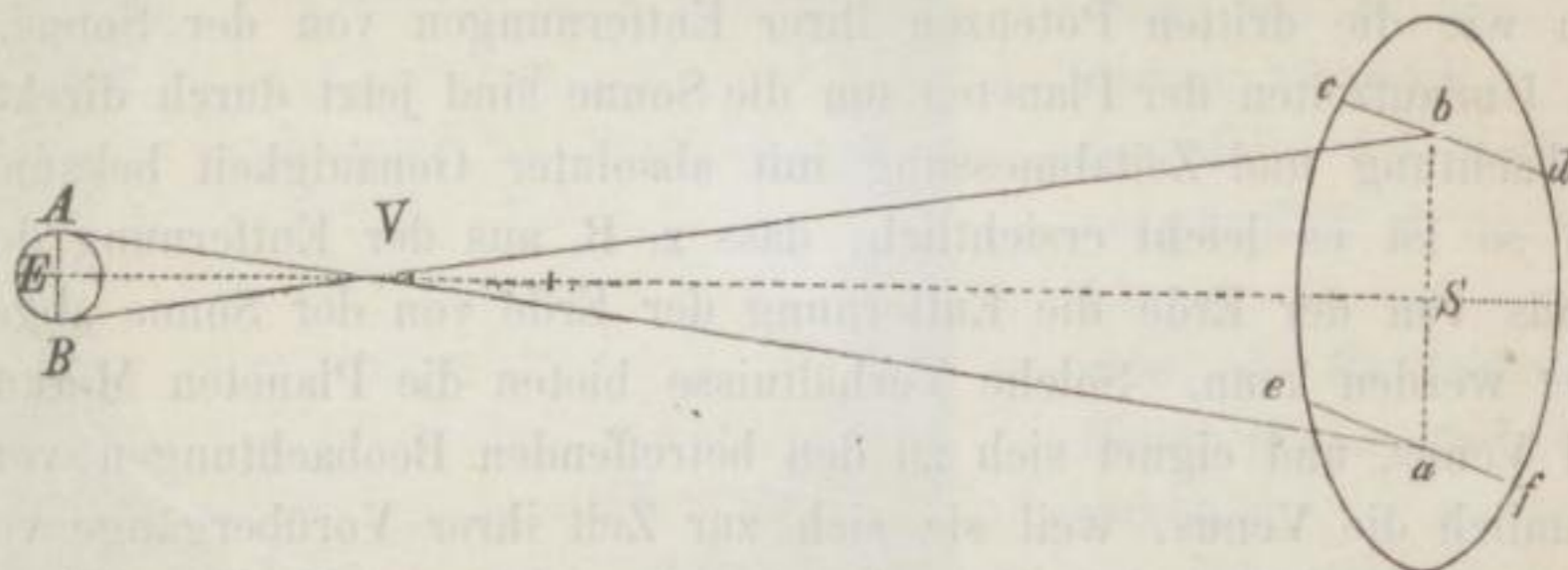


Fig. 54. Berechnungsmethode der Sonnenentfernung von der Erde bei Venusdurchgängen.

Datums) stattfand und sich am 6. Dezember 1882 wiederholt hat, bot die betreffenden Verhältnisse in einer für die Berechnungen so erfolgversprechenden Weise, wie sie wohl für unsere heutigen Werkzeuge und Methoden nicht günstiger sich gestalten konnte. Die Venus trat von Osten her, nahe dem nördlichen Rande, in die Sonnenscheibe ein; die ganze Erscheinung dauerte bis nahe 5 Stunden. Indem die Venus während dieser Zeit durch ihre konjunktionelle Stellung zwischen Sonne und Erde der letzteren ihre unbeleuchtete Seite zukehrte, erschien sie dem Beschauer als schwarze, an der Sonnenscheibe nach und nach vorüberziehende kleine Scheibe von $\frac{1}{30}$ stel des Sonnendurchmessers. Sichtbar war das Phänomen in Indien, China, Australien, im Indischen und einem Theile des Grossen Ozeans, und im Südpolarmeere, — theilweise sichtbar im östlichen Europa, in Centralafrika und im Süden des Atlantischen Ozeans (Fig. 56).

Die Beobachtungen des Venusdurchganges hat man angestellt: erstens durch die Kontaktmethode, welche darin besteht, den Moment des Eintrittes und des Austrittes genau zu beobachten; zweitens durch die Abmessung der Entfernung des Venusmittelpunktes vom Sonnenmittelpunkte oder, da diese durch Nichts charakterisirt sind, der beiderseitigen Ränder von einander zu verschiedenen Zeiten des Durchganges. Diese Messungen werden mit einem besonders vorzüglichen Fernrohr, welches mit einem genauen Mikrometerapparat versehen

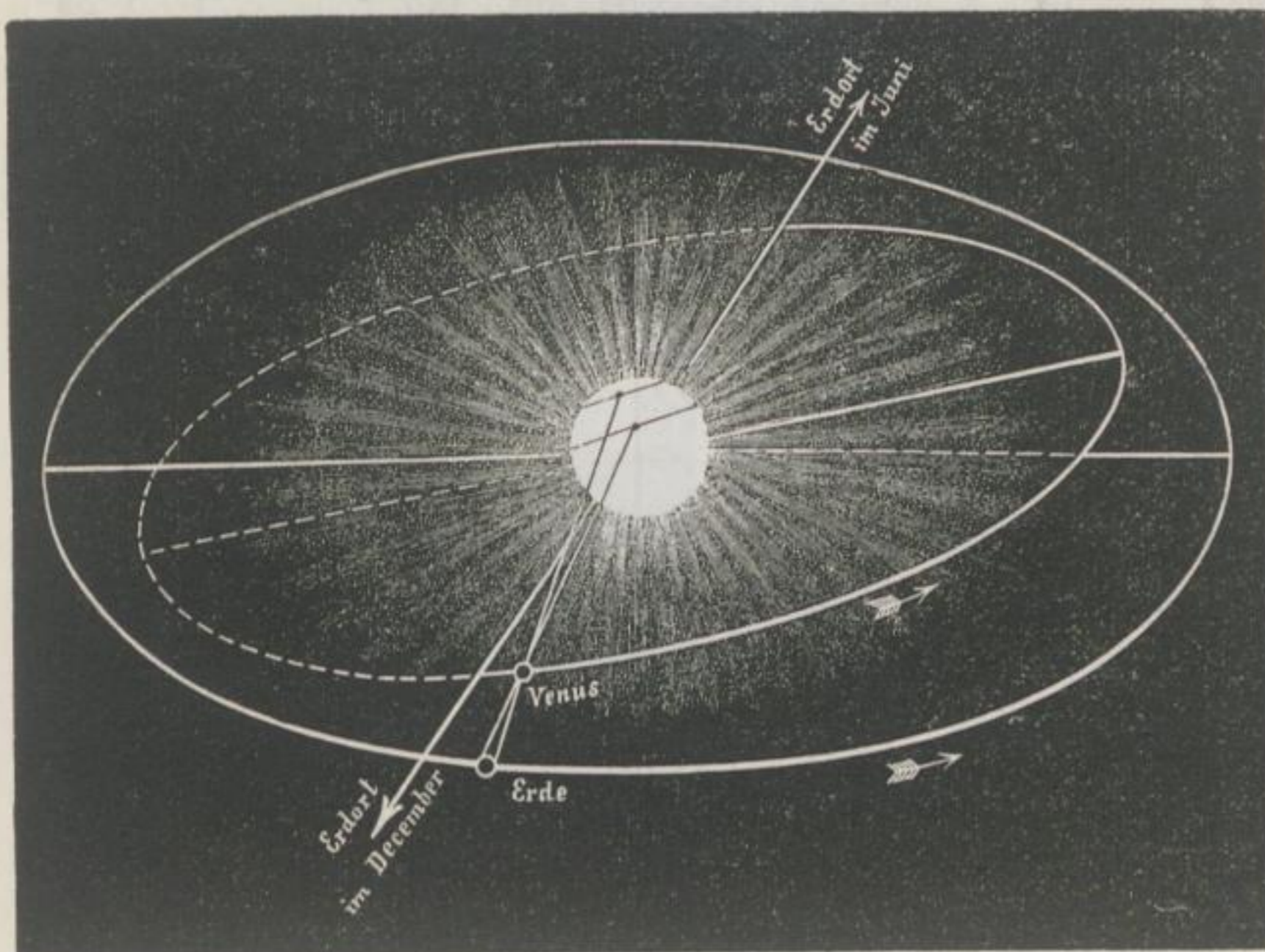


Fig. 55. Bahn der Erde und Venus um die Sonne. Stellung von Erde, Venus und Sonne zur Zeit des Venusvorübergangs am 9. Dez. 1874.

ist, dem sogenannten Heliometer, ausgeführt. Das Heliometer (Fig. 57) besitzt ein Objektiv, welches aus zwei Hälften besteht, die in genau messbarer Richtung aus einander geschoben und wieder genähert werden können. Durch eine Mikrometerschraube werden diese beiden Objektivhälften hin und her bewegt; eine auf dem runden Griff der Schraube oder auf Skalen, die sich mit den beiden Objektivhälften verschieben, angebrachte Theilung lässt die Entfernung der beiden Objektivhälften mit Genauigkeit ablesen. Wird ein solches Fernrohr während des Venusdurchganges nach der Sonne gerichtet,

so kann man jede einzelne der beiden Objektivhälften sowohl auf den Sonnenrand, als auch auf den Venusrand von Minute zu Minute lenken.

Fig. 56. Geographische Karte der Sichtbarkeit des Venusdurchganges am 8. Dezember 1874.



Es entstehen demnach in dem Gesichtsfelde fortwährend zwei Bilder, sodass man aus der Verschiebung der beiden Objektivhälften die

Entfernung der Venus vom Sonnenrande an der Mikrometerschraube oder an den erwähnten Skalen direkt ablesen kann. Das Verständniss der Abbildung Fig. 57 ergibt sich aus den im Anfang dieses

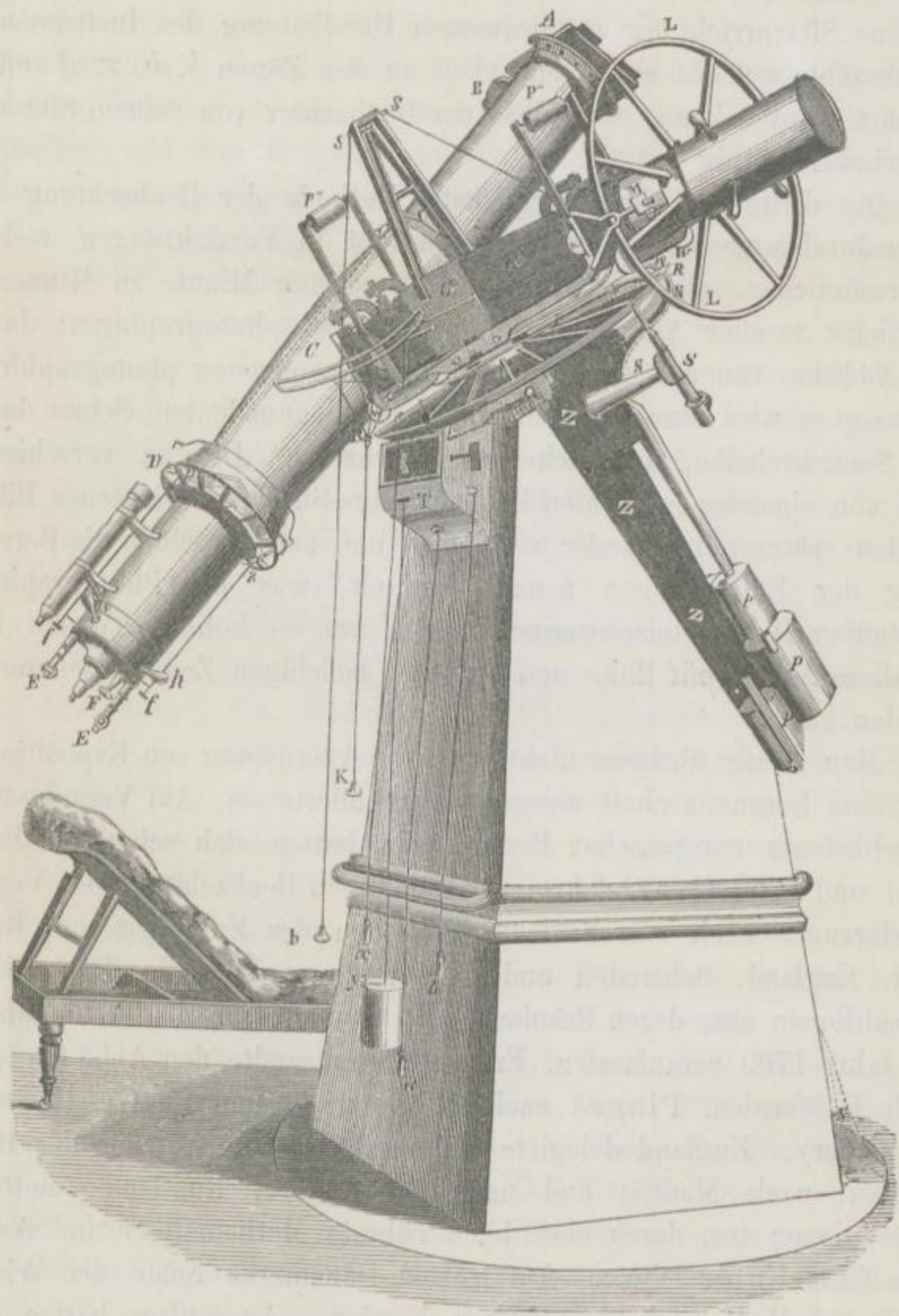


Fig. 57. Heliometer.

Kapitels beschriebenen ähnlichen Instrumenten (vgl. S. 12 ff.); der Deklinations- und Stundenkreis, sowie die angebrachten Gewichtsvorrichtungen zur Balanzirung entsprechen nämlich vollkommen den oben

Stein, Das Licht etc. 2. Aufl.

geschilderten Einrichtungen. Zur Erklärung der vorstehenden Figur bemerken wir nur noch, dass *D* ein kleines Richtungsteleskop, ein sog. Sucherfernrohr, darstellt, während bei *E* und *E* sich die Schraubenvorrichtungen zur Verschiebung der Objektivhälften befinden. In *b* ist eine Sitzvorrichtung zur bequemen Handhabung des Instrumentes angebracht, welches mit Leichtigkeit an den Zügen *b*, *b*, *x*, *d* und *K* regulirt werden kann, ohne dass der Beobachter von seinem Sitz sich zu erheben nöthig hat.

Die dritte und hauptsächlichste Methode der Beobachtung des Venusdurchganges vor der Sonne besteht in Vorrichtungen, welche es ermöglichen, die Sonne mit der Venus von Minute zu Minute in möglichst rascher Aufeinanderfolge direkt zu photographiren; durch die Addition von auf der Sonnenscheibe gewonnenen photographirten Venusorten wird eine Linie, die oben schon angedeutete Sehne durch die Sonnenscheibe, mit Sicherheit gewonnen. Die an verschiedenen weit von einander entfernten Beobachtungs-Stationen erhaltenen Bilder werden später mit einander verglichen und aus denselben die Berechnung der Entfernungen genau ermittelt, was bei Photographien, gegenüber Heliometermessungen, einen um so höheren Werth hat, als diese Arbeit mit Ruhe und zu jeder beliebigen Zeit vorgenommen werden kann.

Man glaube übrigens nicht, dass die Ausrüstung von Expeditionen erst eine Errungenschaft unseres Jahrhunderts sei. Auf Veranlassung verschiedener europäischer Regierungen hatten sich schon im Jahre 1761 und 1769 viele Gelehrte zur damaligen Beobachtung des Venusdurchganges nach verschiedenen Stationen der Erde begeben; Russland, England, Schweden und Frankreich sandten im Jahre 1761 Expeditionen aus, deren Resultate noch weit grössere Unternehmungen im Jahre 1769 veranlassten. Frankreich entsandte den Abbé Chappe nach Kalifornien, Pingré nach St. Domingo und Le Gentil nach Pondichery. England delegirte mehrere Astronomen nach der Hudsonsbai, nach Madras und nach der Südsee; Russland sandte 8 Expeditionen aus, deren eine der berühmte Mathematiker und Astronom Chr. Euler leitete. Auf Kosten Dänemarks reiste der Wiener Astronom Hell nach dem hohen Norden. Ausserdem hatten sich die Franzosen Dollières und Collas nach China, und der deutsche Astronom Mohr zur Beobachtung des Venusdurchganges nach Batavia begeben. — Die Mangelhaftigkeit der damaligen Instrumente, besonders die Unzuverlässigkeit der Uhren, verschuldete die Unsicherheit des Resultates, sodass die Differenz in den Ansichten von der wirk-

lichen Entfernung der Erde von der Sonne noch immer einige hunderttausend geographische Meilen betragen hat.

Mit rühmlichem Wetteifer haben die bedeutenderen Nationen der heutigen civilisirten Welt eine grosse Anzahl von erfolgreichen Expeditionen im Jahre 1874 ausgerüstet.

Von den 6 Expeditionen, welche allein das Deutsche Reich entsendete, wurden 4 mit photographisch-astronomischen Apparaten versehen und von besonders zu diesem Zwecke ausgebildeten Fachphotographen begleitet. Die photographisch-astronomischen Apparate bestanden in Fernrohren von 2 Meter Fokusslänge, welche in ihrem Brennpunkte ein Sonnenbild von 19 Millimeter zu erzeugen vermochten. Dieses Sonnenbildchen wurde wiederum, mittels eines an dem Fernrohr befestigten Okulars nahe 6 mal vergrössert, auf die matte Scheibe der angefügten kleinen photographischen Kamera obskura geworfen, sodass mit Leichtigkeit und Sicherheit die als schwarze kleine Scheibe sich abzeichnende Venus darauf erkannt werden konnte; an der Stelle der matten Scheibe wurde im Moment der Aufnahme die photographische Platte eingeschaltet.

Die fünf Expeditionen begaben sich theils nach der südlichen, theils nach der nördlichen Hemisphäre. Die aus den Astronomen Dr. Seeliger, Dr. Schur, den Photographen H. Krone und Dr. Wolfram, dem photographischen Gehilfen J. Krone und dem Mechaniker H. Leyser bestehende Expedition reiste unter Begleitung zweier Offiziere der deutschen Marine nach den Aucklands-Inseln, südlich von Neuseeland. Die Astronomen Dr. Börgen, Dr. Weinek, Dr. Wittstein, die Photographen H. Bobzin und Dr. Studer, ferner der Mechaniker Krille bildeten die zweite Expedition, welche auf der Korvette „Gazelle“ die Kerguelen-Insel an der Grenze des Indischen Ozeans gegen das Südliche Eismeer zum Ziele ihrer Forschungsreise genommen hatte. Die dritte Expedition, deren Reise nach der Insel Mauritius im Indischen Ozean führte, bestand aus den Astronomen Dr. Loew, Dr. Pechüle und den Gehilfen Heidorn und Dölter. Dieselbe sollte nur ein kontrollirendes Bindeglied der deutschen Hauptexpeditionen darstellen, indem schon von den Engländern auf Mauritius die umfassendsten Vorkehrungen zur Beobachtung getroffen worden waren. Die vierte Expedition wurde nach Persien und zwar nach Ispahan, der alten Perserhauptstadt, gesandt; Dr. Fritsch (Leiter), Dr. Becker (Astronom), sowie Dr. Stolze und Buchwald (Photographen) bildeten, unter dem Schutze des Schah Nasr-Eddin stehend, deren Personal. Die fünfte Expedition begab sich nach Tschifu

in China, der einzig gewählten Station totaler Sichtbarkeit auf der nördlichen Halbkugel. Dieselbe bestand aus den Doktoren Valentin, Reimann und Adolf, dem Photographen Kardätz und den Gehilfen Deichmüller und Eschke. Sie reisten bis Shanghai mit einem englischen Postschiffe, um dort durch die deutsche Korvette Arkona und unter deren Schutze und Beihilfe nach Tschifu geleitet zu werden. Eine sechste deutsche Expedition endlich ging im Auftrage der Berliner Akademie der Wissenschaften unter Leitung des Professor Auwers nach Luxor in Oberegypfen.

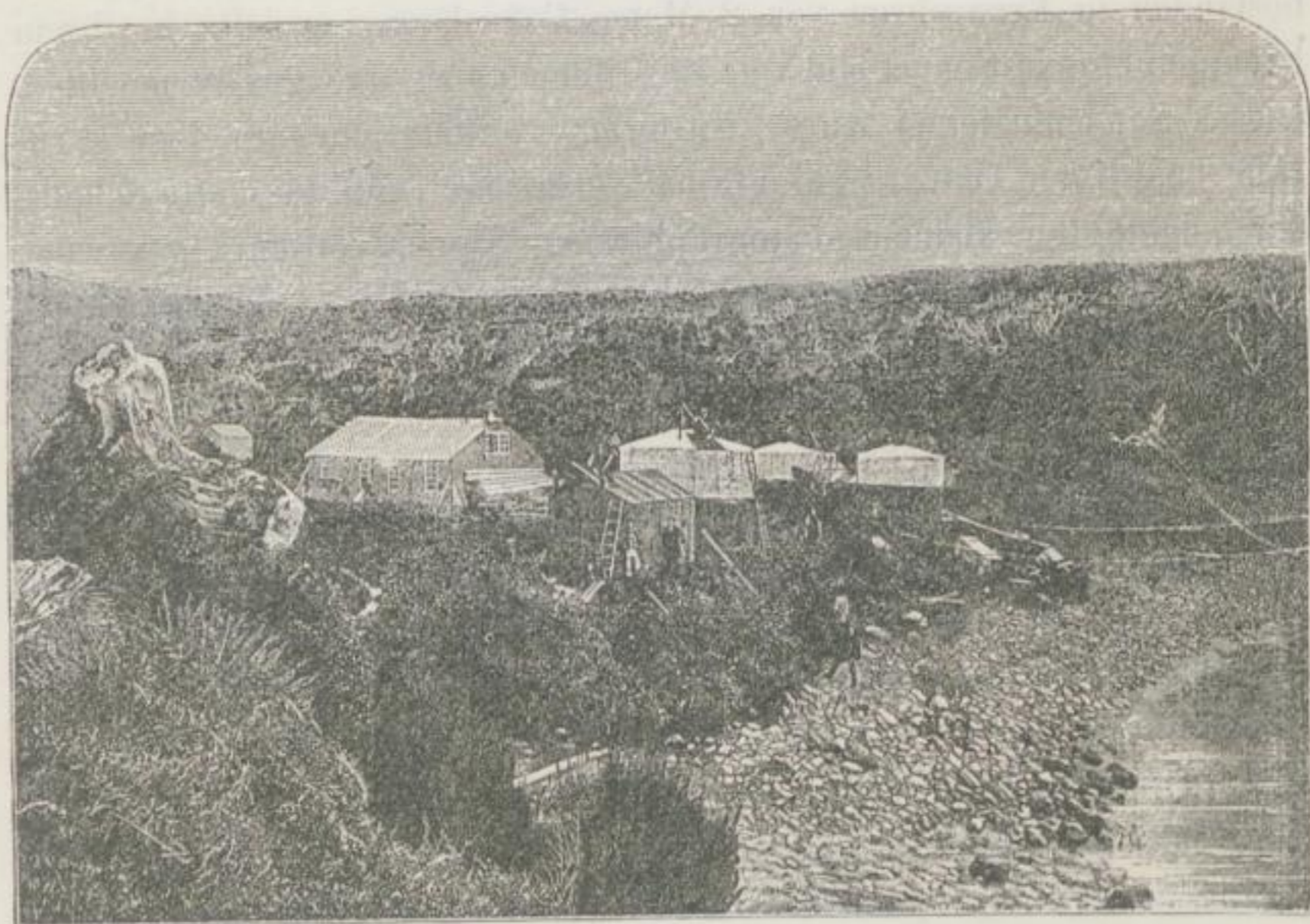


Fig. 58. Stationsgebäude und Observatorium der Venusexpedition auf den Aucklandinseln.
(Figuren 58 u. 59 aus H. Krone's Bericht in „Von Fels zum Meer“ 1883, I.)

Die nach Tschifu bestimmte Expedition war am 15. September 1874 wohlbehalten in Bombay angekommen, von wo sie sich über Ceylon und Singapore nach Hongkong und Shanghai begab. Die deutsche Korvette Arkona war schon vorher in Tschifu gewesen, um daselbst den Empfang der Expedition vorzubereiten, welche am 27. Oktober 1874 daselbst anlangte.

Der Photograph der Expedition, Kardätz, schreibt über den Verlauf der Operationen: „Am 9. Dezember, früh 7 Uhr, war Alles auf dem Platze. Baron von Reibnitz, Kommandant der Arkona, welcher an den astronomischen Instrumenten mit beobachtete, sagte: „Der Platz sieht aus wie das Deck einer Panzerfregatte, welche zum

Gefecht klar gemacht hat.““ Jeder stand auf seinem Posten und harrte voll Erwartung des Zeichens zum Anfangen; eine halbe Stunde vor Beginn des Phänomens machten wir eine Platte, welche zu unserer Zufriedenheit ausfiel. Ungefähr 6 Minuten vorher ertönte das Zeichen; wir verfügten uns in die Dunkelkammer, und von nun an waren wir $4\frac{1}{2}$ Stunden von der Aussenwelt abgeschlossen. Alle Schiffe im Hafen hatten geflaggt, sämtliche Konsulate und viele Privathäuser festlichen Flaggenschmuck angelegt; die Chinesen in der Stadt brannten von früh an Feuerwerk ab und erbateten dadurch gute



Fig 53. Weihnachtsfeier der deutschen Expedition auf den Aueklandinseln.

Herm. Krone. Johs. Krone. Dr. Wolfram. Lieut. Siegel.
Herm. Leyser. Dr. Schur. Dr. Seeliger. Capt.-Lt. Becks.

Sonne; der Tautei hatte früh Morgens nebst Gefolge die höchste Bergspitze erstiegen, um der Sonne sein Anliegen, recht sehr zu scheinen, aus nächster Nähe anbringen zu können; seine Bitten sind erhört worden, denn wir hatten ungefähr 2 Stunden lang recht klares Wetter.

„Die Arbeit in der Dunkelkammer war folgendermassen eingetheilt. Herr Dr. Boehr kollodionirte und silberte die Platten, und zwar in drei Silberbädern, legte die gesilberte Platte in die Kasette, stellte dieselbe in den als Observatorium dienenden Thurm, ich entnahm die Kasette dem mit dem Thurme verbundenen Wechselkasten, übergab die leere Kasette einem hierzu angelernten Unter-

offizier der Arkona, welcher dieselbe auswischte und sie Herrn Dr. Boehr wieder zur Hand stellte; ich rief alsdann die Platte hervor, spülte sie ab, und erstattete sofort Bericht über Stellung und Exposition des Bildes durch den Wechselkasten in den Thurm hinein. Die hervorgerufenen Platten übergab ich nun Herrn Eschke, welcher dieselben kräftigte, fixirte und nach gehöriger Abspülung fortstellte; wenn die Arbeit an dritter Stelle stockte, so machte ich zwischenher eine Platte vollständig fertig. Auf Platte Nr. 1 konnte selbstverständlich noch nichts von der Venus sichtbar sein, ebenso wenig bei Nr. 2. Bei Nr. 3 sah ich mir schon ganz gehörig den Rand an, konnte jedoch noch nichts Bestimmtes entdecken und lange Zeit zum Ansehen war nicht; obgleich ich eine ganz unbedeutende äussere Berührung zu entdecken glaubte, schwieg ich jedoch; klopfenden Herzens rief ich die 4. Platte hervor, und siehe da, die Venus zeigte schon einen, zwar ganz kleinen, aber deutlich wahrnehmbaren Eintritt in den Sonnenrand, ich konnte, obgleich es nicht erlaubt war, einen Ausdruck der Freude nicht unterdrücken; und nun ging die Arbeit mit grosser Aufmerksamkeit, Ruhe und Besonnenheit, ohne wesentliche Störung von statten. Die Venus ward auf jeder Platte deutlicher, Jeder hatte vollauf mit seiner Funktion zu thun; ungefähr nach zweistündiger Arbeit stockte einmal das Zurückreichen der Kassette mit der exponirten Platte, ich zog durch den Wechselkasten Erkundigungen ein, natürlich beschränkte sich die Erkundigung auf das eine Wort „Kassette?“ und erhielt die in demselben Stil abgefasste Antwort aus dem Munde des Lieutenant Borkenhagen „Wolken“. Dieses eine Wort traf uns in der Dunkelkammer, die von dem, was aussen vorging, keine Ahnung hatten, wie ein Blitz aus heiterem Himmel, wir sahen uns bestürzt an, und das war wohl das einzige Mal, dass wir uns überhaupt während der Zeit des Vorüberganges angesehen haben. Diese Wolke verzog sich jedoch sehr bald und verursachte weiter keine Störung, und obgleich von nun an erst leichter Wolkenschleier eintrat, welcher sich immer mehr gegen Ende des Phänomens verdichtete, so nahm die Arbeit ihren regelmässigen Fortgang. Zu Ende des Phänomens und zwar mit der letzten Platte war es auch vorbei, wie abgeschnitten; der Himmel hüllte sich vollständig in Wolken, der Zweck war jedoch vollkommen erreicht, 115 gute Platten sind in dieser Weise entstanden, wovon die letzte die vollständige Berührung mit dem Sonnenrande zeigt. Es wurden noch weitere Platten in Bereitschaft gehalten, aber sie kamen nicht mehr in Anwendung, da die Sonne nicht wieder vorkam; das Zeichen zum

Aufhören gestattete uns nun, die finstere Kammer zu verlassen, und nun erst merkten wir, welche Atmosphäre sich in der engen Dunkelkammer bei 4 Mann entwickelt hatte. Herr Dr. Boehr war fast von Aetherdämpfen betäubt. Die Freude über das Gelingen des Werkes liess alle ausgestandene Qual vergessen; unter allgemeinem Jubel verliessen wir in Corpore, nachdem die Herren Astronomen noch die nöthigen Beobachtungen gemacht hatten, den Platz und begaben uns, beglückt durch die günstigen Resultate unserer Expedition in die Stadt zurück, woselbst ein allgemeiner Jubel, welcher den eines deutschen Volks- und Freudenfestes annahm, unser Streben belohnte und uns für unsere Mühen entschädigte.“

Dr. Weinek, Astronom und Photograph der Expedition nach der unwirthlichen, stürmischen Kerguelen-Insel berichtet uns: „Unter den heftigsten Stürmen strebten wir seit dem 3. Oktober, wo wir das Kap der guten Hoffnung verliessen, unser Ziel, die Kergueleninsel, an, erblickten sie wohl schon am 21. Oktober, konnten aber wegen Nebel und Unwetter erst am 26. Oktober in Betsy-Cove, einer Seitenbucht der Accessible Bay einlaufen. Alle Berge, welche die Bucht einschlossen, erschienen weiss, mit Schnee bedeckt. Kein Strauch, kein Baum erfreute das Auge. Nur kuppenförmige Moose, über welche Tag um Tag die heftigsten Weststürme hinwegfegen, bedecken die wildzerrissene Felseninsel. Bei einer Ausdehnung von 22 deutschen Meilen zeigt sie nur Leben an den Strandklippen, welche von Tausenden von Pinguinen bevölkert und auch häufig von See-Elephanten, die sich träge im Seetang sonnen, aufgesucht werden. Mit dem Tosen der Brandung wetteifert das Geschrei von Hunderten von Möven und Albatrossen, welche vom Sturme gejagt die Luft durchschliessen. Auf diesem trostlosen Fleckchen Erde sollten wir, indem die Erscheinung glücklich beobachtet worden und deshalb noch eine sorgfältige Bestimmung der geographischen Lage der Insel nothwendig schien, volle 3 Monate verbringen. Das Beobachten glich, indem man von einer Wolkenlücke auf die andere lauerte und oft vergeblich 6 bis 7 Stunden am Fernrohr verbrachte, einer beständigen Aufregung; oft war dieses selbst bei klarem Wetter ganz unmöglich. So weist mein Tagebuch bei beabsichtigter Beobachtung des Mondes im Meridian am 22. November die folgende Stelle auf: 'Mond klar, furechterlicher Sturm. Derselbe löscht die Blendlaternen aus und peitscht Sand in den Raum. Die Schläge des Chronometers, der am Pfeiler des Instrumentes nächst dem Ohre steht, sind kaum zu hören. Die offene Klappe droht jeden Augenblick in den Angeln abgebrochen

zu werden. Beobachtung unmöglich.' In der That, ein solcher Sturm während der Erscheinung und die gesammten Resultate der Expedition wären in Frage gestellt gewesen! Doch wir wurden über alles Erwarten vom Glücke begünstigt.

Noch am Abend des 8. Dez. regnete es; am 9., dem Tage des Durchganges, ging die Sonne klar und freundlich auf. In der Luft herrschte auffallende Ruhe. Der Eintritt der Venus in die Sonnenscheibe sollte kurz nach 6 $\frac{1}{2}$ Uhr Morgens, der Austritt um 11 Uhr erfolgen. Mehrere Minuten vor der berechneten Zeit, die ja nicht genau sein konnte, weil sie mit Hilfe jener Grösse ermittelt worden,



Fig. 60. Observatorium und Nebengebäude der Venusexpedition auf Kerguelen.
(Originalzeichnung von Dr. Weinek. Infolge direkter Uebertragung der Zeichnung auf den Holzstock erscheint solche im Abdruck als Spiegelbild!)

welche erst durch die Beobachtung des Venusdurchganges scharf bestimmt werden sollte, d. i. mit der Entfernung der Sonne von der Erde, eilte Jeder an seinen Posten, die Astronomen an ihre Fernrohre, die Photographen in die Dunkelkammer. Mittlerweile hatte sich der Himmel mit einem dichten, weissen Wolkenschleier bedeckt; auch stand im Westen über den schneebedeckten Bergen dunkleres Gewölk, von welchem sich tiefer ziehende Nebel loslösten und in der Richtung zur Sonne hintrieben. Die Sorge, dass das ganze Gewölk heraufkommen würde, ging glücklicher Weise nicht in Erfüllung, und die Venus begann in deutlicher Begrenzung sich in die Sonne hineinzuschieben. Sie noch ausserhalb der Sonnenscheibe wahrzunehmen, gelang nicht, da dafür das Wetter doch zu ungünstig gewesen.

Deshalb erwarteten wir mit desto grösserer Spannung die zweite oder innere Berührung beider Ränder; denn war diese wenigstens gelungen, so konnten wir uns sagen, nicht umsonst in diese unwirthlichen Gegenden gegangen zu sein. Schon nähert sich der kritische Moment, man blickt nochmals nach dem tickenden Chronometer, um die in Gedanken fortgezählte Sekunde zu kontrolliren und verfolgt nunmehr mit grösster Aufmerksamkeit den Verlauf des Phänomens. Schon scheint sich die Venus vom Rande loslösen zu wollen, noch bildet sie eine schwarze Brücke zu diesem, dieselbe wird dünner und endlich reisst sie entzwei. Dies ist der zu beachtende Moment. Zu unserer Freude hatten wir ihn fixirt. Während nun die Venus frei in der Sonne steht, ist die Arbeit eine andere. Es geschehen Abstandsmessungen derselben vom Sonnenrande, theils auf rein astronomischem, theils auf photographischem Wege. Wir erhielten im Ganzen 61 Sonnenbilder und hätten vielleicht die doppelte Zahl von Platten erreicht, wenn nicht in der zweiten Hälfte der Erscheinung sich das Wetter bedeutend verschlechtert hätte, so dass die Gegenstände kaum mehr einen Schatten warfen. Doch waren wir auch mit dem Erhaltenen zufrieden, da noch die Beobachtung der Zeit des Austrittes der Venus vollständig gelang. Jetzt erst, nach dieser vierstündigen anstrengenden Arbeit, die der Eine in grösserer, der Andere in geringerer Aufregung vollbracht, hatte die Expedition Bedeutung erlangt und wir konnten uns gegenseitig zum Erfolge gratuliren.

Kaum, dass der 9. Dez. vorüber gewesen, trat wieder trübes, stürmisches Wetter ein, so dass ich bis zum 19. Dez. auf einen Sonnenblick warten musste, um die Untersuchungen an der Sonne vollenden zu können. Nachdem wir noch eine entsagungsvolle Zeit zur erwähnten geographischen Ortsbestimmung auf Kerguelen verbracht und das Herannahen des arktischen Herbstes mit seinen häufigen Schneestürmen unsere bislang arg getäuschten Hoffnungen nicht mehr zu beleben vermochte, brachen wir am 30. Januar 1875 unser kleines Dorf ab und bezogen in freudigster Empfindung wieder die alten Kammern der „Gazelle“, da es nun hiess: Nach der Heimath! Bald sollten wir auch wieder Nachrichten aus ihr erhalten, welche uns seit der Kapstadt gänzlich gefehlt. Nach abermals stürmischer Fahrt erscholl endlich am 25. Februar der Ruf: Mauritius in Sicht und ich erinnere mich lebhaft, wie damals Alles an Deck stürzte, um wieder einmal Bäume und Wohnstätten des Menschen zu sehen. Hier verliess uns die heimathliche „Gazelle“ für ihre Reise um die Erde, während wir uns auf dem französischen Dampfer „Tibre“ der

Messageries maritimes einmieteten und auf dem Wege östlich von Afrika durch den Suez-Kanal und das mittelländische Meer Marseille anstrebten, welche Stadt wir am 31. März glücklich erreichten.“

Was die wissenschaftlichen Resultate der deutschen sowohl als der ausserdeutschen Expeditionen anlangt, so dürften zu deren Verwerthung noch mehrere Jahre des Rechnens und der vergleichenden Beobachtung in Anspruch genommen werden. Bis jetzt ist selbst von den gewonnenen Photographien noch wenig Unbetheiligten ein Abdruck zu Gesicht gekommen, und hält man, um eine gegenseitige Annäherung der Resultate zu vermeiden, die Errungenschaften der einzelnen Expeditionen mit begründeter Aengstlichkeit geheim, bis alle Arbeiten vollendet, und das Gesamtergebnis des grossen Unternehmens, die genaue Berechnung der Sonnenparallaxe, verkündet werden wird.

Wir verdanken der Güte des verst. Professor Dr. C. Bruhns, Direktors der Sternwarte zu Leipzig, das photographirte Originalbild zu Figur 61, welches eine sorgfältige Nachbildung eines von dem Photographen der Aueklands-Expedition, Herrn Krone, kurz nach dem Eintritte der Venus in die Sonnenscheibe, am 9. Dezember 1874 Nachmittags aufgenommenen Sonnenbildes mit den im Fernrohre zum Messen der Entfernungen befindlichen Linieneintheilungen darstellt.

Frankreich hatte 1874 6 Stationen, England 12, Italien 3, Holland 1, Amerika 8 und Russland, da der Durchgang in einem grossen Theile des Zarenreiches sichtbar war, 26 Stationen besetzt. Die deutschen Expeditionen waren sämmtlich vom Wetter begünstigt gewesen.

Ein gleicher Eifer zur Aussendung von Expeditionen obwaltete auch im Jahre 1882, besonders, da es nun galt, von dieser wichtigen Erscheinung für 121½ Jahre Abschied zu nehmen. Unsere Figur 62 giebt die Uebersichtskarte der Erdorte, welche am 6. Dez. 1882 den Vorübergang der Venus vor der Sonnenscheibe zu beobachten ermöglichten. Die ganz dunkle Parthie der Zeichnung konnte von der Erscheinung nichts sehen, weil dort die Sonne unter dem Horizont sich befindet; die halbdunkle Partie sah nur einen Theil, und zwar jene rechts, welche Westeuropa und ganz Afrika in sich begreift, bei untergehender Sonne nur den Anfang, jene links, die einen grossen Theil des Stillen Ozeans überzieht, bei aufgehender Sonne nur das Ende der Erscheinung; endlich sah die helle Parthie den ganzen Verlauf des Phänomens. Die auf dem Kärtchen eingetragenen Kurven erhält man leicht, indem man zuerst für die Zeiten des Ein- und Austritts der Venus jene Orte der Erdoberfläche aufsucht, deren Bewohner die Sonne senkrecht über ihrem Kopf haben. Der erstere

liegt (für den Moment der Bisektion der Venus durch den Sonnenrand) etwas östlich von Rio de Janeiro, der zweite nächst der Ducie Insel in der Paumotu-Gruppe des Stillen Ozeans. Markirt man dann diese Punkte auf einem Erdglobus und zieht im Abstand von 90 Graden die zwei entsprechenden Kreise, so stellen letztere die Be-

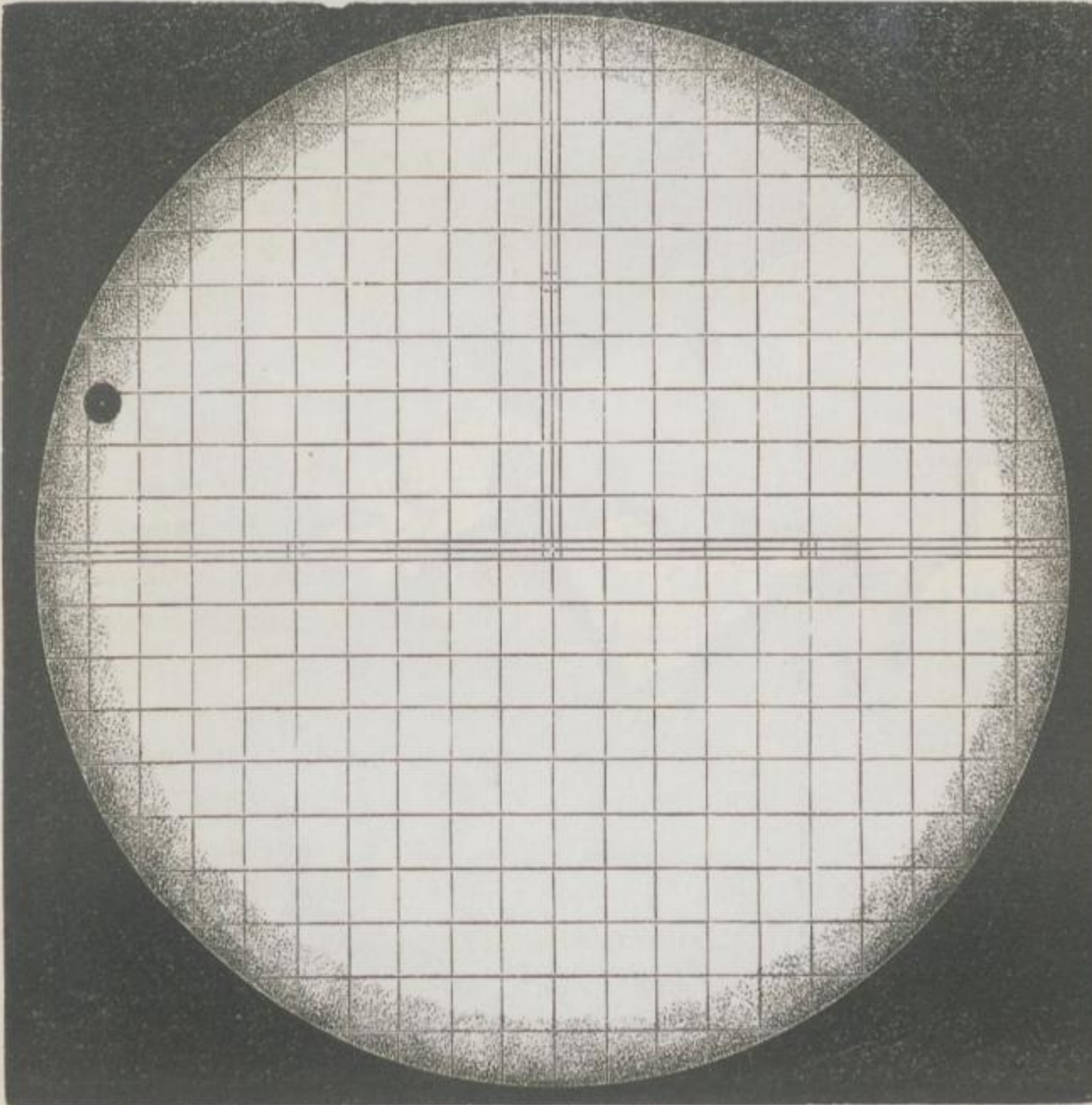


Fig. 61. Venusdurchgang, 1874, (nach einer Original-Photographie, aufgenommen von dem Photographen der Aucklands-Expedition, H. Krone).

leuchtungsgrenzen für die betrachteten Momente dar, nach Osten hin jene Grenze, wo eben die Sonne untergeht, nach Westen hin, wo sie eben aufgeht. Breitet man endlich die Länder und Meere des Globus in eine Ebene aus, so ergeben sich die dargestellten wellenförmigen Beleuchtungskurven.

Deutschland sandte 1882 vier Expeditionen aus, zwei nach Nordamerika (Hartford in Connecticut und Aiken in Süd-Carolina), zwei

nach Südamerika (Bahia Blanca in Patagonien und Punta Arenas in der Magelhaensstrasse), während gleichzeitig eine deutsche Südpolar-

Fig. 62. Uebersichtskarte der Erdorte, welche am 6. Dez. 1882 den Vorüberzug der Venus vor der Sonnenscheibe entweder ganz (hellere Partie), theilweise (halbdunkle Partie), oder gar nicht (ganz dunkle Partie) gesehen haben; gezeichnet v. Dr. Weinek.



Expedition auf der Insel Süd-Georgien weilte und den Venusdurchgang beobachtete. Frankreich schickte 8 Expeditionen, England 7,

Dänemark 1, Belgien 1 und Amerika 14 Expeditionen aus, deren Eine unter Leitung des hervorragenden Washingtoner Astronomen Newcomb nach dem Kap der guten Hoffnung ging. In Europa, wo der Anfang des Durchganges gesehen werden konnte, war das Wetter allgemein ungünstig und die Beobachtung gelang in Deutschland nur in Dresden (Dr. Weinek, H. Krone), in München (Dr. Seeliger) und in Potsdam (Dr. Vogel). Von amerikanischer Seite wurde grosser Werth auf die photographischen Aufnahmen des Phänomens gelegt, deren man an einzelnen Stationen über 200 erhielt. Dieselben werden als Chronik des Himmels der Nachwelt von grösstem Werthe sein, besonders für Generationen, denen es nicht vergönnt sein wird, einen Venusdurchgang zu erleben.

Werfen wir auf die für die astronomische Forschung gewonnenen photographischen Resultate einen Rückblick, so werden wir uns nicht verhehlen können, dass die Anwendung der Photographie für den genannten Zweig der Naturforschung ein vorzügliches Mittel abgibt, die Fehler, welche von der Individualität des Beobachters in Bezug auf astronomische Zeitbestimmungen abhängen, für die Zukunft gänzlich zu beseitigen. Es ist nicht zu leugnen, dass bei den Untersuchungen, selbst der exaktesten Gelehrten, die Gesichtsempfindungen, auf welchen ja einzig und allein die direkte Beobachtung des Himmels beruht, Täuschungen unterworfen sind. Es ist durch genaue Untersuchungen dargethan, dass auf physiologischen Anomalien des betrachtenden Auges beruhende Fehler durchaus nicht konstant sind, selbst nicht während einer einzigen Reihe von Beobachtungen. Wenn nun der menschliche Empfindungsmechanismus derartige Unvollkommenheiten zeigt, welche nicht nur mit dem Lebensalter, sondern von einem Augenblick zum andern sich ändern, von momentaner Störung der Verdauung, der Blutzirkulation, oder von nervöser Erregung abhängen, so werden besonders die Astronomen die Anwendung der Photographie als ein unschätzbares Förderungsmittel ihrer Wissenschaft betrachten müssen. Die Zeit wird hoffentlich nicht mehr fern sein, in welcher man auf jeder Sternwarte die photographischen Einrichtungen als unentbehrlich betrachten wird.

5. DIE PHOTOGRAPHISCHE BESTIMMUNG DER GEOGRAPHISCHEN LÄNGE UND ORTSZEIT.

Es gehört bekanntlich zu den wichtigsten Angaben der astronomisch-geographischen Wissenschaft, mit Hilfe von Stern- und

Sonnenbeobachtungen die Länge und Breite, mithin die geographische Lage eines Ortes möglichst genau zu bestimmen. Die Ermittlung des geographischen Längenunterschiedes zweier Orte, welche bekanntlich in einer Ermittlung des in einem und demselben absoluten Zeitpunkte stattfindenden Unterschiedes der Ortszeiten derselben besteht, ist in bemerklichem Grade von gewissen persönlichen Unterschieden der Zeitauffassung der beiden verschiedenen Beobachter abhängig, deren jeder an seinem Orte die Ortszeit zu bestimmen hat. Es hat sich nämlich bei genaueren Zeitmessungen herausgestellt, dass verschiedene Beobachter den Zeitpunkt eines und desselben Phänomens, welches ihnen absolut gleichzeitig dargeboten wird, um bemerkliche Bruchtheile der Sekunde verschieden auffassen und verzeichnen.

Selbst bei denjenigen vollkommensten Ausführungen geographischer Längenbestimmungen, welche durch die Elektrizität derartig ermöglicht werden, dass ein und dasselbe elektrische Signal sich an den Endpunkten einer Telegraphenleitung (ganz unabhängig von den Auffassungen der Beobachter) auf einem Papierstreifen aufzeichnet, auf welchem zugleich eine Uhr ihre Schwingungen registriert, kommt doch die Verschiedenheit der Auffassungen der beiden Beobachter in Betracht. Jeder derselben hat nämlich zur Bestimmung seiner Ortszeit auf dem erwähnten Papierstreifen auch die Momente zu verzeichnen, in welchen das infolge der Drehung der Erde durch das Fadennetz eines ruhenden Fernrohrs hindurcheilende Bild eines Sternes oder der Sonne bestimmte Stellen des Fadennetzes passirt, und hierbei treten gerade die persönlichen Verschiedenheiten der Auffassungen und Registrirungen von augenblicklichen Phänomenen am meisten ins Spiel.

Zwar hat man schon dadurch, dass der Beobachter seine Wahrnehmung mittels elektrischer Wirkungen auf dem Papierstreifen verzeichnet, auf welchem die Uhr in derselben Weise ihre Schwingungen registriert, eine bedeutende Verminderung der erwähnten persönlichen Unterschiede und besonders eine grössere Beständigkeit derselben erreicht, so dass man z. B. durch den Ortswechsel der Beobachter den Einfluss ihrer persönlichen Fehler in den Durchschnittsergebnissen unschädlicher machen, auch durch geeignete Apparate die bei jedem einzelnen Beobachter eintretenden subjektiven Verzögerungen der Wahrnehmung und der Registrirung ermitteln und alsdann in Rechnung bringen kann; aber immer noch entstehen aus den unvermeidlichen Veränderlichkeiten dieser persönlichen Fehler nicht unerhebliche Unsicherheiten aller derartigen Bestimmungen.

Um nun jeden persönlichen Einfluss auszuschliessen, wäre es das Beste, gleichzeitig an zwei verhältnissmässig weit von einander entfernten Orten durch einen und denselben Beobachter das Bild der Sonne oder eines Sternes in einem bestimmten Moment bei bestimmter Höhenstellung des Fernrohres im Bilde zu fixiren. Dies wird möglich durch die vereinte Hilfe zweier, die naturwissenschaftliche Forschung in mannigfacher Richtung unterstützenden Künste, der Photographie und der Elektrotechnik. Kann man eine Anzahl von Sonnenbildern oder von Abbildungen eines bestimmten Sternes in einer bestimmten Zeit gleichzeitig auf eine photographische Platte photographisch mittels eines astronomisch justirten Fernrohres fixiren, dessen Höhenwinkel möglichst genau an der Kreistheilung eines Höhenkreises im Moment der Bildgabe abgelesen werden kann, so ist das Problem, mit Ausschluss der persönlichen Gleichung Längenbestimmungen zu berechnen, gelöst. Verfasser hat einen derartigen Apparat konstruirt und in einem allen Anforderungen entsprechenden Modelle ausführen lassen. Die intellektuelle Urheberschaft des Instrumentes jedoch gebührt Seiner Exzellenz, Herrn Hofrath Dr. G. Schüek de Capanema, Generaldirektor des Telegraphenwesens in Brasilien. Derselbe schrieb mir zu Anfang des Jahres 1879 Folgendes:

„Ist es möglich, an einem achtzölligen Reisetheodoliten das Fernrohr derart einzurichten, dass man scharfe Bilder der Sonne und des Fadenkreuzes auf trocknen Platten erhalten kann, und zwar derart, dass sich durch eine 100- bis 200fache Vergrösserung mit dem Mikroskope die Entfernung der Fäden von bestimmten Flecken oder selbst vom Rande messen lässt? Zweck ist nämlich der: 1. an einem Orte bei bestimmter Höhe Sonnenbilder in gegebenem Augenblicke zu erhalten, 2. unter gleicher Breite bei derselben Höhe ebensolche Bilder zu erhalten und 3. am ersten Orte wieder neue Bilder bei grösserer Höhe zu erhalten. Die Objektive müssen jedesmal automatisch durch einen elektrischen Strom momentan geöffnet und geschlossen werden können. Ferner sollen, statt jedesmal nur ein Bild aufzunehmen, jedesmal drei oder mehr in genauen Zeitintervallen von je fünf Zeitsekunden aufgenommen werden können. In diesem Falle muss aber die Kasette so eingerichtet sein, dass die Platte nach jedesmaligem Verschlusse von selbst vorgeschoben wird. Durch Vergrösserung der erhaltenen Bilder lassen sich dann jedesmal die Intervalle der Fäden vom Rande aus messen,

und dadurch ist leicht eine Reduktion des Sonnenzentrums auf den Mittelfaden erhältlich. Hauptsache ist, dass durch das Oeffnen und Schliessen der Kasette das Objektiv nicht erschüttert werde. Hauptzweck dieser Einrichtung ist: Längenbestimmung zwischen zwei Telegraphenstationen.“

Die Grösse des Fernrohres an einem Reisetheodoliten ist eine zu minimale, um ein genügend grosses Sonnenbild zu genanntem Zwecke zu erhalten. Ich liess daher das in Fig 63 abgebildete Fernrohr von C. A. Steinheil Söhne in München bauen.

Der Apparat wurde zu Berlin in der Sitzung des Elektrotechnischen Vereins vom 23. März 1880 vorgeführt. Er besteht aus einem photographischen Fernrohr *A* (Fig. 63), mit welchem eine photographische Kasette *B* (Fig. 63) so verbunden ist, dass die Kasette selbst nicht an dem Fernrohre hängt, sondern mittels eines der optischen Axe des Fernrohres parallel laufenden Metallgestelles, selbstverständlich in ganz bestimmter Richtung, d. h. im rechten Winkel zur optischen Axe des Fernrohres, gehalten wird. Der Mechanismus ist so organisirt, dass die Kasette alle Bewegungen des Fernrohres in konstanter Lage mitmacht, während ihre Lichtöffnung durch eine Sammtmanchette, um seitliches Licht abzuhalten, mit dem Okularende des Fernrohres bei *z* (Fig. 63) verbunden ist.

Das Fernrohr (Fig. 63) besteht aus zwei Doppel-Objektiven; das eine *a b* von 7 Centimeter Oeffnung und 52 Centimeter Brennweite nimmt die von *S* kommenden Strahlen der Sonne auf und entwirft bei jener verhältnissmässig langen Brennweite in *f* ein kleines Sonnenbildchen. Bei den mir zu meinen Untersuchungen zu Gebote gestandenen zwei photographischen Fernrohren misst dieses Sonnenbildchen 9 Millimeter im Durchmesser. Bei *g*, *h* und *i* sind feste Blendungen angebracht, während ausserdem bei *w* je nach der gewünschten Lichtstärke engere Blenden durch einen feinen Spalt zwischen die beiden Linsenkombinationen des Objektivs *a b* eingeschoben werden können. Das umgekehrte Bild der Sonne fällt bei *f* auf eine runde Spiegelglasscheibe von 30 Millimeter Durchmesser, auf welcher ein feines Fadenkreuz eingravirt ist. Das Bild dieses Fadenkreuzes mit dem auf dasselbe auffallenden Sonnenbilde wird nun seinerseits wieder durch das in dem Tubus angebrachte photographische Objektiv *c d* (Oeffnung 5 Centimeter, Brennweite 39 Centimeter) auf die Bildebene *v* der Kasette *B* geworfen. Bei *kl* befindet sich ein kleineres Fernrohr, ein Sucher, aufgeschraubt, um das Instrument.

ohne die Kassette entfernen zu müssen, nach der Sonne richten zu können. Steht das Sonnenbild im Zentrum des in dem Sucher angebrachten Fadenkreuzes, so ist gleichzeitig das photographische Sonnenbild auf die gleichgeartete Stelle der Bildebene v zentriert. Bei m befindet sich eine Triebstange, um das Fernrohr der Bildebene nähern oder von derselben entfernen zu können. Bei n ist eine Mikrometerschraube angebracht, um den photographischen Apparat zur optischen Axe des Fernrohres richtig und genau zu zentrieren. In r , s , t , u ist das Uhrwerk, welches die noch zu schildernden mechanischen Vorrichtungen treibt, eingeschlossen. Bei u befinden sich des Weiteren die Klemmschrauben zur Einfügung der Telegraphenleitungsdrähte.

Die photographische Kassette ist nicht, wie das seither bei derartigen Arbeiten üblich war, viereckig, sondern rund. Das hervorstehende Rohr ab (Fig. 64) kommt in die optische Axe des Fernrohres in exzentrischer Stellung zu stehen. In der Kassette selbst ist eine elektromagnetische Vorrichtung angebracht, mittels deren sowohl der Lichtverschluss für die empfindsame Platte geöffnet und geschlossen, als auch die empfindsame Platte selbst in regelmäßigen Zwischenräumen vor dem Objektiv vorbeigerückt werden kann. Auf der runden Tragscheibe A (Fig. 64 und 65) sind die Tragstifte HH eingeschraubt; dieselben verbinden eine zweite feste Scheibe B mit der ersten Tragscheibe A . Das Rohr ab , welches ebenfalls beide Tragscheiben verbindet, ist in seinem zweiten Drittel in seinem ganzen Lumen durchsägt. Auf der Tragscheibe A sitzt eine durch ein Federwerk getriebene, an einer einzigen Stelle durchbohrte Metallscheibe D , deren Triebwerk sich in E befindet; letzteres wird bei R aufgezogen. Auf der zweiten Tragscheibe B sitzt eine zweite bewegliche Scheibe C , welche ihrerseits wiederum durch ein zweites

Stein, Das Licht etc. 2. Aufl.

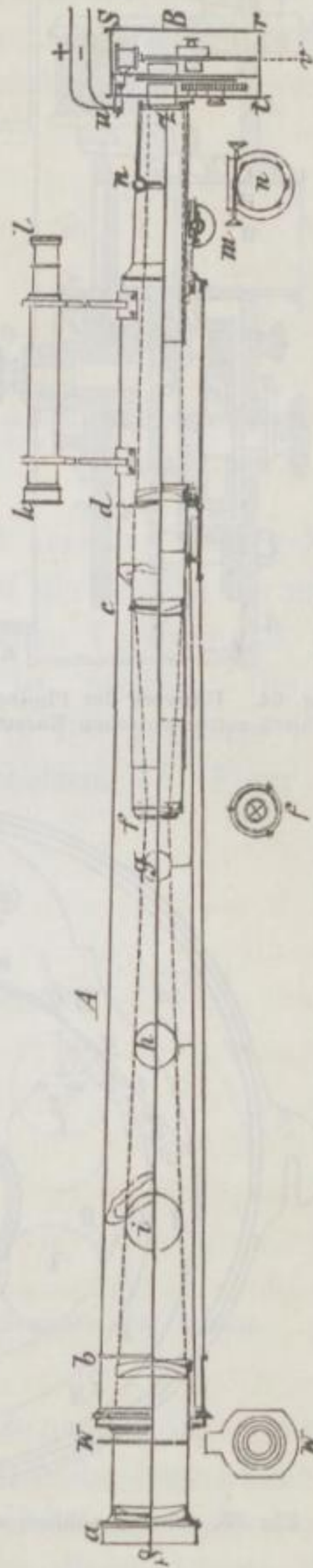


Fig. 63. Photographisches Teleskop von C. A. Steinheil Söhne in München.

Triebwerk F , das bei O aufgezogen wird, in rotirende Bewegung versetzt werden kann. Auf diese bewegliche Scheibe wird die runde, in der Mitte durchbohrte, präparirte, lichtempfindliche Glasscheibe G aufgelegt, die ihrerseits wiederum durch einen aufgeschraubten Ring festgehalten wird. Die gesammte Vorrichtung ist von einem das Licht abschliessenden Deckel K umgeben.

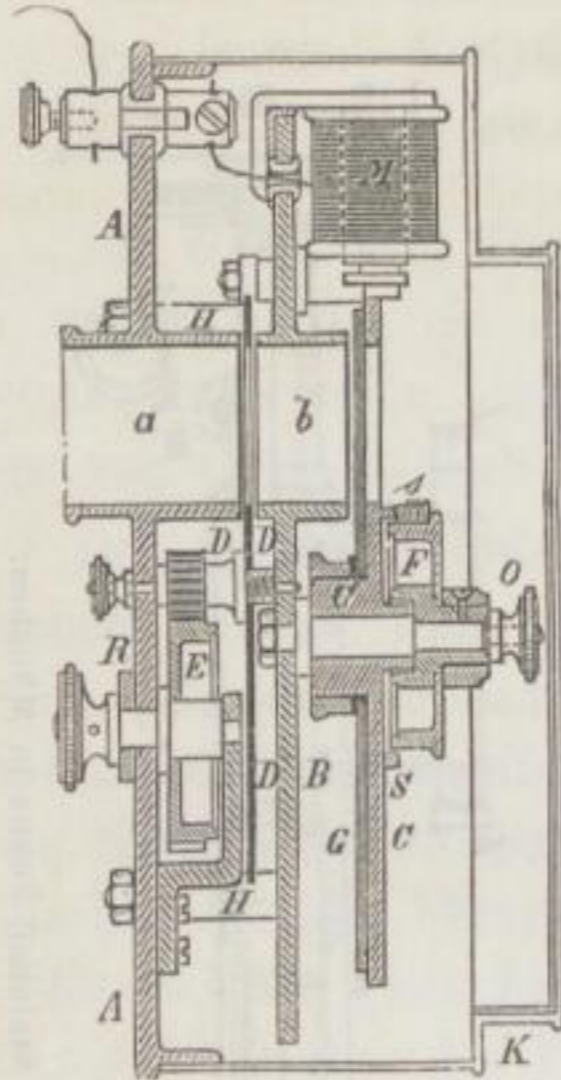


Fig. 64. Uhrwerk der Photographisch-astronomischen Kassette.

Bei M befindet sich ein in eine Telegraphenleitung eingeschalteter Elektromagnet, dessen Anker durch Auf- und Abbewegung bei Einwirkung des elektrischen Stromes die Aufgabe hat, in gewissen Zeitintervallen die verschiedenen Drehscheiben sich bewegen zu lassen. Mit dem Anker cm ist der Hebelarm cn (Fig. 65) verbunden, andererseits aber auch ein ganz gleichartig gebauter, stumpfwinkliger Doppelhebel hdp (Fig. 68 und 69), welcher mit

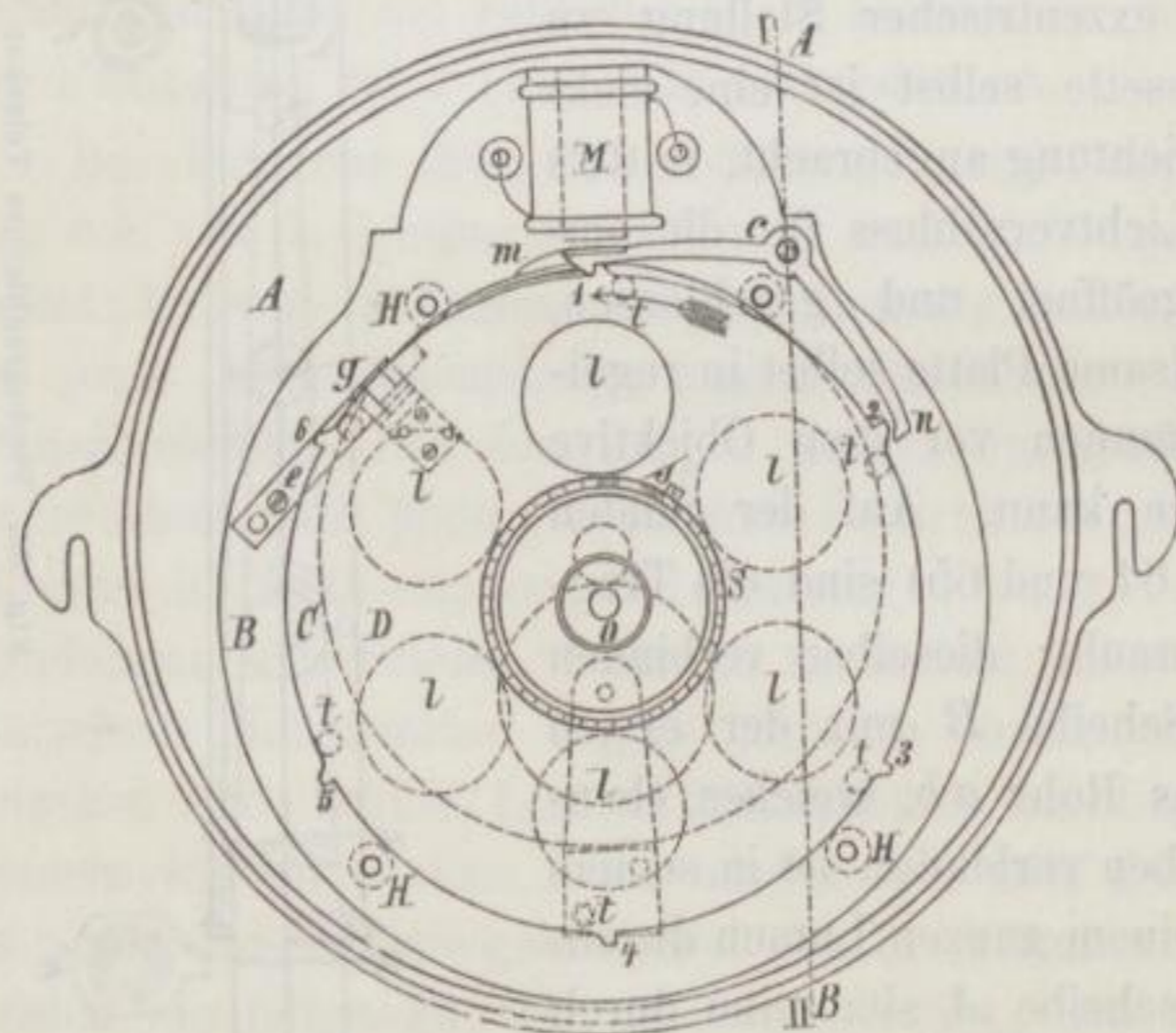


Fig. 65. Photographisch-astronomische Kassette. Vorderansicht.

dem erstgenannten Hebel mcn durch die Axe x (Fig. 71) in paralleler Stellung fest verbunden ist. Wenn demnach der Hebel mcn durch den Elektromagnet M angezogen wird, macht gleichzeitig der mit ihm verbundene und hinter ihm liegende Hebel hdp (Fig. 69) die gleiche Bewegung. Die Enden des Hebels mcn halten die Drehscheibe C auf, welche die präparirte Glasplatte G (Fig. 64) trägt, während der zweite Hebel hdp die Belichtungsscheibe D regiert. Wird nun der Strom ge-

dem erstgenannten Hebel mcn durch die Axe x (Fig. 71) in paralleler Stellung fest verbunden ist. Wenn demnach der Hebel mcn durch den Elektromagnet M angezogen wird, macht gleichzeitig der mit ihm verbundene und hinter ihm liegende Hebel hdp (Fig. 69) die gleiche Bewegung. Die

schlossen, d. h. wird der Stromschlüssel Fig. 66 von u nach z bewegt, so zieht der Elektromagnet den Hebelarm cm an, in demselben Momente senkt sich der Hebelarm cn . Während mc angezogen ist, kann sich die Scheibe durch Vermittelung ihres Federwerkes S von dem Punkte 1 bis 2 bewegen, d. h. dieselbe geht um das Stück von 1 bis 2 in der Richtung des in Fig. 65 ersichtlichen Pfeiles voran;

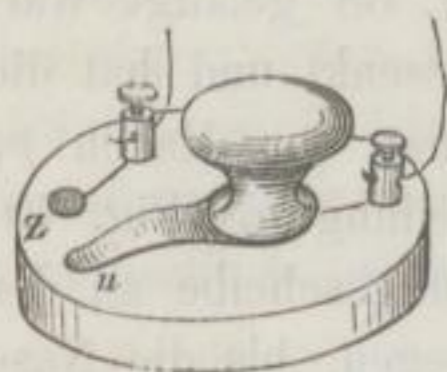


Fig. 66 Stromschlüssel für die photogr. Kasette.

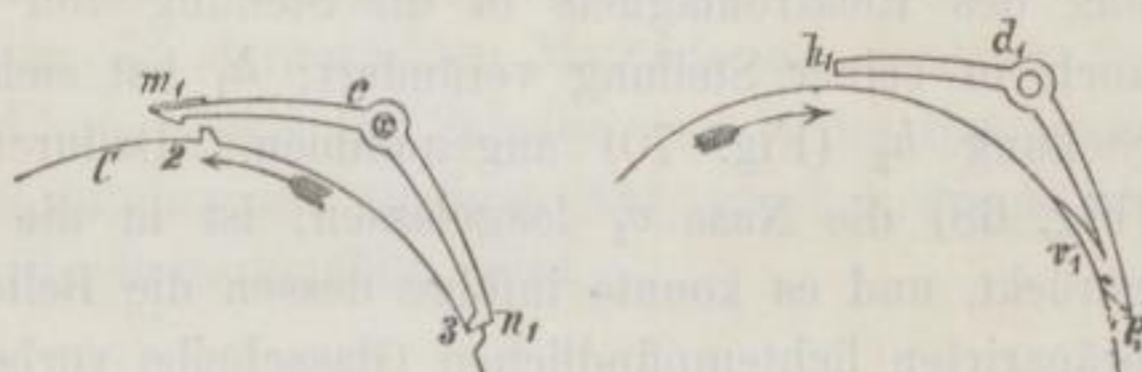


Fig. 67 u. Fig. 68. Doppelhebel für die Bewegung der lichtempfindlichen Platte.

weiter kann sie, so lange der Elektromagnet anzieht, nicht gehen, weil das Ende des Hebels n_1 (Fig. 67) sich auf die Scheibe herunter-senkt und den mittlerweile nach 2 angekommenen Vorsprung 3, wie diese zweite Stellung aus Fig. 67 ersichtlich ist, festhält. Die Be-lichtungsscheibe, die durch das Uhrwerk E (Fig. 64) getrieben wird, macht gleichzeitig dadurch, dass auch ihr Hebelarm dh (Figur 69)

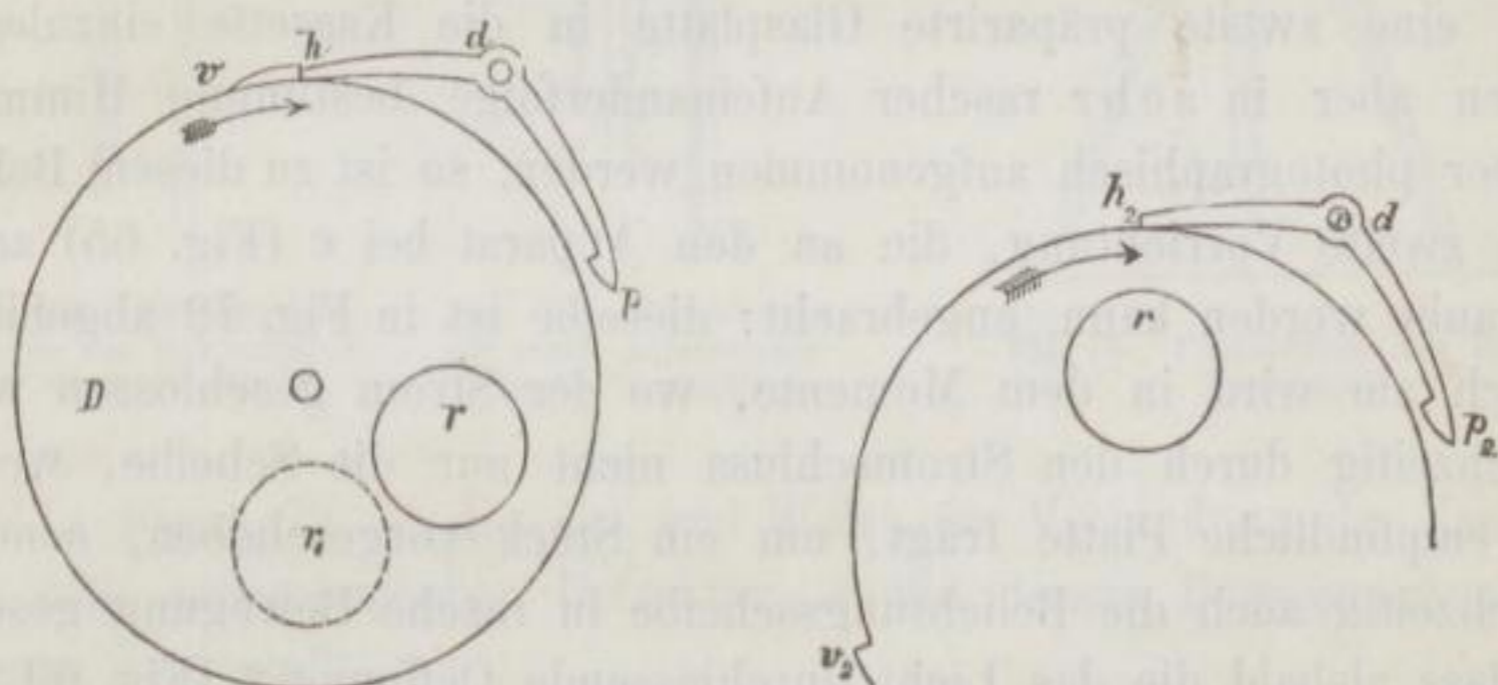


Fig. 69 u. Fig. 70. Doppelhebel für die Bewegung der Momentverschlussplatte.

sich hebt, einen kleinen Weg, nämlich von h nach p in entgegen-gesetzter Richtung zur Platte C . Die an der Scheibe hervorstehende Nase v wird alsdann durch das Sinken des Hebelarmes dp bei p_1 (Fig. 68) festgehalten. Während diese Scheibe diesen kurzen Weg beschreibt, rückt die Oeffnung r derselben von r nach r_1 (Fig. 69). Der sechste Theil der photographisch präparirten runden Platte steht gleichzeitig unbelichtet bei l (Fig. 65). Wird nun der Schlüssel

(Fig. 66) wieder von z nach u zurückgestellt, so lässt der Elektromagnet den Hebelarm mc (Fig. 65) wieder los, und es bleibt dadurch die Scheibe C in ihrer seitherigen Stellung, weil der an dem Hebelarm cm befindliche Haken durch Einschnappen in dieselbe sie festhält. Wenn aber der Elektromagnet losgelassen hat, so hat sich gleichzeitig der zweite Winkelhebel hdp , welcher durch die Anziehung des Elektromagnets in die Stellung von Fig. 68 gelangt war, auch in seiner Stellung verändert; h_1 hat sich gesenkt und hat die Stellung h_2 (Fig. 70) angenommen. Dadurch hat der Haken p_1 (Fig. 68) die Nase v_1 losgelassen, ist in die Stellung p_2 (Fig. 70) gerückt, und es konnte infolge dessen die Belichtungsscheibe an der präparirten lichtempfindlichen Glasscheibe vorbeifliegen, bis die Nase v_2 wiederum bei h_2 anlangt, woselbst sie aufgehalten und die Scheibe dadurch zur Ruhe gebracht wird. Im Momente, wo die Scheibe aufgehalten wird, schlägt sie mit einem Stifte auf ein Metallstück auf, wodurch ein lauter, glockenheller Ton entsteht, welcher dem Beobachter mittheilen soll, dass je eine Belichtung vorüber und je eine Aufnahme gelungen, mithin je der sechste Theil der präparirten Platte belichtet ist. Um eine zweite Aufnahme vorzunehmen, wird dasselbe Verfahren wiederholt, und dies kann in beliebigen Zeitintervallen sechsmal oder häufiger hintereinander stattfinden, ehe man nöthig hat, eine zweite präparirte Glasplatte in die Kassette einzulegen. Sollen aber in sehr rascher Aufeinanderfolge bestimmte Himmelskörper photographisch aufgenommen werden, so ist zu diesem Behufe eine zweite Vorrichtung, die an den Apparat bei e (Fig. 65) angeschraubt werden kann, angebracht; dieselbe ist in Fig. 72 abgebildet. Durch sie wird in dem Momente, wo der Strom geschlossen wird, gleichzeitig durch den Stromschluss nicht nur die Scheibe, welche die empfindliche Platte trägt, um ein Stück vorgeschoben, sondern gleichzeitig auch die Belichtungsscheibe in rasche Bewegung gesetzt, so dass alsbald die das Licht durchlassende Oeffnung r (Fig. 69 und 70) an der präparirten Platte vorbeifliegen muss. Für diesen Fall ist der zweite Hebel d (Fig. 71), hdp in Fig. 69, einfach abzunehmen, dagegen die Vorrichtung Fig. 72 bei e (Fig. 65) anzuschrauben.

Hat in diesem Falle der Elektromagnet M den Anker cm angezogen, und ist die lichtempfindliche Platte von 1 nach 2 vorgerückt, so drückt der Stift t (Fig. 72) auf eine kleine schiefe Ebene f . Diese ist mit einem Stifte g verbunden, welcher die bewegende Kraft der Belichtungsscheibe D auslöst, wodurch solche ihre vorbeifliegende Bewegung machen kann. Hat die Belichtungsscheibe nun ihren

ganzen Umkreis einmal vollendet, so wird sie wiederum bei *g* (Fig. 65 und 72) aufgehalten.

Die beiden verschiedenen Arten der Auslösungen unterscheiden sich demnach dadurch, dass bei der ersterwähnten Methode durch Schliessen des Stromes die Stellung der Scheiben zu einander regulirt wird, während bei Wiederöffnung desselben erst die photographische Wirkung durch Vorbeifliegen der Belichtungsscheibe geschieht, und bei der zweiten in Fig. 72 dargestellten Methode die Stellung der die lichtempfindliche Platte tragenden Scheibe, sowie die Bewegung der Belichtungsscheibe durch einen einzigen Akt, nämlich durch den Stromschluss, gleichzeitig bewerkstelligt wird.

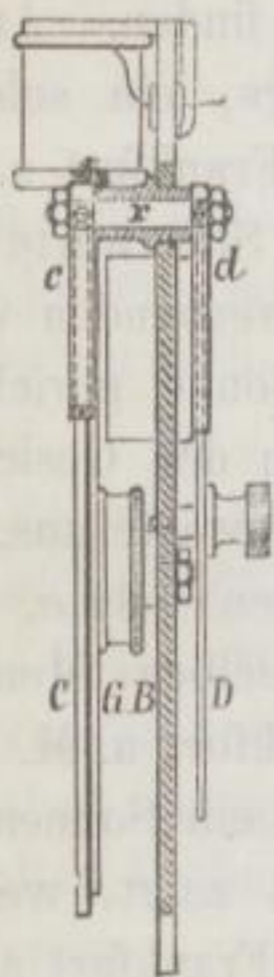


Fig. 71. Bewegungsmethode der lichtempfindlichen Platte.

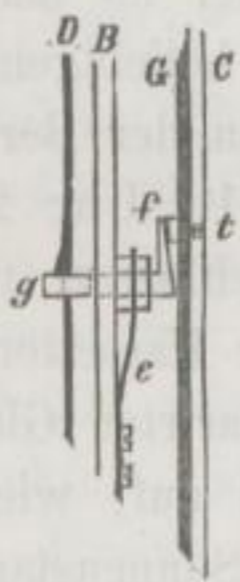


Fig. 72. Vorrichtung für rasch aufeinanderfolgende Aufnahmen.

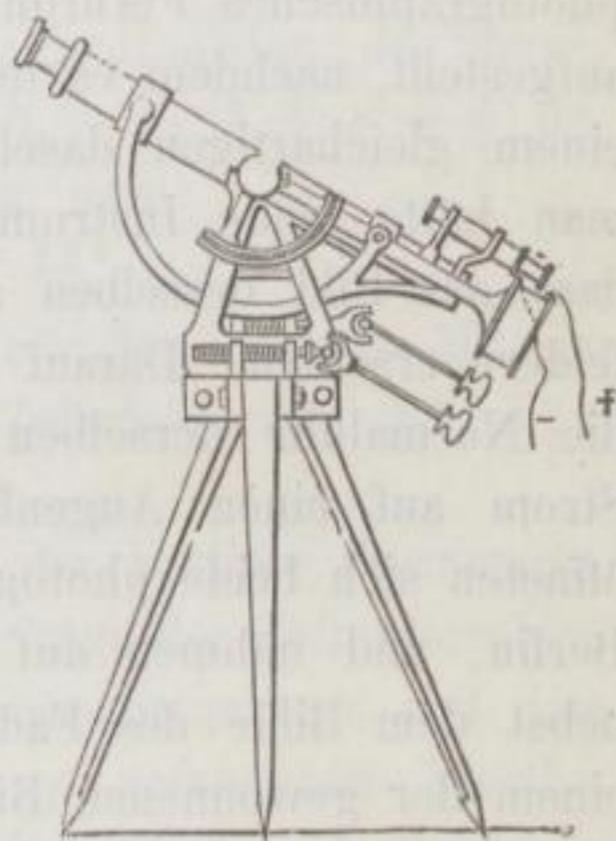


Fig. 73. Totalansicht des Photo-Teleskops.

In Figur 73 ist die Art und Weise der Verbindung der Kasette mit dem astronomischen Refraktor, sowie dessen Bewegungsmechanismus dargestellt.

Selbstverständlich muss bei praktischer Verwerthung dieser phototelegraphischen Instrumente an jeder der betreffenden Stationen ein Relais mit genügend starkem Lokalstrom eingeschaltet werden.

An dem Orte, dessen Längenunterschied gegen einen der Lage nach unbekanntem Ort bestimmt werden soll, ist mein phototelegraphisches Fernrohr aufgestellt, das durch Telegraphenleitung mit jenem Orte von bekannter Lage verbunden ist. Das Fernrohr, welches nach der Vertikalen und Horizontalen orientirt wird, ist mit einem Höhenkreise versehen, an dem man den Winkel abliest, um welchen die

optische Axe des Fernrohrs gegen den Horizont geneigt ist, und es wird hieraus in Verbindung mit der Stellung des photographischen Bildes der Sonne zu dem genau in der optischen Axe des Fernrohres liegenden und mit photographirten äusserst feinen Fadenkreuze die betreffende Ortszeit berechnet. Diese Berechnung der Zeit aus Höhen eines Gestirns wird besonders scharf, wenn dieses Gestirn in der Nähe des ersten Vertikals (Vertikalebene durch Ost und West) steht.

Der Unterschied derselben von der Zeit des anderen Ortes giebt dann den Längenunterschied. Nehmen wir zur Erläuterung dieser Methode ein konkretes Beispiel, z. B. die Aufgabe, die geographische Länge des astronomischen Zwecken dienenden Paulsthurms zu Frankfurt a. M., bezogen auf die Sternwarte in Berlin, zu finden. Angenommen, man hätte am 22. März 1880, Vormittags, ein solches photographisches Fernrohr auf dem Paulsturm zu Frankfurt a. M. aufgestellt, nachdem es telegraphisch mit der Berliner Sternwarte und einem gleichartigen daselbst aufgestellten Fernrohre verbunden war; man hätte beide Instrumente weiter so nach der Sonne gerichtet, dass das Bild derselben an einer beliebigen Stelle in den Gesichtsfeldern erschien. Darauf würde von der Berliner Sternwarte aus, als die Normaluhr derselben gerade 10 Uhr 20 Minuten zeigte, der Strom auf einen Augenblick geschlossen und im selben Moment öffneten sich beide photographische Kassetten in Frankfurt a. M. und Berlin, und nähmen auf der präparirten Glasscheibe ein Sonnenbild nebst dem Bilde des Fadenkreuzes auf, wie Fig. 74 zeigt, welche einem der gewonnenen Bilder des Sonnenstandes für Frankfurt a. M. entspricht, und auf welcher *S* das Sonnenbild bedeutet. Die Ablesung am Höhenkreise zu Frankfurt a. M. möge $33^{\circ} 36' 44''$ sein. Dies ist die Höhe des horizontalen Querfadens *ab* über dem Horizonte. Die Sonnenhöhe aber findet man, indem man den Abstand *d* des unteren Sonnenrandes vom Querfaden und den Halbmesser der Sonne zu der Ablesung am Höhenkreise addirt. Das Fernrohr kehrt nämlich nicht, wie andere astronomische Fernrohre, die Bilder um; folglich ist in der Abbildung die Sonne nicht südlich vom Querfaden, und ihr Oberrand unten, sondern nördlich, und ihr Oberrand oben. Die Sonne und deren scheinbarer Gang erscheinen auf der Platte gerade so, wie wir es bei direkter Beobachtung, ohne Fernrohr, in Wirklichkeit sehen, weil das photographische Objektiv *cd* (Fig. 63) das im Fokus des Objektivs *ab* in *f* erscheinende umgekehrte Sonnenbildchen wieder umkehrt, d. h. gerade stellt. Der Abstand lässt sich leicht durch das Mikroskop mit Hilfe eines Mikrometers messen. Er

möge im gegenwärtigen Falle 6' 4" betragen, dazu der Radius der Sonne an diesem Tage = 16' 4", giebt 22' 8". Addirt man diesen Betrag zu der Höhenangabe des Instrumentes, so resultirt 33° 58' 52" als die Höhe des Sonnenmittelpunktes.

Diese Höhe muss nun wegen Refraktion und Parallaxe korrigirt werden. Jene beträgt, wenn man vom Stande der meteorologischen Instrumente der Einfachheit halber abstrahirt, 1' 25" (mittlere Refraktion) und wird subtrahirt, die Höhenparallaxe = 7" wird addirt, so dass die wirkliche Höhe des Sonnenmittelpunktes ist = 33° 57' 34". Aus dieser Höhe berechnet man nun den Stundenwinkel t der Sonne oder die wahre Sonnenzeit mit der bekannten Formel:

$$\operatorname{tg} \frac{t}{2} = \sqrt{\frac{\sin (S - \delta) \sin (S - \varphi)}{\cos (S - z) \cos S}},$$

worin δ die Deklination der Sonne, z die wahre Zenithdistanz der Sonne, φ die Polhöhe des Paulsthurms bedeutet und $S = \frac{1}{2} (\delta + z + \varphi)$ ist. Es ergibt sich alsdann aus dieser Rechnung, dass:

$$t = 31^{\circ} 26' 0'' = 2^{\text{h}} 5^{\text{m}} 44^{\text{s}}.$$

Es war also in Frankfurt 2^h 5^m 44^s vor dem wahren Mittage oder 9^h 54^m 16^s wahre Sonnenzeit. Hierzu die Zeitgleichung + 6^m 52,7^s giebt: Frankfurter mittlere Zeit 10^h 1^m 8,7^s.

Da in demselben Augenblick die Uhr der Berliner Sternwarte, wie oben angegeben, 10^h 20^m zeigte, so beträgt der Zeitunterschied zwischen Berlin und Frankfurt 18^m 51,3^s übereinstimmend mit dem auf anderem Wege von Encke und Lorey gefundenen Werthe. (Jahresbericht des physikalischen Vereins in Frankfurt a. M. 1852/53). Das in Berlin gleichzeitig gewonnene Sonnenbild kann zur Kontrolle der Methode dienen, und muss sich aus ihm die Berliner Zeit berechnen lassen.

Da die Kasette mit Revolvereinrichtung versehen ist, so gestattet sie mehrere (mit meinem Modelle sechs) Aufnahmen nach einander auf derselben Glasplatte zu machen. Wenn diese in regelmässigen Pausen, etwa von fünf zu fünf Sekunden, aufeinanderfolgen, so kann man durch Vereinigung der einzelnen Zenithdistanzen zu einem Mittel den Stundenwinkel finden, welcher für das arithmetische Mittel der Zeiten gilt und einen noch genaueren Längenunterschied giebt als eine einzelne Aufnahme. Uebrigens kann man, wenn es sich nur um den Unterschied in der Länge zweier Orte handelt, ohne astronomische Uhr operiren, indem man an beiden Orten je ein photographisches Fernrohr, wie erwähnt, telegraphisch verbunden aufstellt,

und gleichzeitig durch einen einzigen Druck auf den Stromschlüssel die beiden Aufnahmen macht, um aus beiden Bildern in der oben angegebenen Weise die beiderseitige Ortszeit zu berechnen. Es gehört dazu jedoch immerhin wenigstens eine ungefähre Kenntniss der einen Ortszeit und deren Abweichung von der den Ephemeriden zu Grunde liegenden Normalzeit, um die Deklination der Sonne annähernd bestimmen zu können. Mit der sich dann aus der Rechnung ergebenden Ortszeit muss jedoch die Deklination von neuem schärfer bestimmt und die ganze Rechnung wiederholt werden. Selbstverständlich wird zur Bestimmung des Längenunterschiedes die genaue Kenntniss der geographischen Breite des Ortes vorausgesetzt. Durch gleichzeitige Aufstellung und telegraphische Einschaltung mehrerer derartiger photographischen Fernrohre an verschiedenen Orten könnte man die Längenunterschiede aller gegen einander oder gegen einen Centralpunkt in einem gegebenen Momente eventuell zu gleicher Zeit finden.

Revolvervorrichtungen an photographischen Fernrohren wurden schon im Jahre 1874, bei Gelegenheit der Vorarbeiten zu den photographischen Aufnahmen der Venusdurchgänge, in Anwendung gezogen. Janssen gab eine Methode an, mittels welcher man von zwei zu zwei Sekunden durch einen Hebel mit der Hand 60 Mal hintereinander eine durch ein komplizirtes Uhrwerk bewegliche lichtempfindliche Platte vor der optischen Axe eines photographischen Fernrohres vorbeirücken konnte. Ein ähnlicher Apparat wurde von Christie und Dallmeyer in London für 20malige Aufnahme eines Gestirns in sehr grossen Dimensionen ausgeführt; der Apparat war für die Sternwarte in Melbourne bestimmt. Nähere Mittheilung hierüber ist zu finden in: „Receuil des mémoires, rapports et documents, relatifs à l'observation du passage de Venus“, Paris 1874, pag. 257 und 295, Artikel von Faye, sowie in den „Monthly notices of the Royal astronomical Society“, Vol. 34, London 1874, pag. 347, Artikel von Warren de la Rue.

Um auch die mikrometrischen Messungen auf den Bildern selbst möglichst objektiv gestalten zu können, rathe ich folgende Methode in Anwendung zu bringen. Die das gewonnene photographische Bild tragende Glasplatte wird mit ihrer Bildseite nach oben auf den Tisch eines Mikroskops gelegt und auf derselben ein Objektivglasmikrometer in der Weise angebracht, dass die gravirte Seite des Mikrometers nach unten auf die nach oben stehende Bildseite des Photogrammes zu liegen kommt. Nehmen wir nun an, wir hätten als Mikrometer einen Centimeter in 1000 Theile getheilt, in Benutzung.

Man legt für diesen Fall nun das Mikrometer auf das Sonnenbild, und zwar so, dass irgend ein Strich desselben genau auf eine Linie des Fadenkreuzes fällt. Hat man unter Beihilfe des Mikroskops die gegenseitige Stellung des Mikrometers zum Fadenkreuz des Bildes regulirt, so verbindet man beide Glasflächen durch zwei Klammern fest mit einander, so dass sie nicht mehr aus ihrer Stellung weichen können. Darauf fertigt man eine abermalige und zwar vergrösserte Photographie sowohl des Sonnenbildes und Fadenkreuzes, als auch des Mikrometers zugleich an. Man kann die Linearvergrößerung wohl bis auf das 100fache steigern, allein es ist dies für die erste Aufnahme nicht zu rathen, weil bei zu starker Vergrößerung der Originalphotographie die Linien, sowie der Sonnenrand sich im zweiten photographischen Bilde in feine punktförmige Silber-nieder-schläge aufgelöst zeigen würden. Bei einer 25fachen Linearvergrößerung aber, die man durch abermalige doppelt vergrößernde photographische Aufnahmen auf das 50- bis 100fache steigern kann, erscheinen die Entfernungen der Theilstriche des Mikrometers gleich 0,5 oder 1,0 Millimeter von einander gelagert, und zwar noch in scharfen Umrissen, ohne die Zeichnung eines Silber-nieder-schlags; die gegenseitigen Entfernungen kann man mit Leichtigkeit mit unbewaffnetem Auge unterscheiden und abzählen.

Sind nun bei 50facher Linearvergrößerung Sonnenbild, Fadenkreuz und Mikrometer zusammen aufgenommen, so hat man auf einer solchen Photographie zur jeweiligen Berechnung nur nöthig, die Theilstriche zwischen dem Sonnenrande und dem entsprechenden Theile der Linie des Fadenkreuzes abzuzählen, um mit objektivster Genauigkeit die betreffende Entfernung zu bestimmen und auf den in Bogen-Sekunden ausgedrückten Durchmesser des Sonnenbildes ebenfalls in Sekunden zu reduzieren. Sollte die dem Sonnenrande, sowie dem Fadenkreuze nächststehende Linie des Mikrometers nicht direkt auf den Sonnenrand auffallen, sondern ein zu schätzender Raumrest übrig bleiben, so müsste auch hier die persönliche Schätzung ausgeschlossen werden. Man muss alsdann zu diesem Behufe diese Stelle des Bildes abermals mit einem aufgelegten Mikrometer grösser photographiren, um durch abermalige gleichartige Abzählung mit möglichster Genauigkeit jenen restirenden Bruchtheil zu bestimmen. Der Gang einer photographischen Aufnahme mit meiner Methode wäre demnach folgender:

Nachdem an beiden Orten das photographische Fernrohr mittels des Suchers nach der Sonne gerichtet und das Sonnenbild auf einer

in die Kasette eingelegten, fein geschliffenen matten Scheibe mittels Lupe scharf eingestellt worden ist, rufen die beiden Beobachter gegenseitig telegraphisch an und notiren, nachdem sie an dem Höhenkreise die Höhe des Sonnenstandes abgelesen, den letzteren. Hierauf stöpseln sie um, wodurch die astronomisch-photographischen Kassetten mit ihren Relais in den Stromkreis eingeschaltet werden. In die Kassetten wurden mittlerweile in dem dunklen Zimmer die photographischen Platten eingelegt, nachdem das Sonnenbild möglichst genau in den Brennpunkt der Objektive eingestellt worden war. Ist Alles gerichtet und sind die Kassetten wieder vor die Tuben eingehängt, so melden sich dies die Beobachter und drücken dann abwechselnd auf ihren jeweiligen Stromschliesser, so dass während der sechs pro-

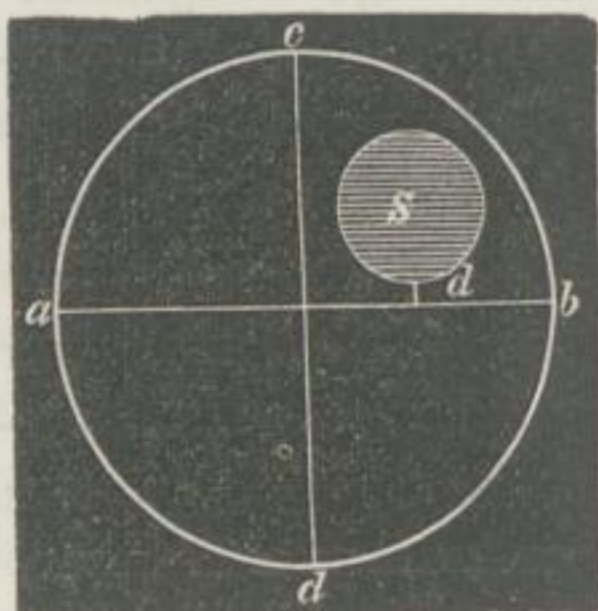


Fig. 74. Stellung eines Sonnenbildes auf der photographischen Platte.

jektirten Aufnahmen für drei derselben von dem Orte *A* aus, für die drei weiteren von dem Orte *B* aus alternirend Strom gegeben wird. Durch diese abwechselnde Stromgebung wird die Dauer der Stromzeit für die Berechnung gegenseitig aufgehoben und dadurch aus der Rechnung von selbst eliminirt. Durch den Ton, welcher bei dem Aufschlagen der Belichtungsscheibe entsteht, wird jeder Beobachter darauf aufmerksam gemacht, dass in diesem Momente eine Be-

lichtung der Platten von der gegenseitigen Station aus geschehen ist und die Drehscheibe im Innern der Kasette um ein Sechstel sich vorgehoben hat. Hat es auf jeder Station sechs Mal angeschlagen, so wird wiederum umgestöpselt und das Zeichen zum Abnehmen der Kasette gegeben, welche nun in den Dunkelraum gebracht wird, um das Bild nach den bekannten photographischen Methoden zu entwickeln, zu fixiren und weiteren Berechnungen zu unterwerfen. Die Objektivität des Verfahrens kann noch erhöht werden, wenn man den Stromschluss durch ein einzuschaltendes Uhrwerk vornehmen lässt. Dieses Uhrwerk hat von 5 zu 5 Zeitsekunden die Stromkette zu schliessen und dadurch den elektromagnetischen Mechanismus in Gang zu setzen. Das an einer jeden Station gewonnene Bild zeigt die sechs photographischen Sonnenbilder jedesmal in einer etwas nach dem Rande des Sehfeldes, je nach der scheinbaren Fortbewegung der Sonne, vorgerückteren Stellung. Macht man nun auf jedem dieser Bilder die Differentialberechnung des Abstandes des unteren Sonnenrandes von

dem Querfaden $a b$ (Fig. 74), addirt zur jeweiligen am Höhenkreis abzulesenden Stellung des Fernrohrs die entsprechende Entfernung des unteren Sonnenrandes vom Querfaden ab, so erhält man sechs Grössen, deren Mittel mit dem Resultate der an der anderen Station gleichzeitig gemachten Aufnahmen verglichen wird, um aus denselben in der oben angegebenen Weise die wirkliche Sonnenhöhe zu berechnen.

Das photographische Verfahren, welches auch hier anzuwenden, ist das neuere mit Gelatinetrockenplatten. Man hat bei dieser für wissenschaftliche Zwecke höchst geeigneten, in England vor einigen Jahren erfundenen Methode den Vortheil, dass man das jedesmalige Präpariren der Platten ersparen kann. Nachdem im Dunkeln die Trockenplatte in die Kasette gelegt, nachdem sie dem Lichte ausgesetzt (exponirt) und wieder in das dunkle Zimmer zurückgebracht worden ist, hat man nur nöthig, zur Entwicklung des Bildes solches in jene gemischte Lösung von oxalsaurem Kali und Eisenvitriol zu legen, über welche wir Band I, S. 267 ausführlich berichtet haben, darin 2 bis 3 Minuten zu belassen, es dann herauszunehmen, sorgfältig abzuspülen, zu fixiren und zu trocknen; das Bild ist fertig und benöthigt wegen seiner Festigkeit nicht einmal der sonst üblichen schützenden Lackschicht. Die hohe Empfindlichkeit dieser Platten dürfte sie wohl auch zu photographischen Sternaufnahmen geeignet machen, und wäre für diesen Fall, falls die Empfindlichkeit für die Einwirkung des Sternlichtes eine genügende, das Photographiren der Sterne zu Längenbestimmungen demjenigen der Sonne bei weitem vorzuziehen, da unangenehme Nebenwirkungen, besonders die im Tubus entstehende und auf das Instrument schädlich wirkende Hitze, ausgeschlossen würden. Auch wäre die Berechnung eine viel einfachere, weil die Reduktion auf den Mittelpunkt, wie es bei der Sonne nothwendig, in Wegfall käme. Das Fadenkreuz könnte man bei vollkommen ruhig stehendem, seine gleiche Richtung beibehaltenden Instrumente nachträglich auf das Bild photographiren, vorausgesetzt, dass der Mechanismus der Kasette ein so exakter sei, dass bei Drehung der Revolververschlüsse jedes Bild wieder in die gleiche Stellung zur optischen Axe des Fernrohres, wie bei der Sternaufnahme selbst, gelangte.

Dass man in Anbetracht der hohen Empfindlichkeit der heutigen Trockenplatten-Systeme das Bild sehr heller Sterne, welche auf der photographischen Platte einen Punkt darstellen, zu Zeitbestimmungen mit Vortheil eventuell benutzen kann, wird von Professor W. Förster in einem in der Elektrotechnischen Zeitschrift, Juliheft 1880, publizirten Artikel über „die Elektrizität als Helferin der wissen-

schaftlichen Zeitmessungen und des öffentlichen Zeitdienstes“ bestätigt. Bei dieser Gelegenheit wird aber auch bemerkt, dass infolge der zu befürchtenden Unsicherheiten der Bestimmung der Winkel, welche die Fernröhre in dem Zeitpunkte der geschilderten Experimente mit der Horizontebene machten, sowie der in Betracht kommenden Einflüsse der Strahlenbrechung in der Atmosphäre das auf dem electrophotographischen Wege gesuchte Ergebniss mit grösseren Fehlern behaftet würde, als durch einigermaßen geübte Beobachter überhaupt begangen werden könnten, dass sich aber andere Anordnungen des betreffenden Verfahrens denken liessen, bei welchen die erwähnten Fehlerquellen nicht ins Spiel kämen. Leider sind von dem genannten Forscher keine positiveren Mittheilungen bekannt gegeben worden, welche eine andere Anordnung als die oben geschilderte gestattet hätten. Was des Weiteren die Strahlenbrechung in der Atmosphäre anbelangt, insofern solche das Ergebniss der photographischen Darstellung beeinträchtigen würde, so wäre die gleiche Ursache von Fehlerquellen wohl auch bei direkter Beobachtung vorhanden, da doch die Strahlenbrechung in der Atmosphäre ebenso auf das Auge eines Beobachters, wie auf die lichtempfindliche Platte wirken müsste.

Fassen wir nochmals die Vortheile der neuen Methode zusammen, so beruhen solche erstens darin, dass man an dem Orte, dessen Länge man bestimmen will, weder einer astronomischen Uhr noch eines besonderen Instrumentes, um Stand und Gang derselben zu kontrolliren, bedarf; 2. dass die Messungen auf den gewonnenen Bildern mit Hilfe photographischer Vergrösserung in objektivster Weise vorgenommen werden können; 3. dass die Aufstellungsweise rasch zu erlernen, wodurch der betreffende Beamte in die Lage versetzt wird, ohne astronomische Kenntnisse mit einiger Handfertigkeit das Erforderliche auszuführen, damit ein Fachmann aus den gewonnenen Bildern die Längenbestimmungen zwischen den Telegraphenstationen vornehmen könne, und 4. dass man die geschilderte phototelegraphische Methode nicht nur zu astronomischen Längen- und Zeitbestimmungen, sowie zur Abmessung der Entfernung zwischen zwei Telegraphenstationen verwenden kann, sondern dass dieselbe auch zu vielen anderen astronomischen Arbeiten tauglich ist, bei welchen es, wie z. B. bei den für die Berechnung der Sonnenparallaxe so wichtigen Venusdurchgängen, vornehmlich darauf ankommt, an zwei oder mehreren von einander entfernten Punkten den Stand eines Gestirnes gleichzeitig in einem gegebenen Momente von einem Orte aus im Bilde zu fesseln.

VIERTES KAPITEL.

METEOROLOGISCHE PHOTOGRAPHIE.

Während uns in der astronomischen Photographie die Mittel zur Verfügung stehen, die Formen und die Bewegungen der Himmelskörper auf der lichtempfindlichen Platte zu fixiren, wird durch die meteorologische Lichtbildkunst Gelegenheit geboten, die atmosphärischen und tellurischen Erscheinungen unserer Erde in naturgetreuem Bilde wiederzugeben, ja sogar die unsichtbare Kraft der Wärme, des Luftdruckes, der Lufterlektrizität und des Erdmagnetismus auf lichtempfindlichen Flächen für das Auge graphisch darzustellen.

Zur Erlangung beständiger meteorologischer Aufzeichnungen sind zwei sich gegenseitig ergänzende Einrichtungen erforderlich, nämlich erstens ein Mittel, um durch bestimmte Zeichen den Grad der Wirksamkeit aufzuschreiben, welchen die genannten Naturkräfte im Moment der Aufzeichnung besaßen, zweitens eine mit dem Schreibapparate verbundene Zeitskala, durch welche genau der Zeitpunkt bestimmt wird, in welchem jene sich selbst aufschreibenden Kräfte auf das lichtempfindliche Papier eingewirkt haben.

Das Grundprinzip, auf welches sich alle photographisch-meteorologischen Notirungen stützen, besteht in der Anwendung eines mit lichtempfindlichem Papiere bedeckten Cylinders (*A* Fig. 75), welcher sich in 24 Stunden einmal gleichmässig um seine Axe dreht.

Bringen wir an einen solchen Cylinder ein Quecksilberthermometer *B* dicht heran, dessen Säule so gebrochen ist, dass ein kleiner Luftraum *c* den oberen von dem unteren Theile scheidet, so wird bei vermehrter Temperatur dieser Luftraum *c* mit dem Steigen der Quecksilbersäule sich heben, und umgekehrt mit dem Fallen des Quecksilberfadens sinken.

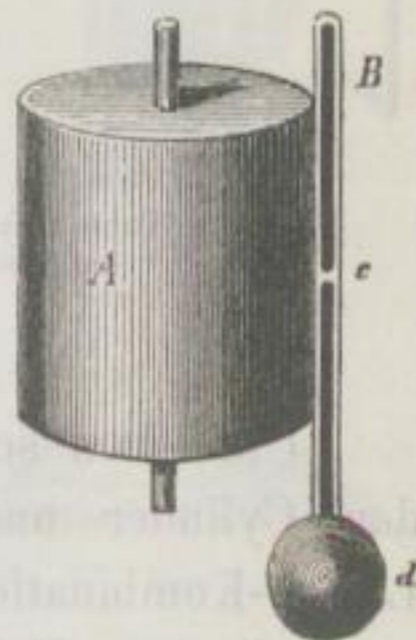


Fig. 75. Cylinder zu photographischen Aufzeichnungen.

Nehmen wir nun an, alles Licht wäre von dem, den Cylinder umhüllenden sensitiven Papierstreifen ausgeschlossen, mit Ausnahme desjenigen Lichtstrahles, welcher durch den in der Röhre befindlichen kleinen Luftraum *c* hindurchdringen kann, und denken wir uns ferner, dass sich unmittelbar hinter diesem Luftraume eine leuchtende Flamme befände, dann würden wir auf dem, unserem Thermometer benachbarten Papiere (*A* Fig. 75) einen kleinen Lichtpunkt erblicken, welcher dem Luftraume *c* entspräche. Dreht sich nun der Cylinder und lässt der soeben beschriebene kleine Lichtpunkt eine Einwirkung auf dem sensitiven Papierstreifen zurück, so wird solche sich in Form einer horizontalen Linie bemerkbar machen. Steigt aber der kleine Luftraum *c* auf und nieder, so wird diese gerade horizontale Linie sich in eine zackige Kurvenlinie verwandeln. Da nun auf dem lichtempfindlichen Papiere eine durch feine Linien bezeichnete Eintheilung des Tages in 24 mal 60 Theile angebracht ist, so wird, wenn die Bewegung des Cylin-

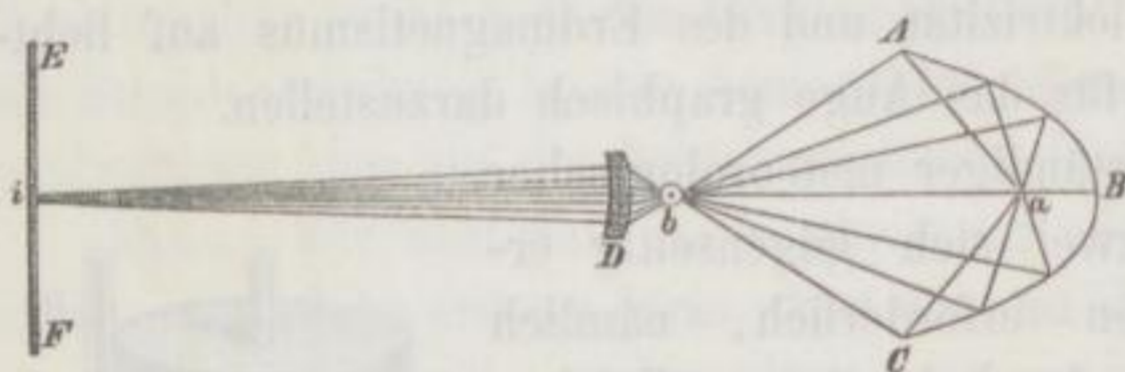


Fig. 76. Konzentration des Lichtes zu meteorologisch-photographischen Zwecken.

wegung des Cylin- ders eine gleichmässige ist, die horizontale Richtung der Lichtkurve in jeder Minute des Tages genau die Zeit, die Höhenrichtung derselben aber genau die Temperatur angeben.

Um einen scharfen Lichtpunkt zu erzielen, pflegt man zwischen den Cylinder und den Apparat eine das Lichtbild konzentrirende Linsen-Kombination, und hinter die Lichtquelle einen konzentrirenden parabolischen Hohlspiegel zu stellen. Letztere Einrichtung ist in Figur 76 schematisch dargestellt. Im Punkte *a* befindet sich das Licht, welches von dem parabolischen Hohlspiegel *A B C* konzentriert und auf die in *b* stehende Quecksilbersäule geworfen wird. *D* bedeutet ein photographisches Objektiv, welches die Lichtstrahlen auf dem photographischen Cylinder *E F* bei *i* zu einem Punkt vereinigt. Man kann statt eines Cylinders auch eine bewegliche ebene Glasfläche, welche mit lichtempfindlichem Papiere beklebt oder mit einer andern lichtempfindlichen Substanz bedeckt ist, benutzen. Auf einer derartigen Glasplatte sind die Tageszeiten durch gleichmässig abstehende, mit einem Diamant gezogene Linien notirt. Mit solchen Platten werden automatische Aufzeichnungen genau registriert und

kontrollirt, wie wir in der nachfolgenden Beschreibung der meteorologisch-photographischen Instrumente eingehend auseinandersetzen werden.

I. DER THERMOGRAPH (PHOTO-PSYCHROGRAPH).

Bei Beurtheilung der Witterungsverhältnisse muss erstens der Grad der Wärme, welchen die Luft im Allgemeinen hat, und zweitens die Masse der Dünste welche im Zustande der Feuchtigkeit in der Atmosphäre angehäuft sind, Berücksichtigung finden; mit anderen Worten, wir müssen zu genanntem Zwecke im Besitze von Instrumenten sein, welche zum beständigen Nachweise der Temperatur, sowie der Feuchtigkeitsverhältnisse der Luft zu dienen geeignet sind. Zu derartigen Messungen benutzt man unter Anderem zwei neben einander stehende Thermometer, ein trockenes und ein befeuchtetes, wie solche in Fig. 77 abgebildet sind und welche in gemeinschaftlicher Aufstellung das „Psychrometer“ darstellen. Die Kugel des einen Instrumentes ist in ein Lämpchen gehüllt, welches aus einem Glase fortwährend Feuchtigkeit aufsaugt, während das andere Thermometer stets trocken gehalten wird. Ist die Luft stark mit Feuchtigkeit angefüllt, so wird wenig Wasser von der Einhüllung des feuchten Thermometers verdunsten, und seine Höhe sich daher nicht viel von dem Stande des trockenen Instrumentes unterscheiden. Ist aber die Luft sehr trocken, so wird mehr Flüssigkeit verdunsten; bei dieser Verdunstung kühlt sich das feuchte Thermometer rasch ab, und seine Quecksilbersäule fällt. Aus den genauen Angaben beider Instrumente lässt sich der Feuchtigkeitsgrad der Luft leicht berechnen: aus einem gleich hohen Stande beider Thermometer ergibt sich das Maximum der in der Atmosphäre angehäuften Feuchtigkeit.

Der Thermograph dient zur photographischen Aufzeichnung des fortwährend sich ändernden Standes im trockenen und im befeuchteten Thermometer. Da nun immer die gleichzeitigen Angaben dieser beiden Instrumente mit einander verglichen werden müssen, so ist es an erster Stelle nothwendig, die photographischen Abdrücke so

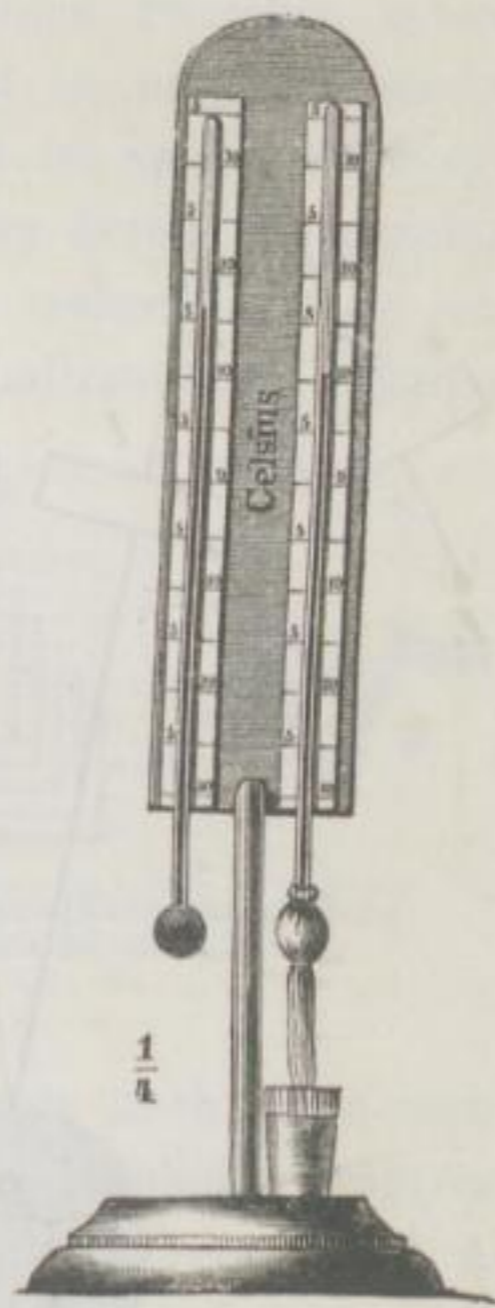


Fig. 77. Psychrometer.

zu ordnen, dass die gleichzeitigen Angaben der beiden Thermometer auf derselben Zeitskala genau unter einander zu stehen kommen. Durch diese Anordnung erhalten wir neben der Temperaturangabe bei anderen Vortheilen eine vergleichende graphische Darstellung der Veränderungen, welche in den Feuchtigkeitsverhältnissen der Luft vorgehen.

Um beide sich bildenden Kurven sofort vergleichen zu können, müssen die Thermometer in einiger Entfernung vom photographischen

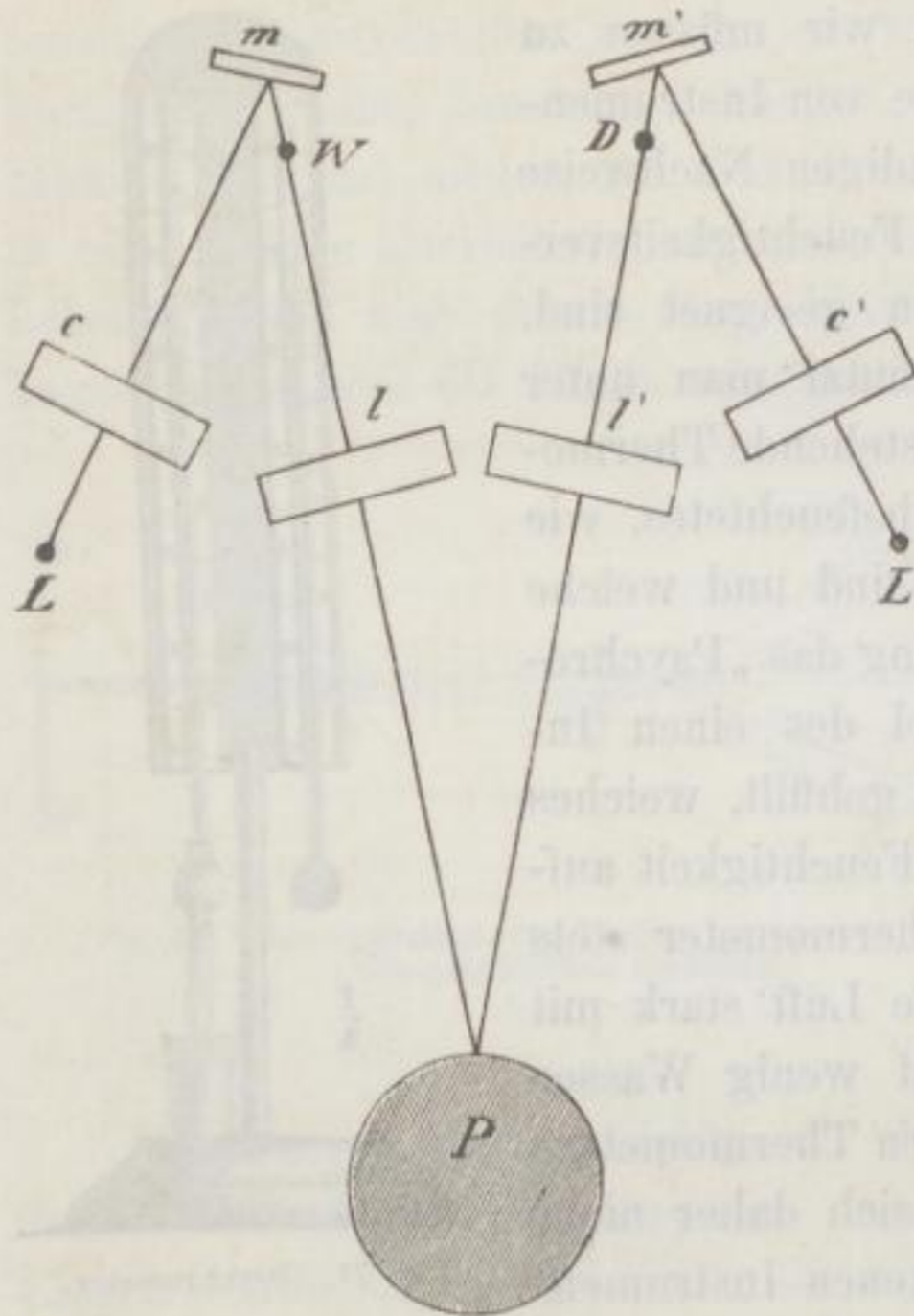


Fig. 78. Grundriss des Thermographen.

Apparate aufgestellt sein, damit mittels passend angebrachter Linsen Bilder der beleuchteten Thermometer-Lufträume sich unter einander auf das sensitive Papier abzeichnen. Die erforderliche Anordnung wird leicht mit Hilfe von Fig. 78, welche schematisch den Grundriss eines Thermographen zeigt, verstanden werden.

Das Licht der zwei Lichtquellen geht zuerst durch zwei Sammellinsen, sogenannte Ochsenaugen c und c' , worauf es auf zwei Spiegel m und m' fällt, welche die Strahlen reflektiren und sie auf die beiden Thermometer W und D werfen. Unmittelbar vor den Thermometersäulen bilden sich zwei sehr lange, durch die Linsen c und c' vergrößerte Flammenbilder, deren Licht nur durch den Luftraum c (Fig. 75 Seite 109) dringen kann. Die helle Lichtstrecke ist von genügender Höhe, um den Luftraum an jedem der beiden Thermometer, selbst bei beträchtlicher Steigung der Temperatur, stets genügend zu beleuchten.

Um ein Doppelbild dieser beiden Luftlücken auf dem lichtempfindlichen, sich drehenden Cylinder P zu erzeugen, senden die Objektivlinsen l und l' gleichsam die Portraits dieser erhellten Lücken auf das den Cylinder umgebende Papier.

Die Gleichheit des Skalenwerthes für die Kurven wird erlangt, wenn die Thermometer gleichförmig gebohrt sind, so dass bei jedem die Höhe des Luftraumes der gleichen Anzahl von Graden entspricht.

Es ist weiter nothwendig, dass das Bild der betreffenden Stelle des Luftraumes und daher auch der letztere selbst so schmal als möglich, und übereinstimmend mit der Grösse der zur Verfügung stehenden Lichtquellen sei: denn wenn das in Rede stehende Bild sich zu sehr in die Breite zieht, so müssen die verschiedenen Bilder in ihren verschiedenen Stellungen einander überragen und man würde ein schlechtes Resultat erhalten. Der Unterschied zwischen einem weiten und einem schmalen Zwischenraume ist in unten stehender Zeichnung schematisch dargestellt. In Fig. 79 ist bei *a* die Folge eines breiten Luftraumes ersichtlich; es entstehen durch den geschilderten Fehler über einander geschobene Bilder, während die an einander gereihten Linien der Zeichnung *b* einem Luftraum von richtiger Breite entsprechen würden.

Haben wir nun auf die beschriebene Weise eine deutliche Kurve von konstantem Skalenwerthe erlangt und besitzen wir ferner eine genaue Zeitangabe, welche durch einen fortwährend regelmässigen Gang des Cylinders bedingt wird, so haben wir

selbst bei vorzüglichster Konstruktion der Apparate noch einen technischen Fehler möglichst zu verhüten. Es kann nämlich, während die Kurve sich bildet, das Papier sich etwas ausdehnen, oder an einzelnen Stellen des Cylinders sich zusammenziehen. Infolge einer derartigen Unregelmässigkeit kommt es leicht vor, dass ein Punkt auf dem Wege der Kurve nicht dem betreffenden Zeitpunkte entspricht.

Um sich über derartige Fehler in der Kurve Rechenschaft geben zu können, wird zu bestimmten bekannten Zeitabschnitten das Licht durch einen Mechanismus plötzlich auf einige Minuten entfernt. Auf diese Weise werden kleine weisse Flecken oder Zwischenräume in dem Kurvenbilde hervorgebracht, deren Zeiteintritt durch persönliche Kontrolle eines Aufsichtsbeamten genau bestimmt wird.

An dem, Seite 112, beschriebenen Instrumente wird das Licht alle zwei Stunden auf genau vier Minuten entfernt, was mittels einer mit dem Uhrwerke des Instrumentes verbundenen Vorrichtung geschieht. Durch einen vorspringenden kleinen Karton wird nämlich

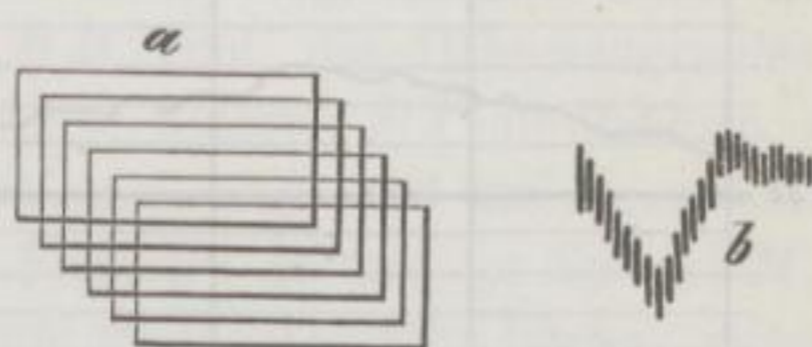


Fig. 79. Fehlerhafte und richtige meteorologische Aufzeichnung.

der Lichtstrahl genau 2 Minuten vor Ablauf von je 2 Stunden aufgefangen und nach Ablauf von 2 weiteren Minuten durch das Wegspringen des Schirmes wieder zugelassen; der Erfolg der Methode hängt von der Korrektheit des instrumentalen Uhrwerkes ab; ist dasselbe ganz genau gearbeitet, so entspricht die Thätigkeit des Lichthemmers den an den Abbildungen der Kurven (Fig. 83) bei 2, 4, 6, 8, 10 etc. ersichtlichen Lichtlücken.

Zur weiteren Kontrolle der thermographischen Aufzeichnungen sind bei jedem Thermographen 2 Normalthermometer anzubringen, deren Kugeln mit denjenigen der Thermometer am Thermographen identisch sein müssen. Das eine derselben dient als trockenes Thermometer und wird daher in der Nähe des trockenen Thermographen befestigt, während das andere als Verdunstungsthermometer neben dem entsprechenden anderen Thermometer zu stehen hat.

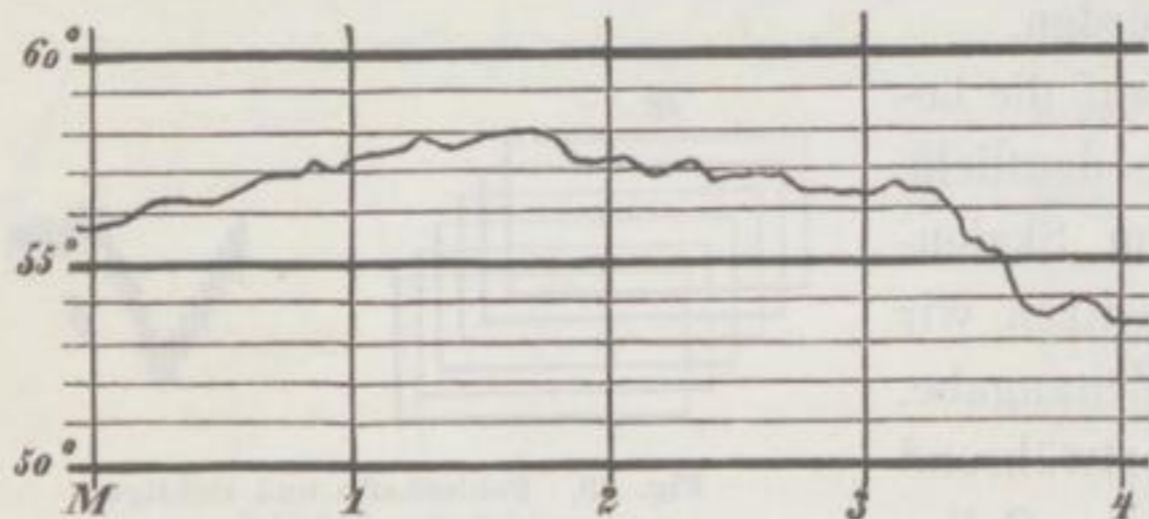


Fig. 80. Zeitskala des Thermographen.

In dem Moment, wo das Licht durch die oben beschriebene mechanische Vorrichtung abgehalten wird, also zwei Minuten vor Ablauf von je zwei Stunden, liest ein Beobachter die vergleichenden Thermometer ab und notirt deren Höhenstand. Auf diese Weise erfahren wir, ob die Angaben der Kurven in dem Augenblick der Lichtentziehung richtig gewesen und indem wir diese Notierungen mit einander vergleichen, erhalten wir eine möglichst genaue Kontrolle des Instruments.

Zur Tabellirung der Kurve dient eine viereckige Tafel von Spiegelglas, auf deren Oberfläche eine Anzahl vertikaler und horizontaler Linien gravirt ist. Die vertikalen Zwischenräume, 48 an der Zahl, bedeuten die Stunden nach der Zeitskala des Thermographen, während die horizontalen Zwischenräume die Thermometergrade anzeigen; diese Grade reichen von 0° — 100° Fahrenheit; jede 5. Linie ist stärker bezeichnet, so dass man die Zahl der zwischenliegenden Linien sehr leicht übersehen kann. Diese Glasskala wird, mit der gravirten Seite nach unten, über die Kurve gelegt, nachdem das Papier von dem Cylinder abgenommen und dabei durch jedesmalige Kontrolle am

Beobachter die

Beobachter die

Vergleichs-Thermometer Anfang und Ende einer Kurve bestimmt ist. Die Notirungen können selbst für jeden Theil einer Stunde leicht abgelesen werden.

Figur 80 zeigt die Stelle des Tabellirungs-Instrumentes, welche die Zeit von Mittags 12 bis Nachmittags 4 Uhr anzeigt. An dem bezüglichen Tage schwankte die Temperatur zwischen 58° und 53° Fahrenheit ($14\frac{1}{3}^{\circ}$ und $11\frac{2}{3}^{\circ}$ Celsius). Mittags 12 Uhr zeigte das Thermometer 56° , um 1 Uhr 57° , um $\frac{1}{2}$ 2 Uhr 58° , nach 2 Uhr 57° , um 3 Uhr $56\frac{1}{3}^{\circ}$, nach $\frac{1}{2}$ 4 Uhr 55° , während gegen 4 Uhr das Thermometer bis unter $53\frac{1}{2}^{\circ}$ (12° Celsius) herabging.

Derartige Instrumente sind auf grossen Sternwarten, wie in Paris, Kew und Greenwich aufgestellt und bestehen aus einer inneren und einer äusseren Abtheilung, welche auf S. 115 und S. 116 nach den Einrichtungen von Kew abgebildet sind. Auf der Abbildung des inneren Raumes Fig. 81 sind die Beleuchtungsflammen (Gas oder Paraffin) mit *FF* bezeichnet. *BB* sind die Ochsenaugenlinsen (Sammellinsen); *M* ist einer der beiden Spiegel; *TT* die Rahmen, an welchen die Thermometersäulen befestigt sind, und auf deren Rückseite die vergrösserten Bilder der Flammen mittels der Spiegel *MM* geworfen werden. *LL* bedeutet zwei photographische Linsen, welche die durch den Luftpunkt des Quecksilberfadens tretenden Strahlen zu einem Bildpunkte sammeln und auf den mit lichtempfindlichem Papiere bedeckten Cylinder *C* werfen; *c* ist das Uhrwerk und *S* der durch das Uhrwerk getriebene Lichthemmer, *H* ein Griff, durch welchen eine Schraube in Bewegung gesetzt wird, um nach Bedürfniss die beiden Thermometer höher oder tiefer zu stellen; im Winter, wo die Temperatur niedriger, wird man höher schrauben müssen, um die Lufträume mit den feststehenden Objektiven *LL* in genauer centraler Stellung zu erhalten, während im Sommer die Instrumente etwas niedriger zu stellen sind.

Die Thermometersäulen, welche die Lufträume enthalten, befinden sich im Innenraume, sind am Fusse gebogen und gehen horizontal durch die Wand in verschiedenen Biegungen ins Freie. Dieselben dehnen sich 65 Centimeter weit in horizontaler Richtung aus, wodurch der Einfluss der Temperatur der Wand auf die beiden Thermometer möglichst aufgehoben wird.

Das an der freien Nordseite des Observatoriums befindliche Thermometergehäuse (Fig. 82) bedeckt einen Raum von 4 Quadratfuss, und umgiebt die Thermometer, bis auf einen kurzen Abschnitt unter

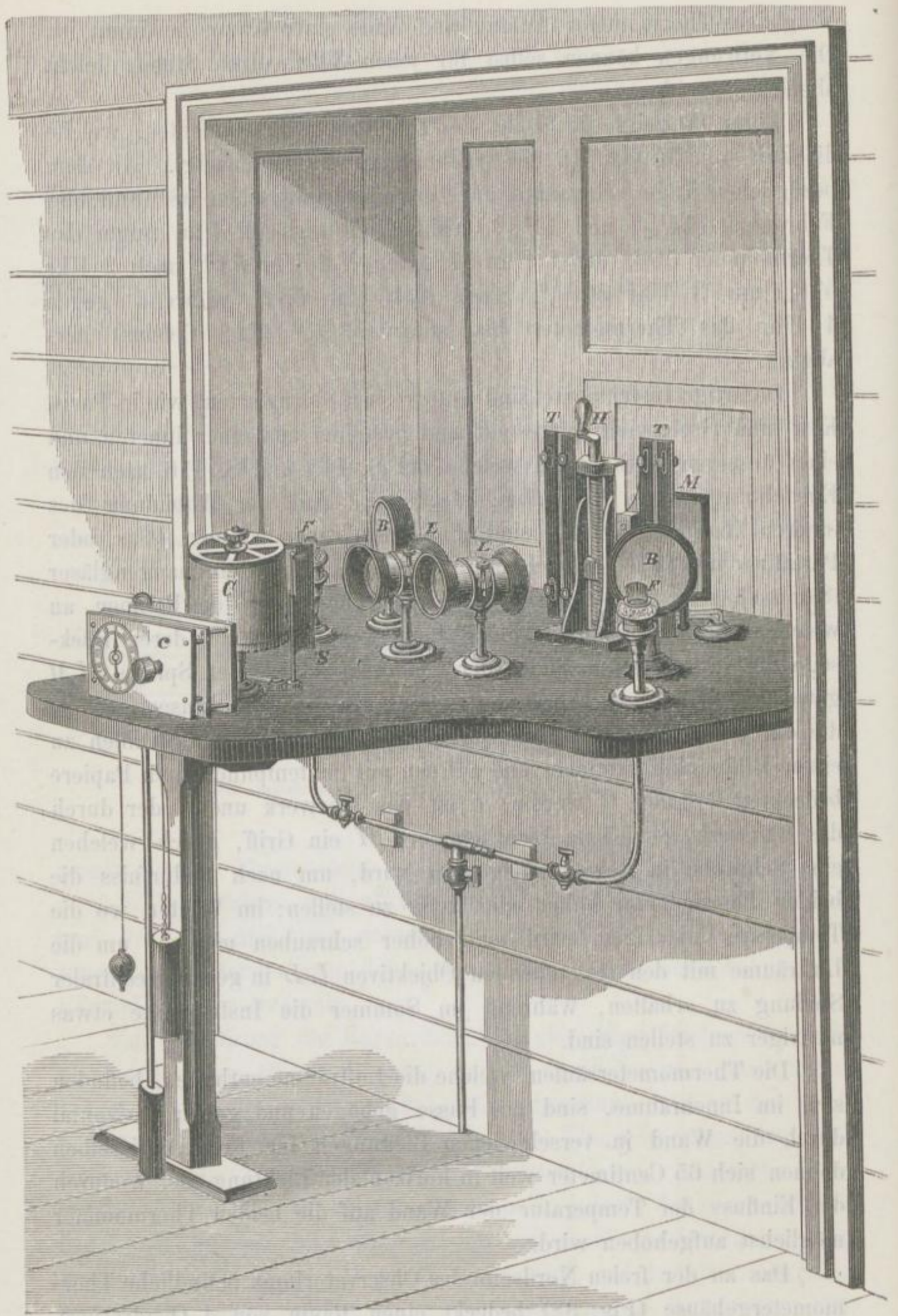


Fig. 81. Innere Ansicht des Thermographen.

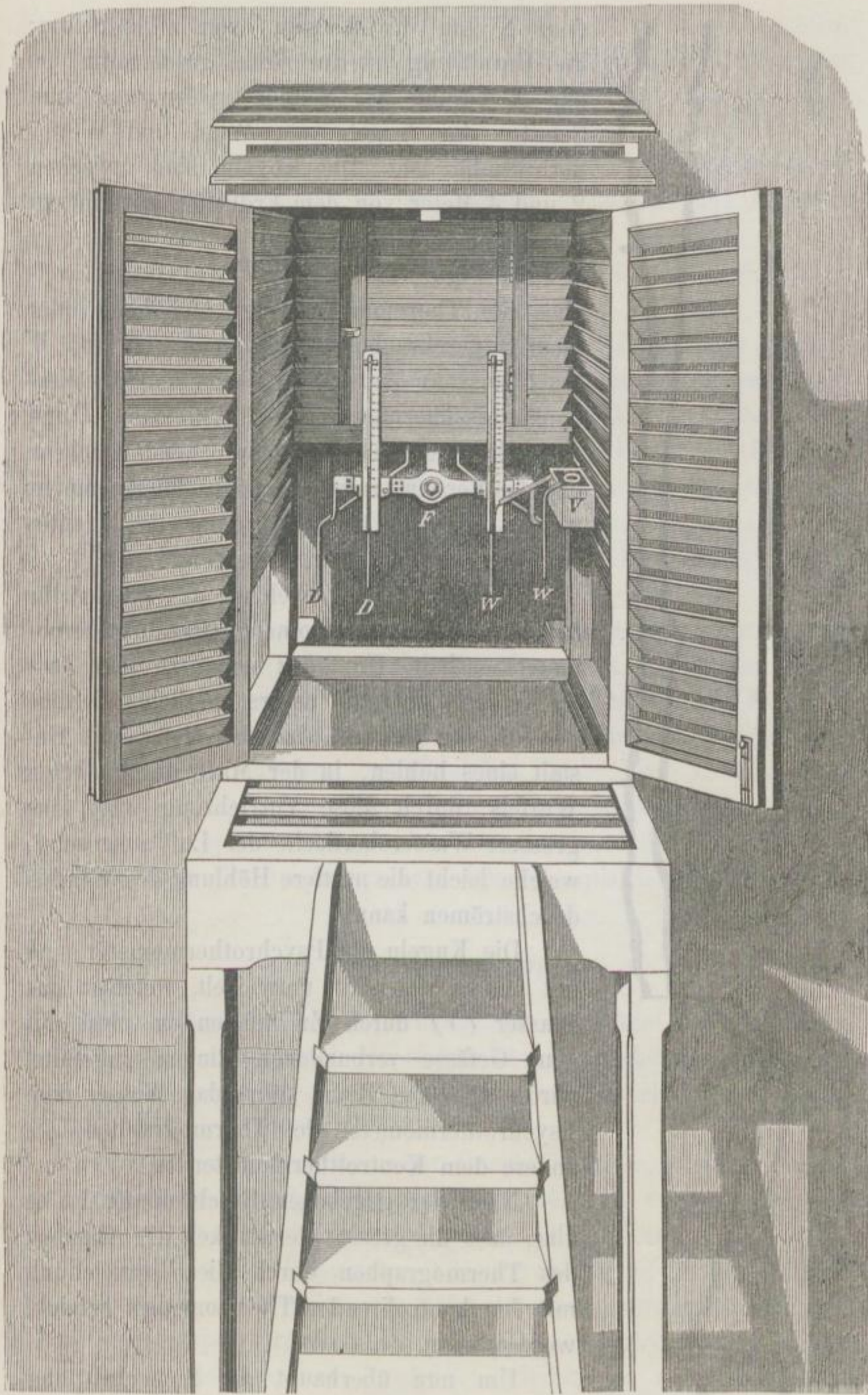


Fig. 82. Aeussere Ansicht des Thermographen.

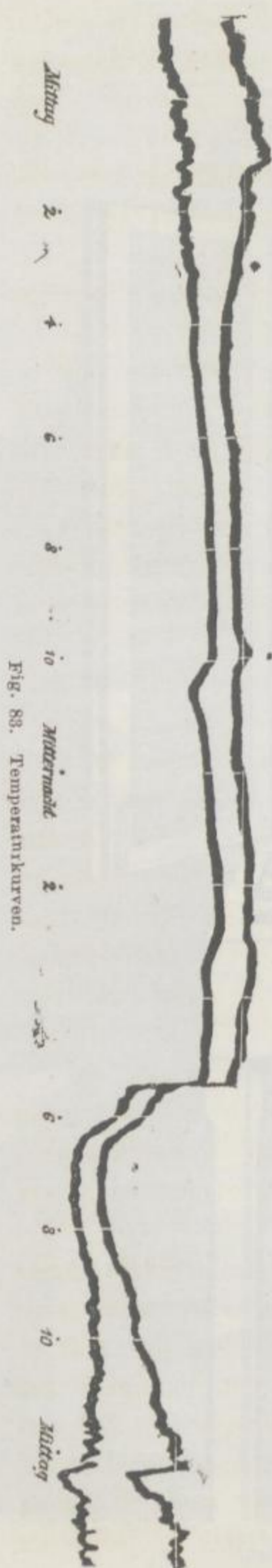


Fig. 83. Temperaturkurven.

dem Niveau der Kugeln, von allen Seiten; die Umhüllung ist nur soviel geschlossen, als zur Abhaltung der Sonnenstrahlen und zum Schutze der Kugeln vor Wind und Wetter nothwendig ist. Die Kugeln sind zwischen 2 und 4 Meter von dem Erdboden entfernt zu befestigen.

In Figur 82 bedeutet F das Gestell, welches die Thermometer trägt und hoch oder niedrig geschraubt werden kann. D und W (nach aussen) sind das trockene und das Verdunstungs-Thermographen-Thermometer. D und W (nach innen) sind das entsprechende trockene und das Verdunstungs-Vergleichs-Thermometer, welche jedesmal bei Entfernung des Lichtes zur Kontrolirung benutzt werden.

V ist das Gefäss, welches das Wasser für das Feuchtigkeitsthermometer (Psychrothermometer) enthält. Um ganz sicher zu sein, dass die Temperatur des Wassers möglichst dieselbe wie die der Luft sei, hat das Gefäss die Gestalt eines hohlen, in der Mitte durchbohrten Würfels; durch diese Vorrichtung wird eine grössere Wasseroberfläche der Luft ausgesetzt, welche leicht die mittlere Höhlung des Würfels durchströmen kann.

Die Kugeln der Psychrothermometer sind mit feinem Mousselin umwickelt, welchem das Wasser (V) durch Zwirnfäden in zwei mit dem Gefässe verbundenen Rinnen zugeführt wird. Die eine Rinne führt das Wasser dem Psychrothermometer des Thermographen, die andere dem Kontrolthermometer zu.

Nach der gegebenen Beschreibung ist es klar, dass die grösste Genauigkeit der Angaben des Thermographen durch die Vergleichung mit den kontrolirenden Thermometern erreicht werden kann.

Um nun überhaupt die Sicherheit der durch diese Instrumente gelieferten Angaben

über Temperatur und Feuchtigkeit der Luft noch weiter zu prüfen, werden in Kew gleichzeitig andere Versuche mit andern Instrumenten von verschiedener Grösse vorgenommen, die an verschiedenen Orten aufgestellt sind. Dieselben geben fast stets das Resultat, dass die vorkommenden Abweichungen nur hinsichtlich der örtlichen Verschiedenheit sich auf ein Minimum beschränken, sonst aber alle Angaben vollkommen mit einander übereinstimmen.

Unsere Figur 83 zeigt die Kopie einer 24stündigen doppelten Originalkurve des Thermographen zu Kew.

Wir sehen an den zwei Kurven deutlich die mittels des geschilderten Lichtschirmes ausgeführten zweistündlichen Unterbrechungen durch 12 helle Stellen markirt. Um $\frac{3}{4}$ 6 Uhr Morgens zeigt sich ein deutliches Fallen der Thermometer. Die Kurven stellen die Temperaturverhältnisse vom 7. März 1868 10 Uhr 38 Minuten Vormittags, bis zum 8. März 1868 1 Uhr 58 Minuten Nachmittags, dar. Die obere Kurve entspricht dem trockenen, die untere dagegen dem Stande des Verdunstungsthermometers.

Wenn wir diese Abbildungen genau prüfen, so finden wir, dass das Sinken des Verdunstungsthermometers unter den Stand des trockenen Thermometers und folglich auch die Feuchtigkeit der Luft zu verschiedenen Tageszeiten merklich differirt, was uns den Beweis giebt, dass Besonderheiten irgendwelcher Art — wie z. B. an der betreffenden Stelle unserer Kurve der plötzliche Temperaturwechsel — mit jenen Apparaten sehr exakt beobachtet und der Zeitpunkt des Eintrittes jener Erscheinungen sehr genau verifizirt werden können.

2. DER BAROGRAPH.

Die photographische Darstellung der täglichen Schwankungen des Luftdruckes wird durch einen dem Thermographen ziemlich ähnlichen Mechanismus bewerkstelligt, jedoch muss dabei ein besonderer Umstand Berücksichtigung finden.

Die Oberfläche der Barometer-Quecksilbersäule nämlich ändert nicht allein den Standpunkt durch den höheren oder niedrigeren Druck der Luft, sondern auch durch die Einwirkung der Wärme. Die verschiedene von Temperatureinflüssen abhängige Dichtigkeit des Quecksilbers verursacht, dass die Höhe des Barometerstandes bei verschiedenen Temperaturgraden der Kraft des atmosphärischen Druckes nicht den absolut genauen Ausdruck verleiht. So muss z. B., da bei 0° R. das Quecksilber dichter ist, als bei 16° R., die Höhe der

Säule im ersteren Falle geringer sein, als im letzteren, selbst wenn gar keine Aenderung des atmosphärischen Druckes vorhanden wäre. Zum Ausgleich dieser Unregelmässigkeit pflegte man früher bei dem Ablesen des Barometers jedesmal die Temperatur des Quecksilbers zu messen und mittels einer Korrektionsstabelle die Temperaturdifferenz durch Rechnungsabzug auszugleichen. Man hatte im Allgemeinen als richtiges Normalmass das Ergebniss des Luftdruckes auf eine Quecksilbersäule angenommen, welche eine konstante Temperatur von 0° R. besitzt und berechnete den wirklichen Luftdruck auf Grund dieses Verhältnisses aus der Barometerhöhe.

Der erste, welcher photographische Aufzeichnungen des Barometerstandes versuchte, war Francis Ronalds. Schon an dem ursprünglichen Barographen desselben, welcher in gewisser Beziehung als die Grundlage aller betreffenden neueren Instrumente angesehen werden muss, war eine mechanische Vorrichtung zum Ausgleich der Temperaturdifferenzen angebracht, indem Ronalds den betreffenden Mechanismus so einrichtete, dass die ganze, das Quecksilber enthaltende Röhre um so viel gesenkt wurde, als die Quecksilbersäule durch Temperatureinflüsse gestiegen war.

Zwei Misstände aber sprachen gegen diese Vorrichtung: erstens das schwere Gewicht des Barometers und zweitens die unsichere Hebemechanik, welche, wenn auch genau berechnet, doch nicht durch selbstthätige Naturkräfte bedingt war. Man suchte daher nach einer Verbesserung und fand solche in der Anwendung von Metallstäben, welche sich durch Einwirkung der Temperatur ausdehnen und zusammenziehen und durch eine einfache Vorrichtung jene Temperatureinflüsse auf die Barometersäule ausgleichen. Während die Quecksilbersäule im Barometer (Fig. 84) steigt, und durch die alsbald näher zu beschreibende Beleuchtungs-Vorrichtung *E* ein Bild der oberen Quecksilbergrenze durch Vermittelung des Objektivs *L* auf den mit sensitivem Papiere bedeckten Cylinder *c* geworfen wird, heben oder senken die Zinkstäbe *ZZ* durch eine Hebelvorrichtung den ganzen, ziemlich leichten photographischen Apparat. Diese Stäbe sind mit ihrem unteren Ende an eine Zinktafel festgenietet und stehen an ihrem oberen Ende, nachdem sie durch die Tischplatte gegangen, mit einem Hebelwerke in Berührung, dessen Stützpunkt sich vor den Barometer auf dem bei *f* angebrachten Metallstücke befindet; der Hebel *R* besteht aus einem Glasstabe, dessen kürzeres Ende mit dem Zinkstäben korrespondirt, während der äusserste Theil seines längeren Endes dicht unter den Cylinder und das sensitive Papier reicht und

mit diesem verbunden ist; auch der Lichthemmer *s* steht mit der Hebelvorrichtung in Kontakt.

In demselben Verhältniss, wie die Quecksilbersäule durch Temperatureinflüsse steigt oder fällt, dehnen sich die Zinkstäbe aus, oder sie ziehen sich zusammen. Ihre Ausdehnung gestattet ihnen nur nach oben zu wirken, weil sie unten festgenietet sind. — Steigt nun z. B. die Temperatur, so steigen auch die Zinkstäbe, somit heben dieselben

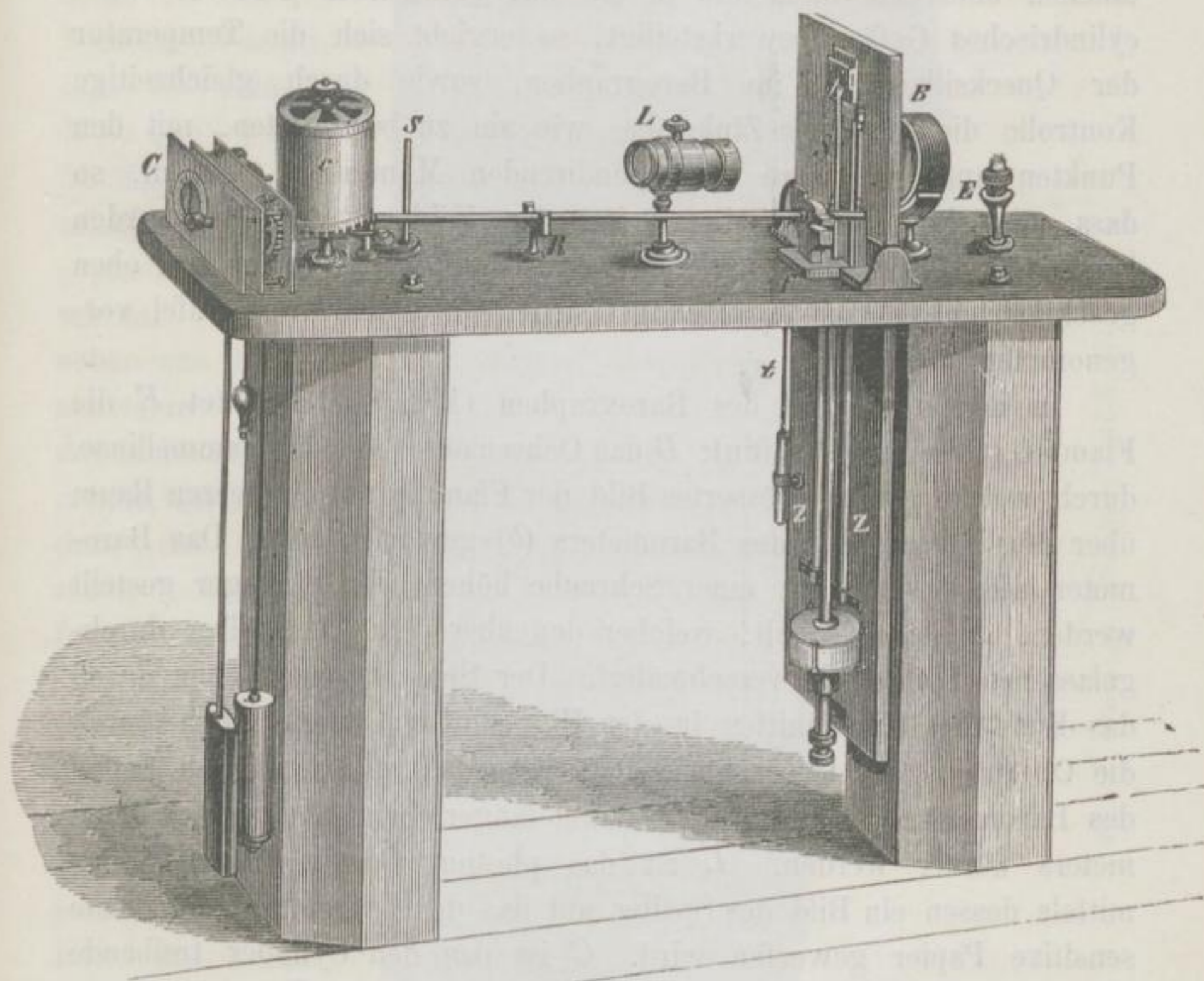


Fig. 84. Barograph.

den Glashebel an dem kürzeren Ende in die Höhe: das längere Ende und mit ihm die Lichtschreibevorrichtung *c* werden in gleichem Verhältniss sich senken, wodurch der Temperatureausgleich bewerkstelligt wird und nur die Einwirkung des Luftdruckes auf die Quecksilbersäule photographisch sich registriert.

Ebenso wie bei dem Thermographen wird alle zwei Stunden durch den mit dem Cylinder sich hebenden und senkenden Lichthemmer *s* die Lichtwirkung auf vier Minuten unterbrochen. Während

dieser Zeit wird mit einem andern Normalbarometer die Kurve kontrollirt; man erhält dadurch die getreuen Angaben des Luftdruckes, welche zu den bestimmten Momenten mit den Angaben der barographischen Kurve in Einklang stehen müssen. Durch Vergleichung wird auch hier die grösstmögliche Genauigkeit erlangt.

Wenn zu derselben Zeit die Temperatur des Quecksilbers der Barometersäule noch besonders bestimmt wird, was man durch Eintauchen eines Thermometers in ein mit Quecksilber gefülltes enges cylindrisches Gefäss bewerkstelligt, so ergibt sich die Temperatur der Quecksilbersäule im Barographen, sowie durch gleichzeitige Kontrolle diejenige der Zinkstäbe, wie sie zu bestimmten, mit den Punkten auf der Kurve korrespondirenden Momenten gewesen, so dass mit einiger Aufmerksamkeit jeder Fehler vermieden werden kann. Die Tabellirung der Kurve wird mit einer, analog dem oben geschilderten Thermo-Tabellirungsinstrumente konstruirten Tafel vorgenommen.

In der Abbildung des Barographen (Fig. 84) bedeutet *E* die Flamme (Gas oder Paraffin); *B* das Ochsenauge oder die Sammellinse, durch welche ein vergrössertes Bild der Flamme auf den leeren Raum über dem Quecksilber des Barometers (*b*) geworfen wird. Das Barometer selbst kann mit einer Schraube höher oder niedriger gestellt werden. *S* ist ein Spalt, welcher den über dem Quecksilber durchgelassenen Lichtstrahl verschmälert. Der Spalt ist nach oben durch das Ende des Einschnittes in der Holztafel und nach unten durch die Oberfläche des Quecksilbers begrenzt; dadurch wird beim Fallen des Barometers der beleuchtete Raum länger, beim Steigen des Barometers kürzer werden. *L* ist das photographische Linsensystem, mittels dessen ein Bild des Spaltes auf das den Cylinder *c* umgebende sensitive Papier geworfen wird. *C* ist das den Cylinder treibende Uhrwerk, welches auch den Lichthemmer *s* regiert. *R* ist der Stützpunkt des Hebels und *Z Z* bezeichnet die oben beschriebenen Metallstäbe.

Bei der photographischen Darstellung der Luftdruckverhältnisse werden wir mit den geschilderten Apparaten keine Liniencurve, sondern eine durch eine Kurve begrenzte photographirte Fläche erhalten. Diese Fläche entsteht durch die senkrechte Lichtlinie, die sich von dem Spalte *S* auf den beweglichen Cylinder überträgt, sodass die nach unten stattfindende Verkürzung oder Verlängerung des Spaltes durch die auf- und absteigende untere Grenze der Fläche *A B C D* Figur 85 bezeichnet wird, welche Linie dem Luftdrucke proportional

Lichthemmer einsprang und die Kontrolirung mittels des Normalbarometers vorgenommen wurde.

3. DER HYGROGRAPH.

Um den relativen Feuchtigkeitsgrad der Luft zu bestimmen, hat man Apparate konstruirt, welche unter dem Namen Hygrometer oder Feuchtigkeitsmesser bekannt sind. Das Grundprinzip dieser Instrumente beruht auf den hygroskopischen Eigenschaften vieler Körper, indem solche aus der Luft Wasserdämpfe in sich aufnehmen und dadurch ihr Volumen verändern. Darmsaiten, Fischbeinfasern, Haare

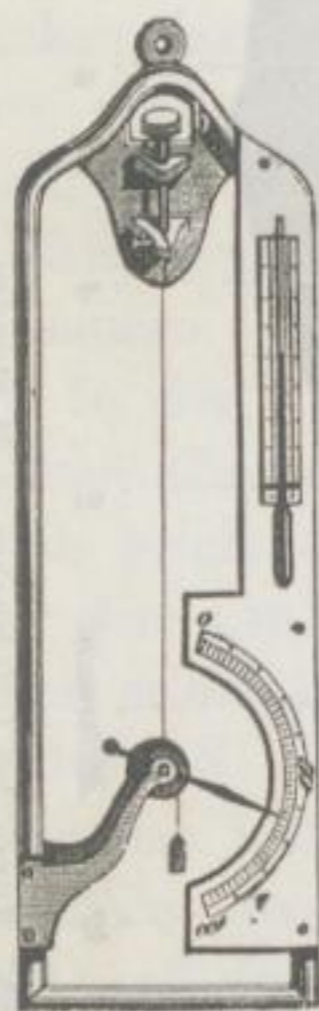


Fig. 86. Haarhygrometer.

und manches andere Material wird, wenn es Feuchtigkeit anzieht, länger, wenn es austrocknet, kürzer. Befestigt man nun ein durch Aetherwaschung entfettetes Haar (Fig. 86) mit seinem oberen Ende an eine kleine Klemme *a*, mit seinem unteren Ende an eine zweirinnige Rolle *o*, welche durch ein sehr leichtes Gewicht *p*, um das Haar *c* in Spannung zu erhalten, nach einer Seite hin ihren Schwerpunkt erhält, so wird der an der Rolle befindliche Zeiger, je nachdem sich das Haar verlängert oder verkürzt, auf dem sichtbaren Gradbogen hin und her gehen. Der Nullpunkt des Gradbogens wird gefunden, wenn das Haar in einem möglichst luftverdünnten Raume, etwa unter der Glocke einer Luftpumpe, auf deren Teller ein Gefäß mit Schwefelsäure steht, ausgetrocknet wurde; der Zeiger wird dann den höchsten Grad der Trockenheit angeben, welchen man mit Null bezeichnet. Bringt man hierauf den Apparat

unter eine Glocke, die mit Wasserdünsten angefüllt ist, so wird das ausgetrocknete Haar so viel Wasser als möglich aufnehmen und sich dadurch wieder bis zu einem gewissen Grade verlängern. Man bezeichnet dann die Stellung des Zeigers mit 100 und theilt den Zwischraum in 100 Grade ein. Gay Lussac hat eine Tabelle berechnet, die einen gewissen, jedem einzelnen Hygrometergrade entsprechenden Feuchtigkeitsgehalt der Luft angiebt. Danach entsprechen:

Hygrometer-Grade:	Relative Feuchtigkeit der Luft in Prozenten:
0	= 0
10	= 4,57
20	= 9,45

Hygrometer-Grade:	Relative Feuchtigkeit der Luft in Prozenten:
30	= 14,78
40	= 20,78
50	= 27,79
60	= 36,28
70	= 47,19
80	= 61,22
90	= 79,09
100	= 100,00

Dem Nullpunkte der Tabelle ist eine Normaltemperatur der Luft von 10—12 Grad Réaumur zu Grunde gelegt.

Zur photographischen Aufzeichnung des Zeigerstandes am Hygrometer kann folgende einfache Vorrichtung dienen: der Gradbogen des Zeiger *o* Fig. 86 wird auf den Bogen eines spitzen Winkels reduziert und in seiner ganzen Richtung mittels einer schmalen Säge ausgesägt. Hinter dieselben, in einer genügenden Entfernung, wird eine aktinisch wirksame Lichtquelle mit konzentrirenden Linsen, wie wir derartige Einrichtungen in Figur 81 und 84 abgebildet haben, angebracht, deren Strahlen so gebrochen werden müssen, dass sie den ganzen durchbrochenen Kreisbogen von 0 bis 100 Grad fortwährend beleuchten. Vor dem Hygrometer, genau in der Richtung der durch den Kreisbogen durchtretenden Lichtstrahlen, befindet sich dieselbe photographische Cylindervorrichtung, wie bei dem Thermographen und dem Barographen. Der Theil des Zeigers, welcher den durchbrochenen Kreisbogen kreuzt, wird an der betreffenden Stelle das Licht abhalten und gleichsam einen dunkeln Punkt im Kreisabschnitte darstellen. Steht der Zeiger still, so wird dieser dunkle Punkt, welcher kein Licht durchlässt, eine grade weisse Linie auf dem lichtempfindlichen, sich schwärzenden Papiere in bestimmter Höhe veranlassen; bewegt sich dagegen der Zeiger nach oben oder unten, so entsteht ein fortlaufende Kurve, welche mit Hilfe von Temperaturaufzeichnungen den Feuchtigkeitsgehalt der Luft leicht berechnen lässt.

4. DIE MAGNETOGRAPHEN.

Die photographische Aufzeichnung der magnetischen Erdströmungen verlangt weit komplizirtere Einrichtungen, als alle diejenigen, welche wir bis jetzt zu ähnlichen Zwecken kennen gelernt haben. Der Grund dieser Schwierigkeiten liegt in der Verschiedenheit der

Kraftäusserungen, welche bei den magnetischen Strömungen der Erde berücksichtigt werden müssen, und die Deklination, die Inklination

und die Intensität der Magnetnadelbewegungen bedingen.

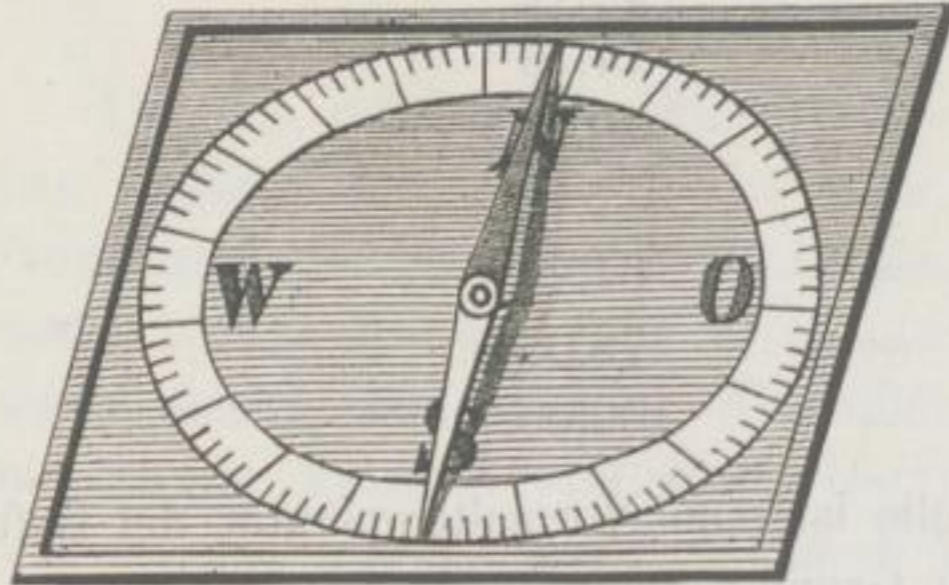


Fig. 87. Deklinationsmagnetnadel (Kompass).

man sich durch die magnetische Achse eines im Gleichgewichte befindlichen querschwebenden Magneten gelegt denkt. Solche Instrumente sind die Horizontalgalvanometer, die mit einer Kreistheilung

versehen, durch Rechts- oder Links-Ausschlagen der Nadel den Grad der östlichen oder westlichen Deklination angeben (Fig. 87).

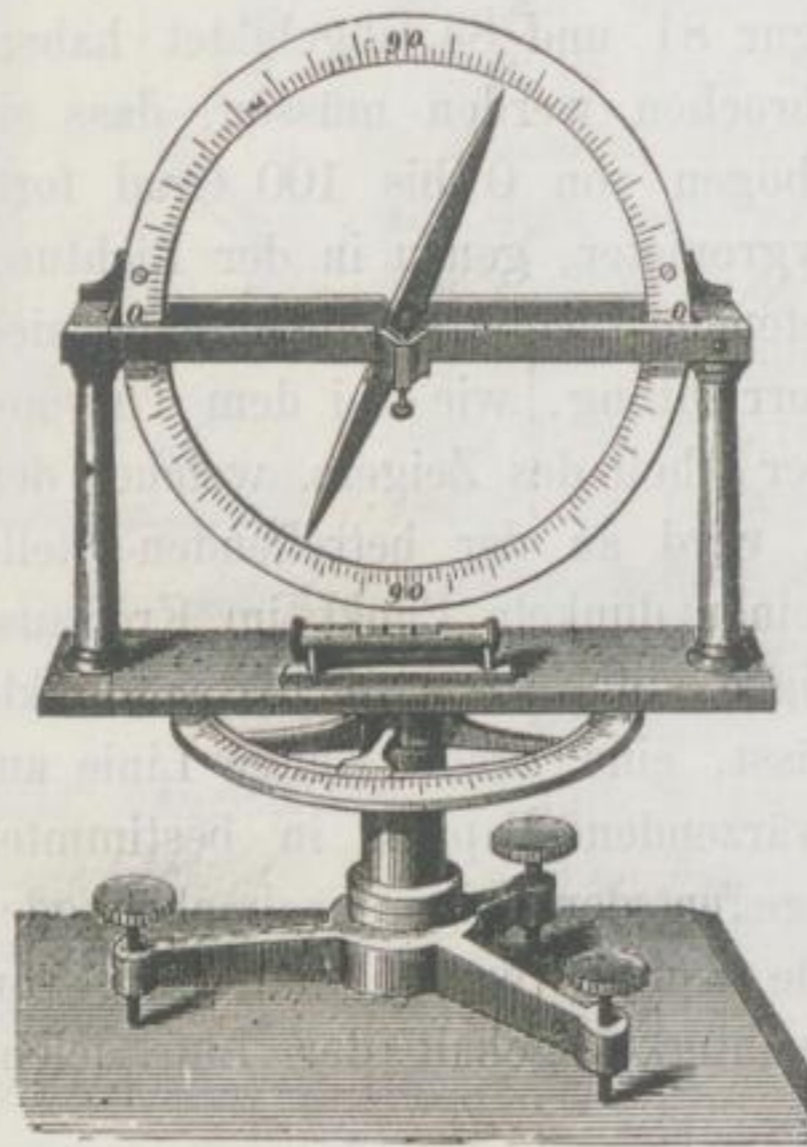


Fig. 88. Inklinationsmagnetnadel.

Stellt man eine Magnetnadel senkrecht, d. h. hängen wir dieselbe so auf, dass sie sich nicht in horizontaler, sondern nur in vertikaler Richtung drehen kann, so bleibt sie nicht mehr senkrecht stehen, sondern bildet mit der durch ihren Mittelpunkt gehenden Horizontalebene einen Winkel, welcher die sogenannte magnetische Inklination anzeigt; die Apparate zur Messung des genannten Winkels nennt man Inklinatorien (Fig. 88). Während

die deklinatorische Kraft nach den beiden Polen sich verringert, nimmt die inklinatorische nach dem Aequator hin allmählich ab, wobei sich rings um die Erde herum ein Kreis ergibt, in dessen Bereich die Magnetnadel von beiden Polen gleich stark angezogen

wird, mithin die Inklination zu einem oder dem anderen Pole aufhört und die Nadel wagrecht steht; dieser Kreis ist der magnetische Aequator.

Ausser der Deklination und Inklination der Magnetnadel, welche die Richtung der Kraft andeuten, ist noch die magnetische Gewalt beider Ströme, die sogenannte Intensität des Erdmagnetismus, in Berücksichtigung zu ziehen, gleichsam das die beiden genannten Erscheinungen ergänzende Moment. Diese Kraft wird durch den Widerstand gemessen, welchen eine angebrachte mechanische Hemmung der magnetischen Bewegung entgegensetzt. Wird ein Magnetstab an zwei Metallfäden aufgehängt, so befindet er sich nur dann im Gleichgewicht, wenn die beiden Fäden in einer Ebene liegen. Sobald man aber den Stab etwas dreht, so werden die Fäden spiralförmig um einander gewunden, und ihre Spannung bedingt das Bestreben wieder in ihre frühere Stellung zurückzukehren. Während nun die beiden Fäden immer in einer Ebene zu verharren sich bestreben, äussert der Erdmagnetismus eine gewisse Kraft auf die Magnetnadel oder den Magnetstab, um solchen aus seiner den Fäden parallelen Richtung herauszudrehen und die Axe des Magnetstabes in den magnetischen Meridian zu stellen. Bei *a b c d* (Fig. 89) ist eine Kreisschraube angebracht, durch welche man den in horizontaler Ebene schwingenden Magnetstab beliebig stellen kann. Diese Schraube wird nun so lange gedreht, bis ein Gleichgewicht zwischen

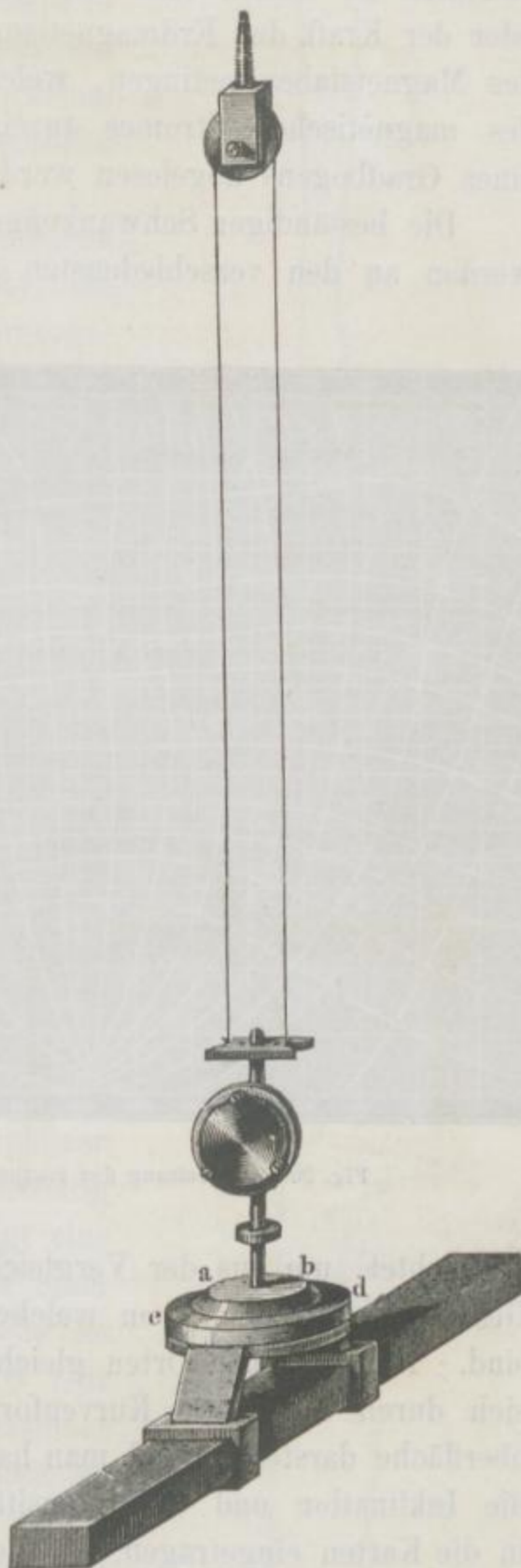


Fig. 89. Messinstrument der magnetischen Kraft.

der magnetischen Kraft und der Spannung der Fäden erzielt ist, wobei die Axe des Magnetstabes rechtwinkelig auf dem magnetischen Meridian zu stehen hat; die geringste Veränderung der Intensität oder der Kraft des Erdmagnetismus wird eine Aenderung der Lage des Magnetstabes bedingen, welcher alsdann die Differenz der Kraft des magnetischen Stromes anzeigt und dessen Angaben mit Hilfe eines Gradbogens abgelesen werden können.

Die beständigen Schwankungen der magnetischen Erdströmungen werden an den verschiedensten Orten der Erde Jahr aus Jahr ein

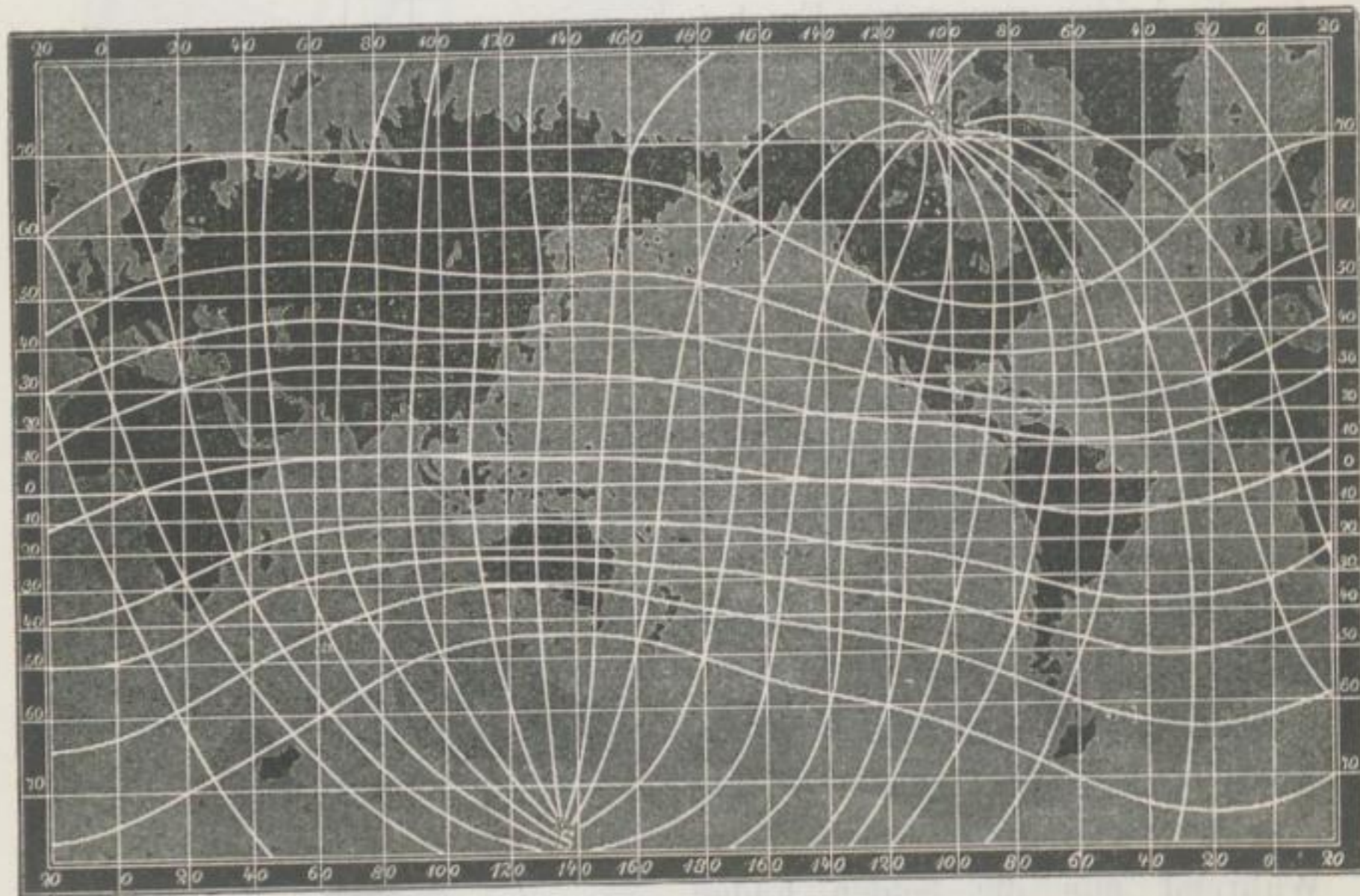


Fig. 90. Verbreitung der magnetischen Strömungen auf der Erde.

beobachtet, um aus der Vergleichung der betreffenden Resultate das Gesetz zu ergründen, von welchem alle diese Erscheinungen abhängig sind. Die an vielen Orten gleichen magnetischen Verhältnisse lassen sich durch bestimmte Kurvenformen auf einer Abbildung der Erdoberfläche darstellen, und man hat auf diese Weise für die Deklination, die Inklination und die Intensität drei verschiedene Kurvensysteme in die Karten eingetragen, welche die isogonischen (gleichwinkeligen), die isoklinischen (gleichgeneigten) und die isodynamischen (gleichkräftigen) Kurven genannt werden (Fig. 90).

Jedoch variiren diese Kurven im Laufe der Jahre mannichfach; so zeigte z. B. in Paris im Jahre 1580 die Magnetnadel $11^{\circ} 30'$

östliche Abweichung, ging dann bis zum Jahre 1814 auf $22^{\circ} 34'$ westlich; seit dieser Zeit ging sie wieder sehr zurück, zeigte in Paris im Jahre 1852 $20^{\circ} 34'$ und am 1. Januar 1876 — mit einem jährlichen Abnehmen von $0^{\circ} 16'$ — 17° westliche Abweichung.

Ausser diesen unaufhörlichen geringen Aenderungen der magnetischen Kräfte, die alle von gleichartigen Ursachen hervorgerufen zu sein scheinen, treten plötzlich hier und da grössere magnetische Störungen auf, welche eine so bedeutende Unruhe und so grosse Ausschläge der Magnetnadel im Gefolge haben, dass man sie magnetische Stürme benannt hat. Diese Stürme pflanzen sich rasch über die ganze Erdoberfläche fort und wirken theils in Form beträchtlicher Hin- und Herbewegungen, theils in Form plötzlicher Stösse auf die Magnetnadel ein. Für die Schifffahrt sind diese magnetischen Störungen deshalb von grosser Bedeutung, weil denselben meist nach einigen Stunden Stürme auf dem Meere folgen. Die magnetischen Observatorien sind oft im Stande, derartige Stürme vorauszusagen und durch Telegramme nach den Hafenplätzen die Schiffe am Auslaufen noch rechtzeitig zu verhindern. Unsere Fig. 91 zeigt eine getreue Abbildung des Photogramms einer magnetischen Sturm-Kurve, wie solche im Jahre 1862 vom 13. Dezember 10 Uhr $24\frac{1}{2}$ Min. Vorm. auf den 14. Dezember 10 Uhr 16 Minuten im Observatorium zu Kew photographisch aufgezeichnet wurde, während die ziemlich gerade laufende mittlere gleichmässiger Linie eine normale Kurve des folgenden Tages (14. Dezember 1862, 10 Uhr 15 Minuten bis 15. Dezember 1862 10 Uhr 6 Minuten) andeutet.

Stein, Das Licht etc. 2. Aufl.

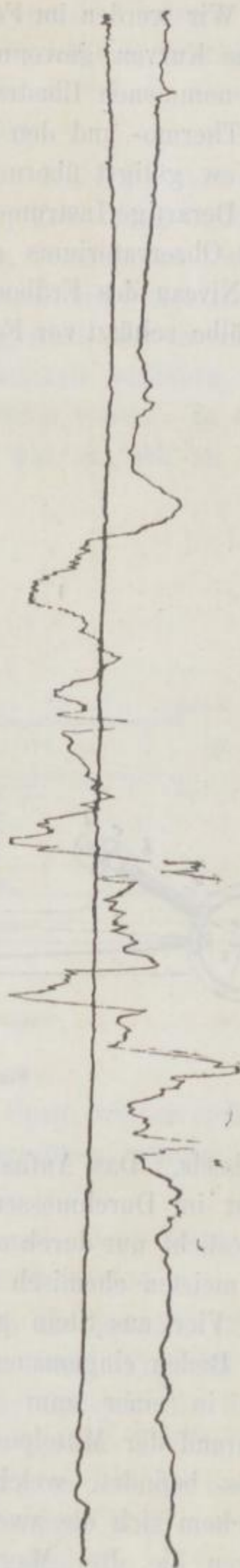


Fig. 91. Magnetische Sturmkurve.

Wir werden im Folgenden die Apparate beschreiben, mit welchen solche Kurven gewonnen werden. Die Originalabbildungen zu den aufgenommenen Illustrationen wurden uns, ebenso wie diejenigen für den Thermo- und den Barographen von der Direktion der Sternwarte zu Kew gütigst übermittelt.

Derartige Instrumente sind daselbst in einem der unteren Zimmer eines Observatoriums aufgestellt, dessen Dach sich nicht viel über das Niveau des Erdbodens erhebt. Ein das Gebäude umschliessendes Gewölbe schützt vor Feuchtigkeit und vor Einwirkung des Temperatur-

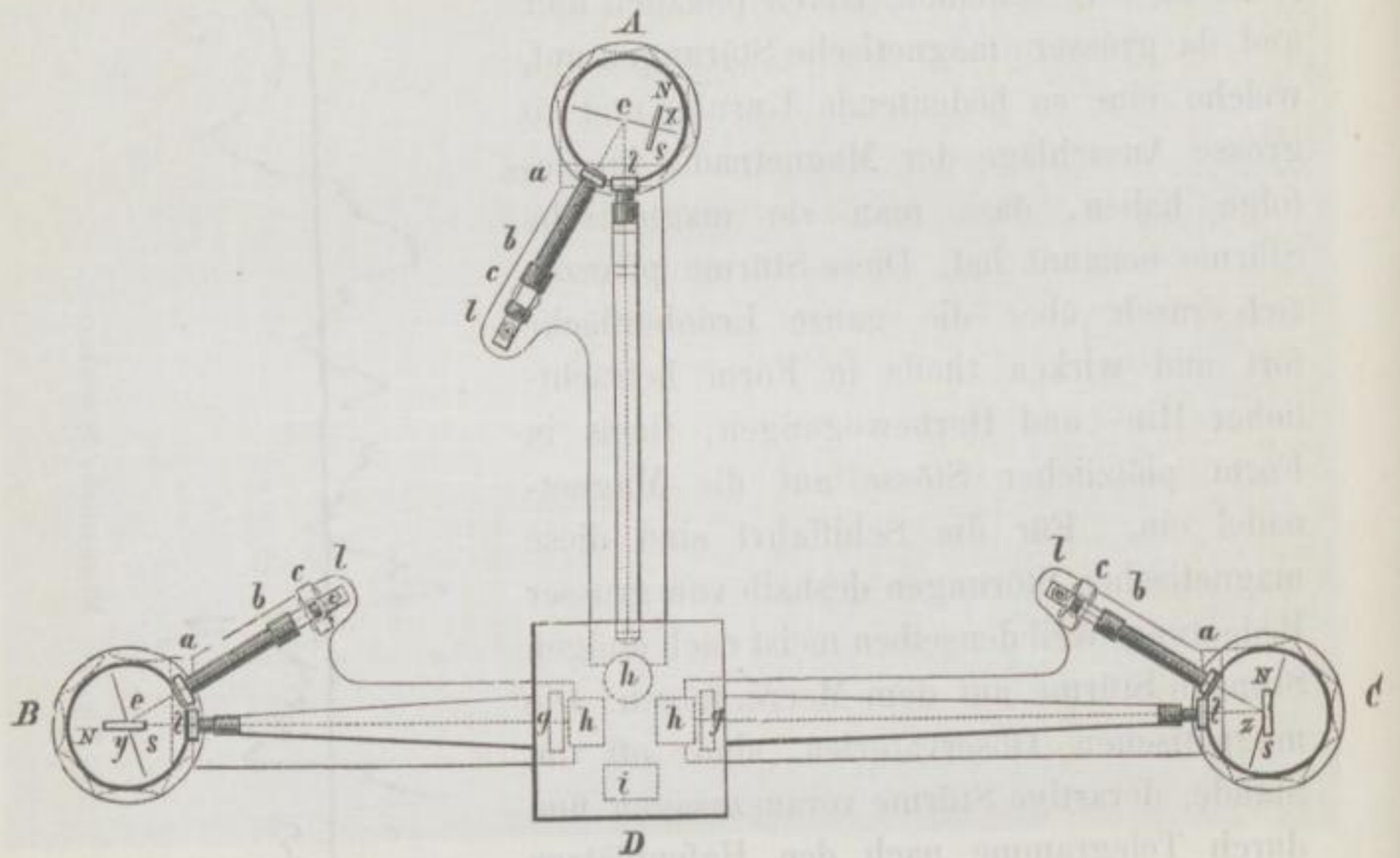


Fig. 92. Grundriss der Magnetographen.

wechsels. Das Aufnahmezimmer hat die Form eines Oktogons, und misst im Durchmesser 7, in der Höhe $5\frac{1}{3}$ Meter. Es erhält das Tageslicht nur durch orangegelb gefärbte Scheiben, welche bekanntlich die meisten chemisch wirksamen Lichtstrahlen ausschliessen.

Vier aus Stein gebaute Säulen *A B C D* (Fig. 92) sind fest in den Boden eingemauert. Die Mittelpunkte der Pfeiler *B C D* befinden sich in einer zum magnetischen Meridian perpendicularen Linie, während der Mittelpunkt des Pfeilers *A* sich in der Linie des Meridians befindet, welche Eigenschaft auch der Pfeiler *D* theilt, in welchem sich die zwei Richtungen kreuzen. Die Säulen *A B* und *C* tragen die drei Magnetographen, die Säule *D* trägt die nöthigen

registrirenden Cylinder und das dieselben bewegende Uhrwerk. In Figur 92 ist der Grundriss der gesamten Vorrichtung ersichtlich, während Figur 93 das Lichtleitungsrohr, welches sich an den drei Magnetographen wiederholt, im Querschnitt zeigt.

In Figur 92 bezeichnet l eine Gasflamme, deren Brenner eine schmale linienförmige, $\frac{1}{100}$ Zoll breite und $\frac{3}{4}$ Zoll lange Oeffnung hat; c ist ein aus 2 sogenannten Ochsenaugen bestehendes Linsensystem, welches das Licht auf einen schmalen Spalt bei b zu sammeln bestimmt ist. Durch diese optische Vorrichtung wird dem in einiger Entfernung befindlichen Lichte dieselbe Wirksamkeit verliehen, die es besäße, wenn es sich dicht am Spalt befinden würde. In d ist ein solcher Spalt in horizontaler Richtung, wie er sich an dem

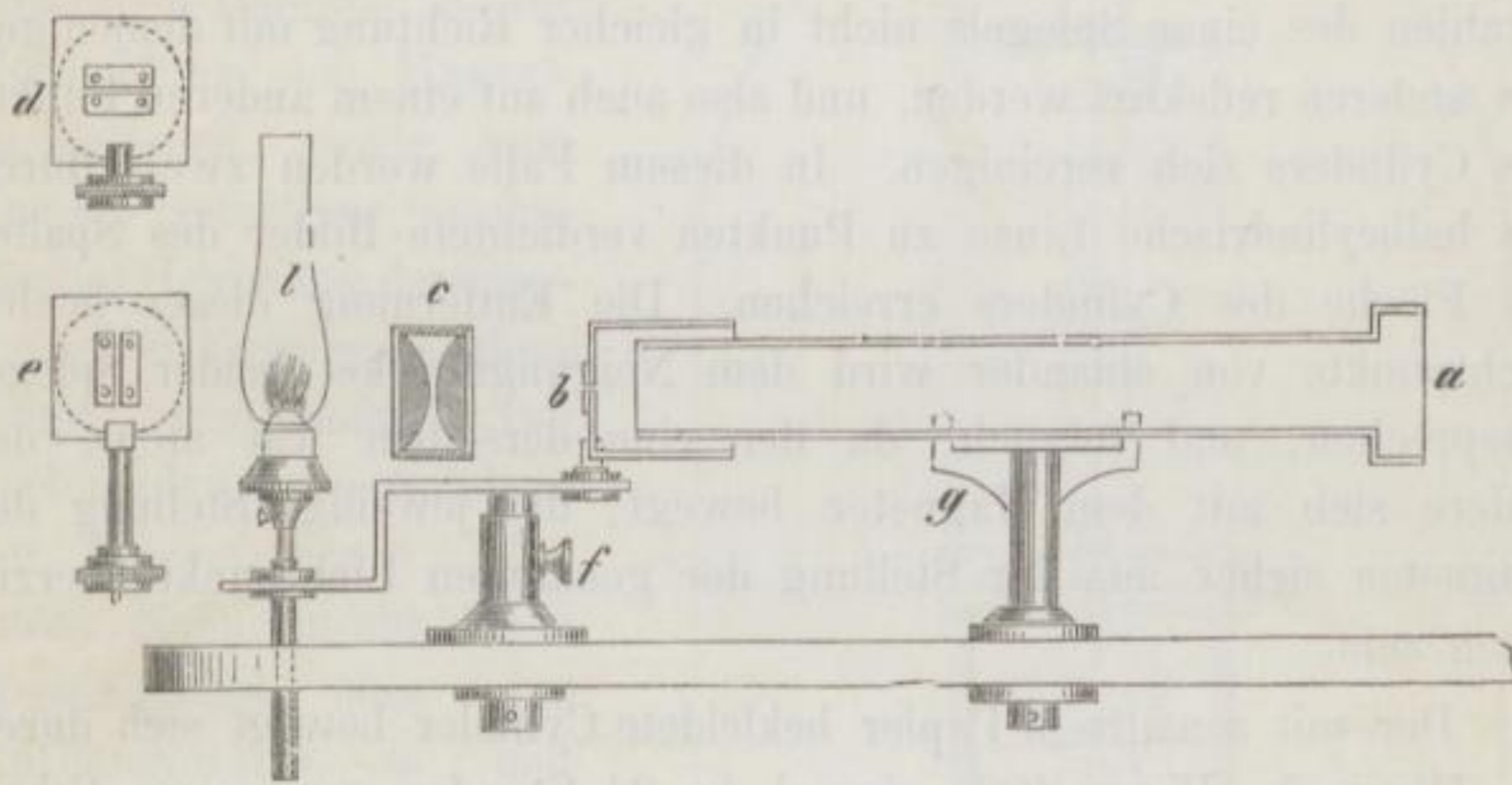


Fig. 93. Lichtleitungsrohr des Magnetographen.

Inklinations-Magnetographen, in e ein vertikaler Spalt, wie er sich an dem Deklinations- und dem Intensitäts-Magnetographen befindet, besonders abgebildet.

Mittels einer Vorrichtung f können Gasflamme, Doppellinse und Spalt einander genähert und von einander entfernt werden.

Das den Spalt passierende Licht geht durch die bedeckte Röhre ba zu einer plankonvexen achromatischen bei a (vergl. Fig. 92) befindlichen Linse, welche es auf zwei halbrunde Spiegel, die ihren Mittelpunkt in e haben, konzentriert. Der untere Spiegel S' (Fig. 94) ist an ein Marmorstäbchen gekittet; der den unteren beinahe berührende obere Spiegel S ist an einem lose aufgehängten Magneten befestigt und bewegt sich mit demselben.

Spiegel e (Fig. 92) verlassen, wird es in der Richtung efg gebrochen, um durch eine bedeckte Röhre fg bis auf die mit sensitivem Papier überzogenen Cylinder h geführt zu werden.

Die Linse f (Fig. 92) hat eine sehr bedeutende Brennweite, sodass die durch den Spalt b gehenden Strahlen erst auf dem Cylinder in einen Punkt vereinigt werden. Um diesen Lichtpunkt zu erhalten, ist die Linse f halbeylindrisch geschliffen, sodass deren Fokus auf dem Cylinder die Strahlen des vertikalen Spalts b in oben genannter Form vereinigt.

Aber nur wenn beide Spiegel S und S' (Figg. 94, 95, 97, 98) sich in einer Ebene befinden, erhalten wir einen Punkt auf dem Cylinder. Ist jedoch die Ebene des einen, festen Spiegels zu der des andern, lose hängenden, in einem Winkel geneigt, so werden die Strahlen des einen Spiegels nicht in gleicher Richtung mit denjenigen des andern reflektirt werden, und also auch auf einem anderen Punkte des Cylinders sich vereinigen. In diesem Falle werden zwei, durch die halbeylindrische Linse zu Punkten verdichtete Bilder des Spaltes die Fläche des Cylinders erreichen. Die Entfernung dieser beiden Lichtpunkte von einander wird dem Neigungswinkel beider Spiegel entsprechen, und folglich, da der eine derselben fest steht, der andere sich mit dem Magneten bewegt, die jeweilige Stellung des Magneten sicher aus der Stellung der genannten Lichtpunkte herzuleiten sein.

Der mit sensitivem Papier bekleidete Cylinder bewegt sich durch ein Uhrwerk (Figur 102) einmal in 24 Stunden um seine Achse, sodass der vom festliegenden Spiegel herrührende Punkt eine gerade, der vom beweglichen herrührende eine den Bewegungen des Magneten entsprechende Kurve beschreiben muss. Da aber die Magnete sich durch horizontal und vertikal wirkende Kräfte unterscheiden, so muss auch hierauf bei der photographischen Darstellung Rücksicht genommen werden.

Die Anordnung der horizontal wirkenden Instrumente gleicht in allen Stücken den vertikal wirkenden mit dem Unterschiede, dass im Deklinations-Magnetographen (Fig. 94 und 95) die Spiegel sich in horizontaler Richtung bewegen, während am Inklinations-Magnetographen (Figur 97 und 98), entsprechend der Bewegung der Magnetnadel, auch die Spiegel sich in vertikaler Richtung drehen.

a. DER DEKLINATIONSMAGNETOGRAPH.

(Figg. 94 und 95)

Der wichtigste Theil dieses Instrumentes ist der an einem mit Wachs getränkten Seidenfaden bei *b* (Fig. 94) aufgehängte Deklinationmagnet *D*; derselbe besteht aus einem rechteckigen 5,4 englische Zoll langen, 0,8 Zoll breiten und 0,1 Zoll dicken Eisenstäbchen, welches mit dem halbkreisförmigen beweglichen Spiegel *S* in Verbindung steht; unter dem letzteren ist der zweite Spiegel *S'* auf einen runden Marmorsockel festgekittet. Beide Spiegel sind mit grosser Sorgfalt glatt geschliffen und bleiben, wenn keine magnetische Bewegung auf sie einwirkt, in einer Ebene. Um den Magneten ist ein viereckiger kupferner Dämpfer *K* zur Vermeidung der Magnetoscillationen, sowie zum Zwecke sofortiger mechanischer Hemmung der magnetischen Bewegung überhaupt, angebracht. Der Seidenfaden, an welchem der Magnet hängt, geht durch einen durchbohrten Messingbügel über eine Aufhängewalze *a* und kann durch einen Drehungszirkel *b* festgestellt werden.

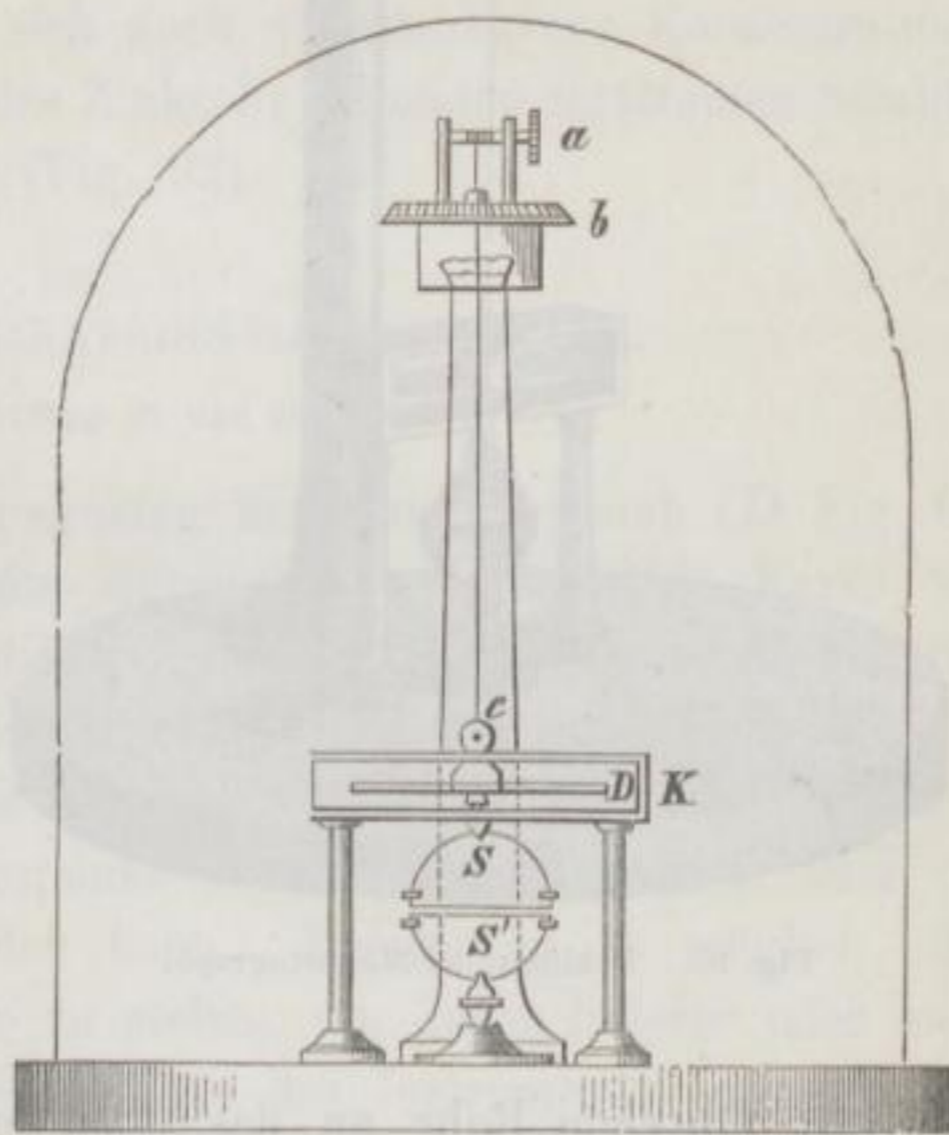


Fig. 94. Deklination-Magnetograph im Aufriss.

Dieser Deklination-Apparat steht ebenso wie die beiden zur Messung der Inklination und Intensität verwendeten Instrumente unter einer Glasglocke, welche auf einem 20 englische Zoll breiten und 1,2 Zoll dicken Marmorblöckchen hermetisch anschliessend aufsitzt. Dieses Glas ist inwendig zum Theil vergoldet, um die mit den hineingeleiteten Lichtstrahlen von aussen eindringende Wärme zu absorbieren, damit feine Luftströmungen, welche ein geringer Temperaturwechsel hervorzubringen im Stande ist, vermieden werden, während ein im Innern des Glasbehälters stehendes, mit Chlorecalciumstückchen gefülltes Gefäss die Feuchtigkeit absorbirt. Der obere nicht vergoldete Theil des Glasbehälters ist von aussen mit einer abnehmbaren Tuchhülle versehen.

Etwas über dem unteren Rande sind in die Glasglocke zwei Oeffnungen eingebohrt; die eine dieser Oeffnungen ist mit einer Konvexlinse ver-

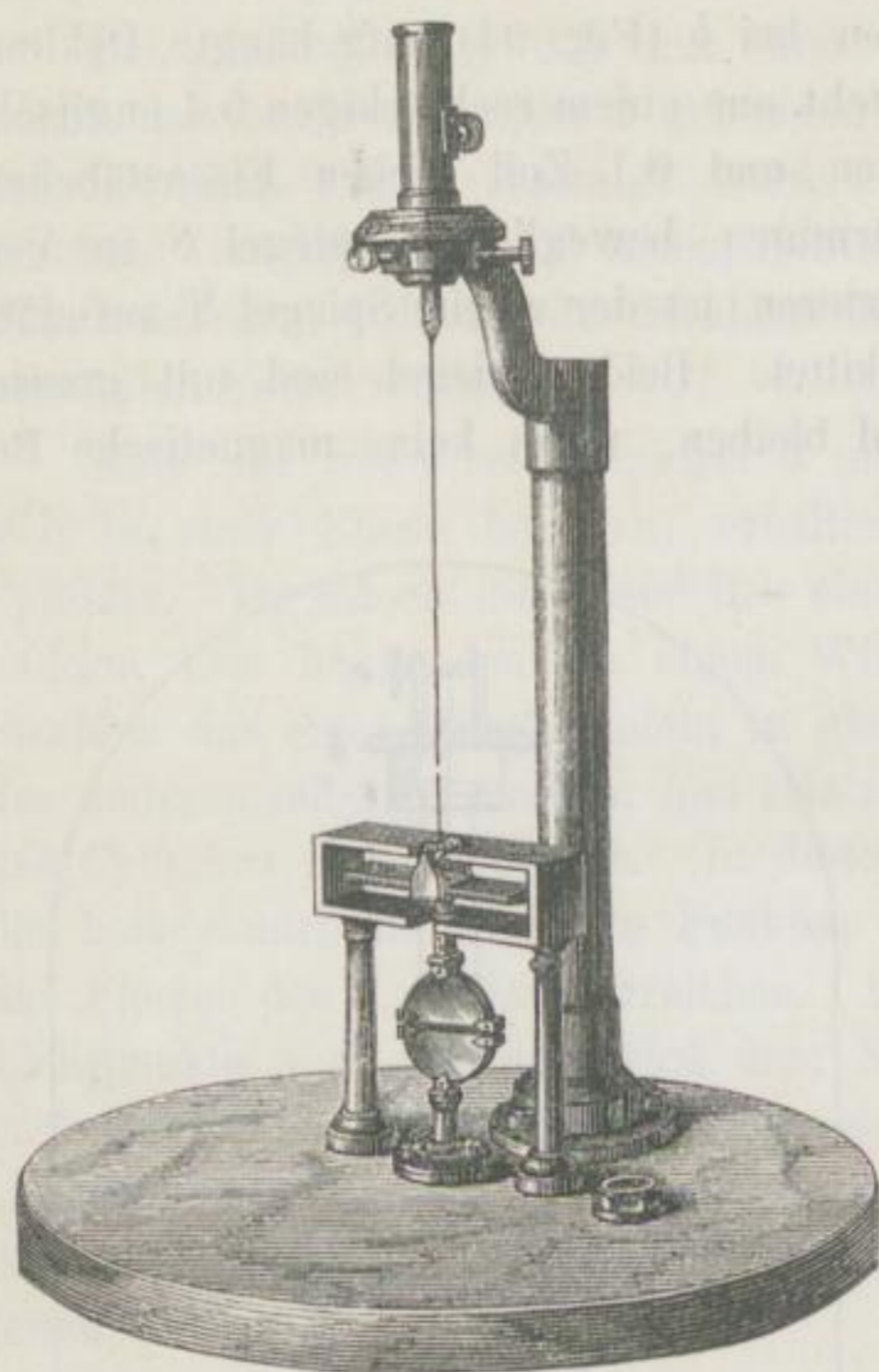


Fig. 95. Deklinations-Magnetograph.

schlossen, während in die andere ein parallelwandiges Glas befestigt ist; die letztere Oeffnung ist nach dem photographischen Apparate, die erstgenannte nach der Lichtquelle gerichtet. Das die Apparate tragende Marmorblöckchen ist auf einen soliden, $1\frac{1}{3}$ Meter hohen Pfeiler von Portland-Zement aufgekittet und in der Gesamtansicht des Deklinations - Magnetographen (Fig. 95) ersichtlich.

Die von der Lichtquelle kommende, oben geschilderte Lichtleitungsrohre (Fig. 93 S. 131) mündet in die mit der Linse geschlossene Oeffnung der Glasglocke ein, während das zu dem photographischen Apparate (*D* Fig. 92

S. 130) führende Rohr an das oben erwähnte parallelwandige Glas grenzt. Man vergleiche hierzu die Abbildung Figur 103.

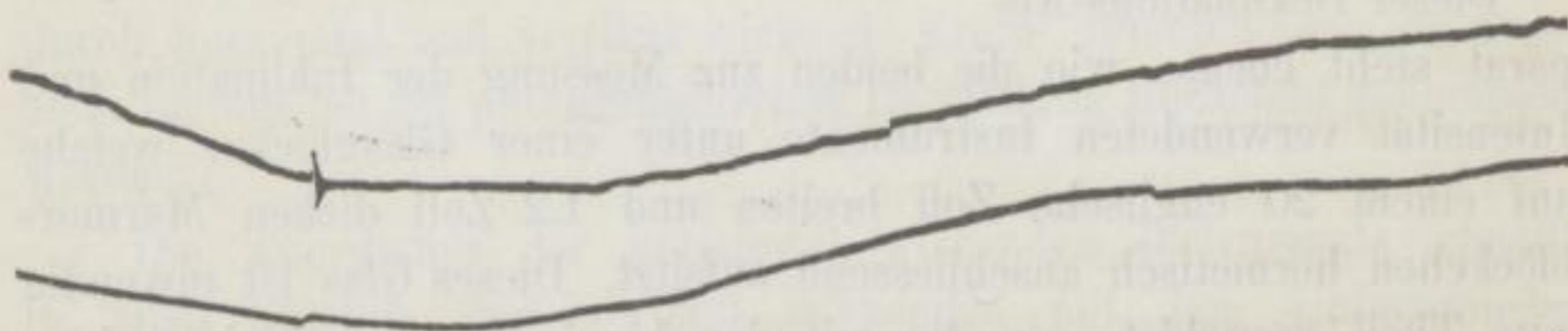


Fig. 96. Deklinationskurven vom 13. August 1859, 10 Uhr 24 Min. Vorm. bis 14. Aug. 10 Uhr 10 Min., und vom 14. Aug. 1859, 10 Uhr 13 $\frac{1}{2}$ Min. Vorm. bis 15. Aug. 10 Uhr 16 Min. Vorm.

Nachdem das Licht (*l* Fig. 93) den Kondensator *c* und den Spalt *b* passirt hat, fällt es auf die halbeylindrische Linse *a* und gelangt von hier aus auf die beiden Spiegel (*e* Fig. 92 S. 130), welche in gleicher Höhe mit der Linse *a* sich befinden und in einem Winkel von 15 Grad

zur Axe des Magneten gestellt sind. Da der Winkel aef (Fig. 92) 30 Grad beträgt und ef perpendicular zum magnetischen Meridian geneigt ist, wird die genannte Stellung des Spiegels nothwendig, um den Strahl ae in der Richtung von ef weiter senden zu können.

Die Entfernung von der Lichtquelle zu dem Spalte b beträgt 6 englische Zoll, von da bis zur Linse a 17,7 Zoll; von der Linse zum Mittelpunkt des Spiegels 8,1 Zoll; das die Zinkröhre fg , welche den Pfeiler des Deklinations-Magnetographen mit dem Centralpfeiler verbindet, passirende Licht hat einen Weg von 78 Zoll zu durchsetzen; es beträgt demnach die Entfernung von der Lichtquelle bis zu dem sensitiven Papiere 109,8 Zoll englisches Mass. 1,2 Zoll vor dem sensitiven Papiere befindet sich noch die plankovexe Konzentrationslinse g , welche alle durch das Zinkrohr tretenden zerstreuten Strahlen auf einen Punkt konzentriert (Fig. 92).

b. DER INKLINATIONS-MAGNETOGRAPH.

(Figg. 97 und 98.)

Ein dem Deklinationsmagneten analoger Eisenstab (D Fig. 97) wird bei diesem Instrumente durch eine messerartige Kante von Stahl, welche in einer Achattrinne balancirt, in Gleichgewicht gehalten (a Fig. 97). Der Magnet ist an einer Seite mit einer horizontal, an der anderen Seite mit einer vertikal wirkenden Schraube versehen, mittels welcher der Schwerpunkt mehr nach der einen oder der anderen Seite verlegt werden kann. Ebenso ist es möglich, den Magneten hoch oder niedrig zu stellen, um durch freieres oder mehr gehemmtes Schweben die Sensibilität des Instrumentes erhöhen und vermindern zu können.

Die Schrauben sind so gestellt, dass der Schwerpunkt des Magneten in dessen Südseite liegt, welches Uebergewicht theils durch die magnetische Kraft, welche danach strebt das nördliche Ende herunter zu ziehen, neutralisirt, theils durch ein gegen Norden horizontal herausstehendes Stückchen Messing ausgeglichen wird. Angenommen das Ganze stünde bei einer gewissen Temperatur im Gleichgewicht, so würde durch die grössere Ausdehnungsfähigkeit des Messings das Gewicht an der Nordseite sich schneller senken als dasjenige an der südlichen. Es wird also ein leichtes Uebergewicht stattfinden, und dieses kann so eingerichtet werden, dass es in grossem Masse den Ausfall magnetischer Kraft, welcher durch die Vermehrung der Temperatur hervorgebracht wird, neutralisirt. Die Ebene des

Inklinations-Magneten befindet sich 15 Grad ausserhalb des magnetischen Meridians.

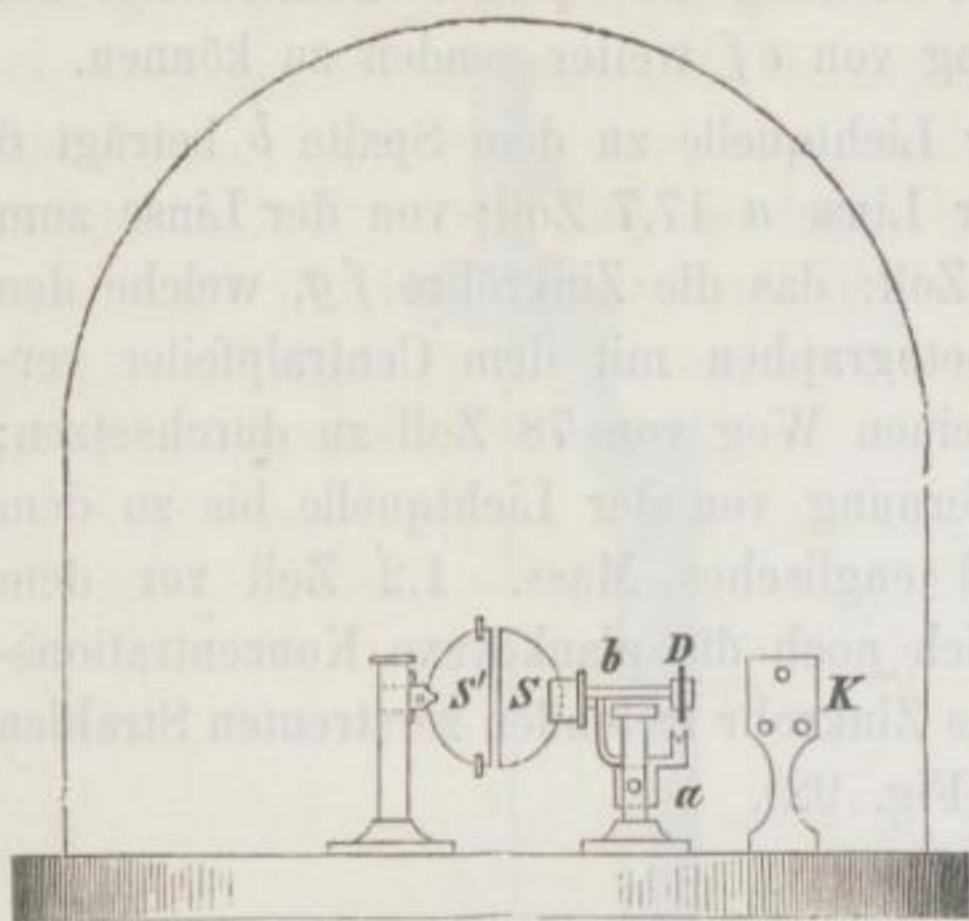


Fig. 97. Aufriss des Inklinations-Magnetographen.

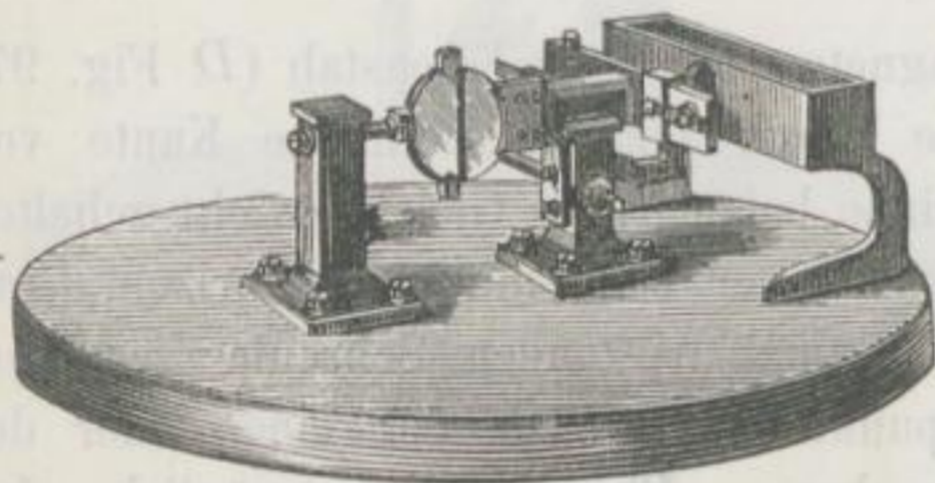
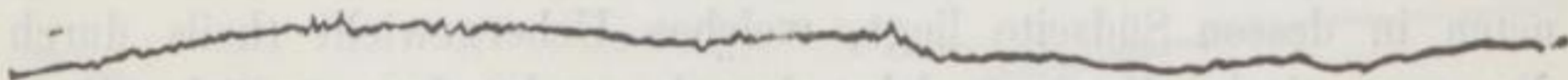
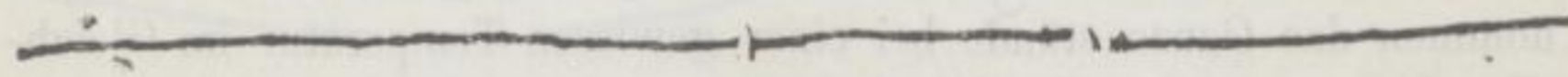


Fig. 98. Ansicht des Inklinations-Magnetographen.

netographen. Alle anderen Einrichtungen sind ganz dieselben wie bei dem vorigen. Die Entfernung zwischen Spalt und Linsen beträgt



Kurve vom 9. August 1859 10 Uhr 21 Min. Vormittags bis
10. August 1859 10 Uhr 10 Min. Vormittags.



Kurve vom 10. August 1859 10 Uhr 13 Min. Vormittags bis
11. August 1859 10 Uhr 10 Min. Vormittags.

Fig. 99. Inklinationskurven oder Kurven der vertikalen Kraft.

17,6 Zoll, zwischen Linse und Spiegel 8,1 Zoll, zwischen Spiegel und Cylinder 6'.

Der Doppelspiegel dieses Instruments bewegt sich zur Hälfte *S* (Fig. 97) mit dem Magneten, während der Spiegel *S'* befestigt ist. Vermittels eines Hebels kann der Magnet, wenn nöthig, von aussen aus seiner balancirenden Stellung gebracht werden. — Innerhalb der Glashüllen dieser Instrumente sind Thermometer angebracht, durch welche die Temperatur genau bestimmt werden kann. An diesem Magnetographen ist der Lichtspalt horizontal (*d* Fig. 93), die halb-cylindrische Linse und der Cylinder vertikal. Der Brenner der Flamme ist doppelt so gross, als der der beiden anderen Mag-

c. DER INTENSITÄTS-MAGNETOGRAPH.

Dieses Instrument ist in Fig. 100 dargestellt. Magnet, Spiegel und Linse sind in jeder Beziehung gleich denen des oben beschriebenen Deklinations-Magnetographen, und besteht seine Eigenthümlichkeit nur in der Art der Aufhängung des Magneten. Ein am Rande ausgehöhltes Rad von 0,3 Zoll im Durchmesser ist mit seiner Axe zwischen den Tragfäden so befestigt, dass die Ebene des Rades sich in der Längsrichtung des Magneten befindet.

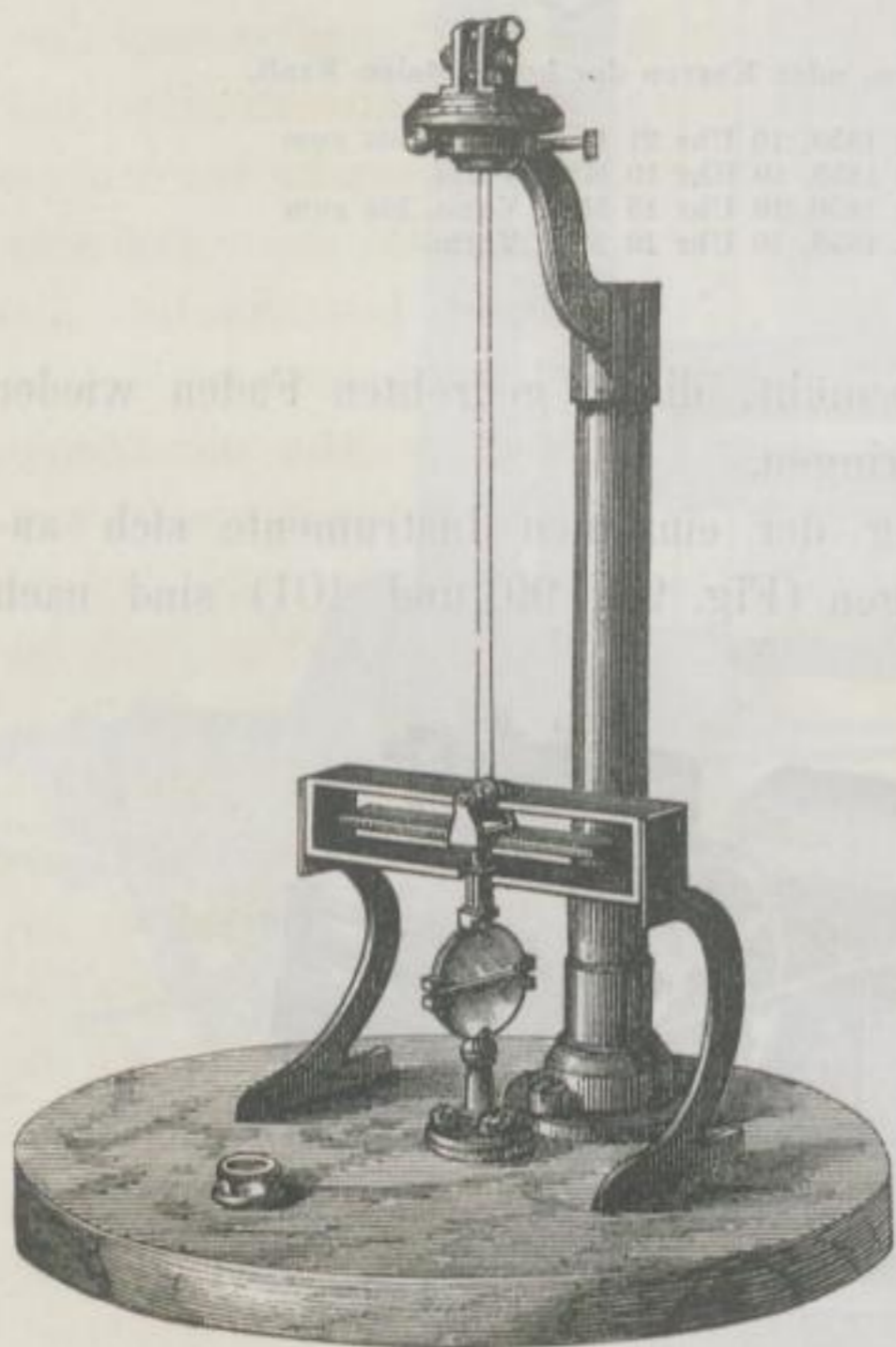


Fig. 100. Intensitäts-Magnetograph.

Die Aufhängefäden bestehen aus Stahldraht, welcher sich bekanntlich nur sehr wenig ausdehnt. Dieselben sind um das Rad gewunden, und beide Enden oben an der Aufhängerolle so befestigt (Fig. 89 S. 127), dass sie etwas oberhalb dieser Rolle in eine Schraube einmünden, welche, wenn sie nach rechts gedreht wird, den einen, wenn sie nach links gedreht wird, den anderen Draht berührt. Es kann dadurch die Entfernung zwischen beiden Drähten so verändert werden, dass die Drähte dem Durchmesser des Rades ent-

sprechend sich von einander entfernen und ihrer ganzen Länge nach aus einander stehen.

Angenommen, der Magnet befände sich in der Richtung des magnetischen Meridians. Nun drehen wir den Drehungszirkel so, dass der Magnet eine zum magnetischen Meridian rechtwinkelige Stellung einnimmt. Um dieses zu erreichen, müssen wir den Drehungszirkel um einen Winkel drehen, der grösser als 90 Grad ist, folglich wird die Ebene der Drähte oben verschieden von der Ebene der Drähte weiter unten sein. Die Differenz beträgt ungefähr $35^{\circ} 56'$.

Der Aufhängefaden hat eine Länge von 11,6 Zoll. Wenn nun der Lichtstrahl in der Richtung ae (Fig. 92) auf den Spiegel fällt, so muss er auch hier in der Richtung ef auf das sensitive Papier weiter geworfen werden, und er wird seine Richtung ändern, je nachdem

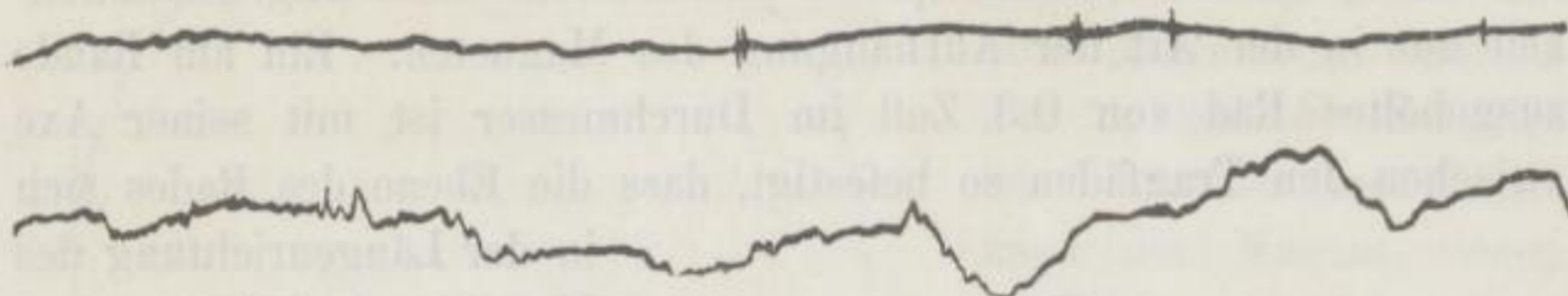


Fig. 101. Intensitätskurven, oder Kurven der horizontalen Kraft.

Oben: vom 9. August 1859, 10 Uhr 21 Min. Vorm. bis zum
10. August 1859, 10 Uhr 10 Min. Vorm.
Unten: vom 10. August 1859, 10 Uhr 13 Min. Vorm. bis zum
11. August 1859, 10 Uhr 10 Min. Vorm.

die magnetische Kraft sich bemüht, die 2 gedrehten Fäden wieder in die parallele Stellung zu bringen.

Die an die Beschreibung der einzelnen Instrumente sich anschliessenden Kurvenabbildungen (Fig. 96, 99 und 101) sind nach

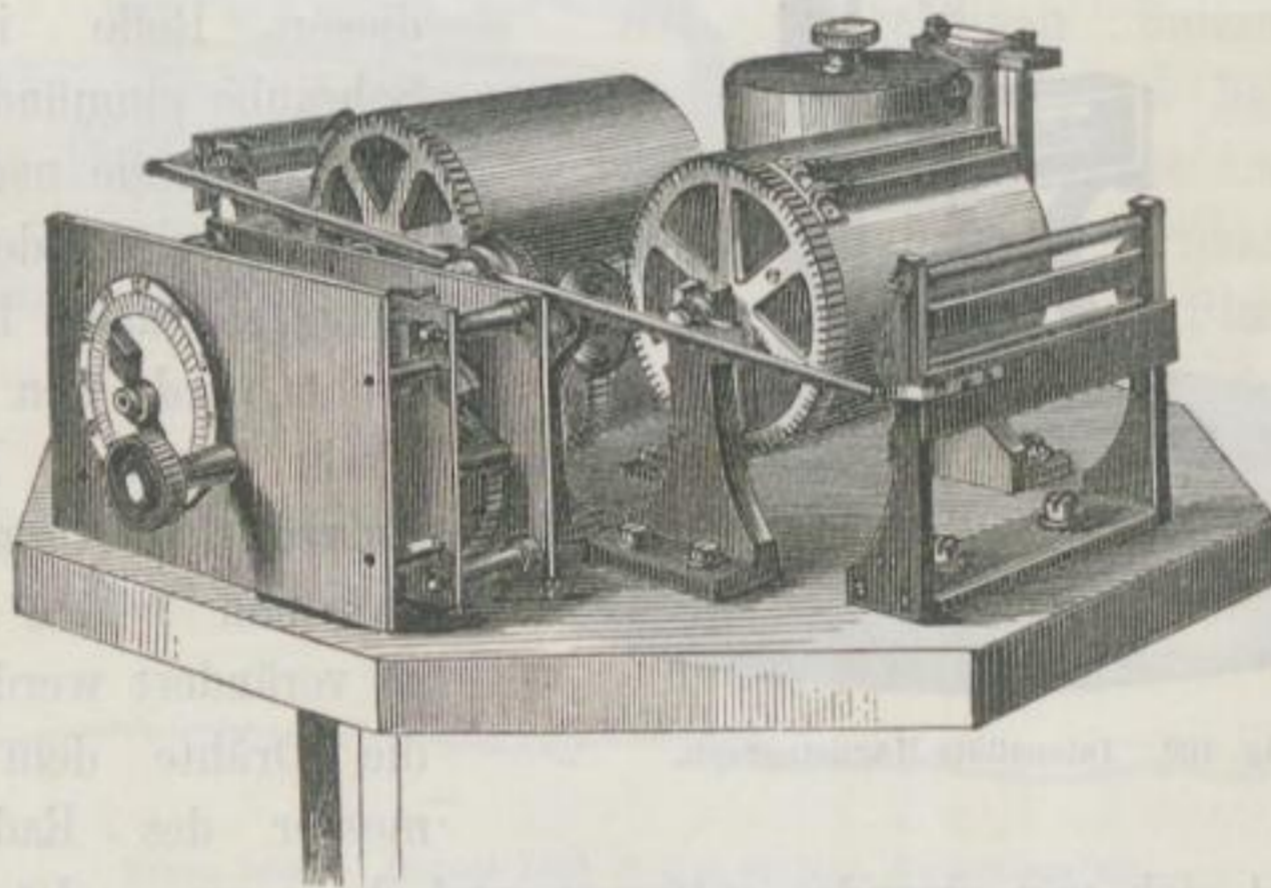


Fig. 102. Uhrwerk des Instrumentes mit 3 Walzen.

den photographischen Originalkurven, welche eine Länge von 18 Zoll haben, verkleinert.

Figur 102 giebt eine genaue Darstellung des photographischen Uhrwerks; die drei Cylinder, von je $6\frac{1}{2}$ Zoll Länge und 6 Zoll Durchmesser, sind mit einer fein polirten Silberschicht bedeckt. Das Uhrwerk dreht durch übersetzende Räder die Cylinder in 24 Stunden

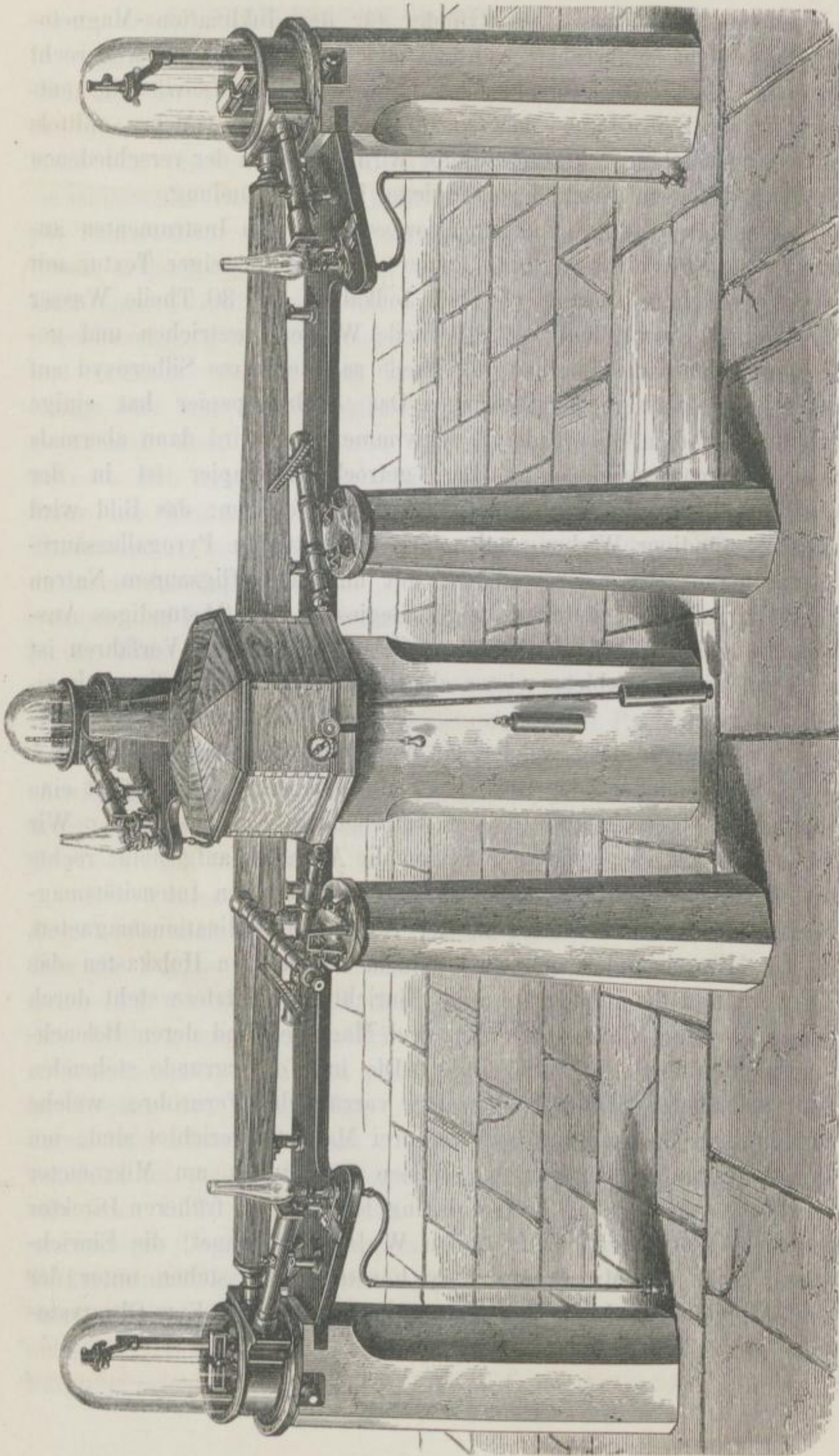


Fig. 103. Gesamtansicht der Magnetographen zu Kew.

einmal um ihre Axe. Der Cylinder für den Inklinations-Magnetographen steht senkrecht, während die beiden anderen wagerecht befestigt sind. Die verschiedene Lage derselben, sowie die entsprechende Befestigung des sensitiven Papiers, welches mittels silberner Querstangen festgeschraubt wird, finden in der verschiedenen Stellung der oben geschilderten Spiegel ihre Begründung.

Was den photographischen Prozess bei diesen Instrumenten anlangt, so wird ein geeignetes Papier von gleichmässiger Textur mit einer gemischten Lösung (1 Theil Jodkalium auf 30 Theile Wasser zu 1 Theil Bromkalium auf 22 Theile Wasser) bestrichen und getrocknet, dann im Silberbade (3 Theile salpetersaures Silberoxyd auf 30 Theile Wasser) sensibilisirt. Das Jodbrompapier hat einige Minuten auf dem Silberbade zu schwimmen und wird dann abermals zum Trocknen aufgehängt. Das getrocknete Papier ist in der oben erwähnten Weise an die Cylinder zu befestigen; das Bild wird nach 24stündiger Wirkung mit einer konzentrirten Pyrogallussäurelösung hervorgerufen, gewaschen, mit unterschwefligsaurem Natron (1 : 4) fixirt, dann durch fleissiges Begiessen und 24stündiges Auswässern gereinigt. Das einfachere Gelatine-Bromsilber-Verfahren ist auch auf diesem Gebiete wissenschaftlicher Arbeit neuerdings eingeführt worden.

Unser Figur 103, welche wir der Güte des Herrn Samuel Jeffery, Superintendent des Kew-Observatoriums, verdanken, giebt eine vorzügliche Gesamtansicht der betreffenden Einrichtungen. Wir sehen hier auf vier steinernen Säulen die Apparate aufgestellt: rechts vom Beschauer den Deklinationsmagneten, links den Intensitätsmagneten und im Hintergrunde in der Höhe den Inklinationsmagneten, in der Mitte befindet sich unter einem achteckigen Holzkasten das Uhrwerk und die photographische Einrichtung. Letztere steht durch gedeckte eckige Röhren mit den drei Magneten und deren Beleuchtungsvorrichtungen in Verbindung. Die im Vordergrund stehenden zwei schmälern Säulen tragen drei vorzügliche Fernrohre, welche zur direkten Beobachtung auf die drei Magnete gerichtet sind, um die photographischen Kurven mit den Ablesungen am Mikrometer vergleichen zu können. Die Abbildung ist von dem früheren Direktor des Kew-Observatoriums Mr. John Welsh gezeichnet; die Einrichtungen sind von Mr. R. Beckley konstruirt und stehen unter der kontrollirenden Direktion des Magnetbeobachters am Kew-Observatorium Mr. G. M. Mipple.

5. PHOTOGRAPHIE IN DEN MEERESTIEFEN.

Auch die Temperatur in den Tiefen des Meeres, sowie die Richtung der Meeresströmungen wird nach Angabe des Vorstandes des Hydrographischen Bureaus in Berlin, Dr. Neumeyer's, mit Hilfe von photographischem Papiere bestimmt. In einer grossen verschlossenen Büchse von Kupfer befinden sich eine Magnetnadel, ein Thermometer und eine elektrische Batterie. Sowohl dem Thermometer entlang, als auch rund um die Windrose der Magnetnadel läuft eine Geissler'sche mit Stickstoff gefüllte Glasröhre, welche beim Durchgang des elektrischen Stroms mit violetterm Lichte leuchtet und dadurch eine äusserst kräftige photographische Wirksamkeit besitzt oder eine kleine elektrische Glühlichtlampe.

Hinter dem Thermometer, gegenüber der beleuchteten Röhre, befindet sich eine Rolle mit Lichtpauspapier. Dieses bräunt sich unter dem Einflusse des elektrischen Lichtes. Das Quecksilber des Thermometers lässt das Licht nicht durch, unmittelbar dahinter bleibt demnach das Papier weiss. Man ersieht also aus der Stelle, bis zu welcher das Papier geschwärzt ist, wie der Stand des Quecksilbers in der Tiefe gewesen und berechnet daraus die Temperatur.

Den Stand der Magnetnadel erfährt man ebenso. Unter der Nadel liegt ein zweites Stück lichtempfindlichen Papiers und an der Nadel selbst befindet sich ein kleines Brennglas, welches das sich entwickelnde elektrische Licht auf das Papier konzentriert, wodurch der Stand der Nadel photographisch markirt und die Nordrichtung derselben stets fixirt wird.

Der ganzen Büchse entlang ist ausserhalb ein fahnenartiger Ansatz, der ähnlich wie ein Steuer wirkt, befestigt, welcher veranlasst, dass die Büchse sich im Wasser immer der Stromrichtung parallel stellt. Da die Magnetnadel sich immer nach Norden dreht, so ist ihre Stellung zum Ansatzstück der Büchse in verschiedenen Lagen eine veränderliche; auf dem photographischen Papier ist die Richtung, in welcher der fahnenartige Ansatz an die Büchse befestigt ist, durch eine Linie bezeichnet. Wird nun der Apparat in das Meer versenkt, so giebt der photographirte Winkel, den die Magnetnadel mit jener Linie bildet, genau die Stromrichtung, das theilweise geschwärzte Papier die Temperatur in den Meerestiefen an. Das Stickstofffunkenlicht, obgleich schwach für das Auge, wirkt photochemisch doch so kräftig, dass schon nach 3 Minuten das Papier merklich gebräunt ist. Mittels des modernen Glühlichts wird die Färbung rascher, intensiver, und mit einfacheren Mitteln erzielt.

Ausserdem hat ein Mr. Bazin unter Wasser Photographien dargestellt, indem er mit Hilfe des elektrischen Lichtes den Meeresboden direkt beleuchtete. Sein photographisches Atelier bestand aus einem Kasten von starkem Eisenblech, der kreuzweise verankert war, und das Licht durch linsenförmige, wasserdichte Fenster einliess. Er konnte etwa zehn Minuten lang bequem in demselben verweilen. Mr. Bazin hat in einer Tiefe von nahezu 100 Meter gearbeitet und scharfe, gut ausgeführte Photographien geliefert, die darauf berechnet waren, die Wiedererlangung versunkener Gegenstände zu ermöglichen.

Auch ein englischer Ingenieur E. G. Carey versuchte auf dem Meeresgrunde Photographien in einer Taucherglocke vorzunehmen, die ihm jedoch infolge des nebligen Dunstes, welcher sich in der Glocke entwickelte, trotz des höchst intensiven elektrischen Lichtes von drei Bogenlampen zu je 1200 Kerzen nicht gelungen sind. Um das Desiderium erfüllt zu sehen, direkte Photographien vom Meeresboden zu erlangen, müssten unbedingt, was nicht zu den Unmöglichkeiten gehört, Objektive konstruirt werden, welche der Verschiedenheit der Brechungsverhältnisse von Wasser und Luft Rechnung tragen. Dann dürfte die unterseeische Photographie für die Wissenschaft von hoher Bedeutung werden. An der unteren Seite einer wasserdicht geschlossenen Kamera wäre ein in erwähnter Weise konstruirtes, möglichst weitwinkliges Linsensystem anzubringen, welches auf Gegenstände von bestimmter Entfernung scharf einzustellen wäre, sodass die in einer Entfernung von z. B. 3 Metern befindlichen Gegenstände auf der dem Objektiv gegenüber liegenden empfindlichen Platte scharf aufgenommen würden. An den unteren vier Ecken des Kastens wären etwas über 3 Meter lange, nach unten auseinandergehende eiserne Stangen anzubringen. Zwischen je zwei Stangen wäre je eine grosse Glühlichtlampe von mindestens 50 Kerzenstärken (Bernstein-Glühlichtlampe Bd. I. S. 150) anzubringen, deren wohlisolirte Leitungen nach oben führen müssten. Würde nun eine derartige Vorrichtung, genügend beschwert, senkrecht in das Meer versenkt, sodass die vier eisernen Stützen, auf dem Meeresboden angelangt, fest stehen bleiben müssten, so könnten in dieser Weise einfach durch Drücken auf einen Kontakt, welcher die 4 Glühlampen zum Leuchten bringt, Photographien vom Meeresgrunde aufgenommen werden, ohne dass man einer Taucherglocke bedürfte oder dass ein Mensch mit in die Tiefe sich hinabzulassen genöthigt wäre. Auch das Oeffnen und Schliessen des Objectives könnte mit Leichtigkeit auf elektromagnetischem Wege bewerkstelligt werden.

6. PHOTOGRAPHISCHER FLUTENMESSER.

An vielen Küstenplätzen wird das Fallen und Steigen des Meeres bei Ebbe und Flut genau nach Ablesung des Pegels registriert. Automatische Registrirungen durch einen selbstschreibenden Flutenmesser dagegen sind noch an den wenigsten Seeplätzen eingeführt, und doch sind derartige Notizen für die Schifffahrt von höchstem Werthe. Nur an einigen Nord- und Ostseehäfen, sowie besonders am Adriatischen Meere wird die veränderliche Meereshöhe durch selbstthätige Aufzeichnungsapparate notirt. Längs der ganzen Ostküste des Adriatischen Meeres sind nämlich Flutenmesser aufgestellt, welche mit Hilfe eines Zahnrades und eines Stiftes auf einem sich in 24 Stunden einmal um seine Axe drehenden Cylinder eine Flutkurve aufzeichnen.

Der in unserer Figur 104 dargestellte Flutenmesser ist insoweit bekannten derartigen Apparaten gleichartig, als beide eines senkrecht stehenden Rohres bedürfen, welches mit dem Meere in kommunizirender Verbindung steht, sodass das Wasser im Rohre mit dem Meeresspiegel stets auf gleicher Höhe sich befindet. Unser Apparat besteht aus zwei Theilen, *A*, dem schon länger bekannten durch das Wasser sich bewegenden Radgetriebe und *B*, der photographischen Registrirungsvorrichtung. Ein Schwimmer *g* steigt und fällt mit dem Steigen und Fallen des Wassers. Ein um das Rad *A* geschlungenes getheertes Seil oder Kette *ybc* ist bei *y* an dem Schwimmer befestigt und trägt bei *x* ein Gewicht zum Ausgleiche der Eigenschwere des Schwimmers. Die Bewegung des Schwimmers wird auf das Rad *A* und von diesem mittels eines kleinen Zahnrades *z* auf eine horizontal in einer Führung auf Rollen laufende gezähnte Schiene *rs* übertragen. Mit dieser Schiene ist ein Stab *og* fest verbunden. An diesem Stabe ist bei den bisher gebräuchlichen nach der Angabe von Dr. F. Schaub konstruirten Flutenmessern ein Zeichenstift *g* angebracht, während bei unserem Instrumente an dieser Stelle sich eine photographische Vorrichtung befindet (Fig. 104 *g*), welche mit der an dem Magnetographen angebrachten Beleuchtungsröhre (Fig. 93) identisch ist. Der Stab *og* ist bei *g* mit einer Schiebevorrichtung *mn* (Jalousie) fest verbunden, welche in dem Masse mit dem Stabe sich hin- und herschiebt, als die Triebstange *rs* durch das Steigrad *A* bewegt wird. Die Beleuchtungsvorrichtung ist in der Gesamttansicht der Deutlichkeit halber weggelassen; man hat sich diese Vorrichtung bei *g* wagrecht gegen *mg* befestigt zu denken. Sie ist im Querschnitt in Figur 104 bei *G* abgebildet und besteht aus einer hellen Argandischen Gaslampe oder einer elektrischen Glühlichtlampe *f*, die durch

Vermittlung des Reflektors *h* und des Kondensators *i* ihr Licht konzentriert auf die Linse *l* wirft; der Brennpunkt der letzteren liegt dicht vor dem Ring *t*, welchen man sich in der Hauptzeichnung bei *g* angenietet zu denken hat. Hinter dieser Beleuchtungseinrichtung

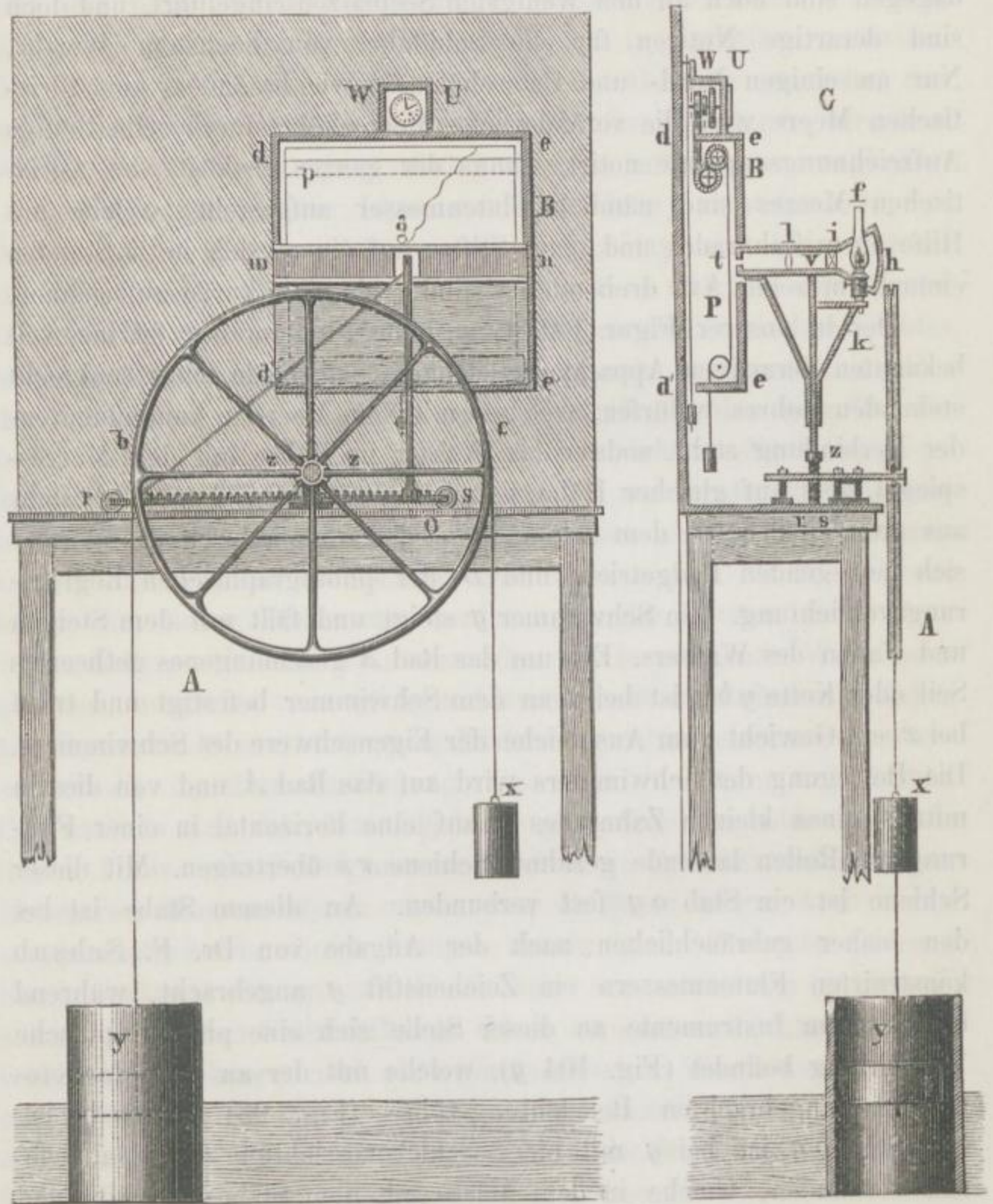


Fig. 104. Photographischer Flutenmesser.

befinden sich in einem Kasten zwei durch ein Uhrwerk *WU* getriebene Rollen *d—e d'—e'*, über welchen sich ein lichtempfindliches Papier *P* auf- und abwickelt. Auf diesem Papier erscheint das durch *i* und *l* von *f* kommende konzentrierte Lichtstrahlenbündel als scharf kon-

zentrirter Punkt. Wenn sich die Triebstange rs nicht bewegt, d. h. wenn das Wasser eine stationäre Höhe hat, so wird sich auf dem beweglichen Papiere, durch die Wirkung jenes Lichtpunktes, eine gerade Linie abbilden. Steigt oder fällt aber das Wasser, dann geht der Stab go hin und her und mit ihm die ganze photographische Beleuchtungsvorrichtung khl . Es entsteht alsdann statt einer geraden Linie eine photographische Kurve, welche dem Steigen oder dem Fallen des Wassers entspricht. In unserer Zeichnung ist die obere Hälfte der Vorderfläche des in fünffach vergrösserten Verhältnissen gezeichneten Kastens B weggelassen, um die innere Befestigung des rollenden photographischen Papiers zu zeigen. Der Streifen mn ist ähnlich wie bei Schiebeläden (Jalousien) aus einer grösseren Anzahl kleiner auf Rollen laufender Bretchen zusammengesetzt, welche auf einen Lederstreifen aufgeleimt sind und eine sehr leichte Beweglichkeit gestatten. Dieses Breterlädchen zieht sich hinter dem lichtempfindlichen Papier herum und bildet einen geschlossenen Ring, der nur bei g durchbohrt ist, um an dieser einen Stelle das Licht durchzulassen. Die Dimensionen des ganzen Apparates können verhältnissmässig gering sein. Wenn das grosse Rad A z. B. 2 Meter im Durchmesser hat, so entspricht seine einmalige Umdrehung einer Steigung von 6,28 Metern. Ist das gezahnte kleine Rad z den fünfzigsten Theil so gross wie das Rad A , d. h. hat es 4 Centimeter im Durchmesser, so wird es in derselben Zeit den Stab rs um den fünfzigsten Theil von 6,28 Metern verschieben, wenn also das Wasser um 6,28 Meter gestiegen ist, um ca. 12,5 Centimeter. Nehmen wir als höchste Steigung der Flut, abgesehen von Springfluten, 10—12 $\frac{1}{2}$ Meter an, so würde eine Breite des photographischen Papiers von ca. 25 Centimetern zur Aufzeichnung der Flutkurven vollkommen hinreichen und sich die Höhe des Meeresspiegels zu jeder Zeit durch Multiplikation leicht ergeben. Die Zeiten des Steigens und Fallens sind ebenfalls durch Division der Kurve zu erhalten, sobald zu bestimmten Kontrollzeiten ein zu diesem Behufe angestellter Beamter den Kasten öffnet, eine Zeitbezeichnung vornimmt und die Kurvenhöhe mit der gewöhnlichen Pegelhöhe zu der betreffenden Stunde, die er auf der Uhr ablesen kann, vergleicht und aufschreibt. Der Vortheil der angegebenen Vorrichtung beruht nicht nur in der Sicherheit der reibungslosen Schreibweise, sondern besonders auch in dem Umstande, dass man den Apparat wochenlang arbeiten lassen kann, ohne an dessen Einrichtung Etwas zu ändern.

FÜNFTES KAPITEL.

DIE PHOTOGRAPHIE IM DIENSTE PHYSIKALISCHER FORSCHUNG.

I. PHOTOGRAPHISCHES ELEKTROMETER. PHOTOGRAPHIE DES ELEKTRISCHEN FUNKENS UND DES BLITZSTRAHLS.

a. PHOTOGRAPHISCHES ELEKTROMETER.

Zur photographischen Registrirung der elektrischen Spannung in der Atmosphäre hat Francis Ronalds einen sehr geeigneten Apparat angegeben, welcher sich auf dem Observatorium zu Kew befindet.

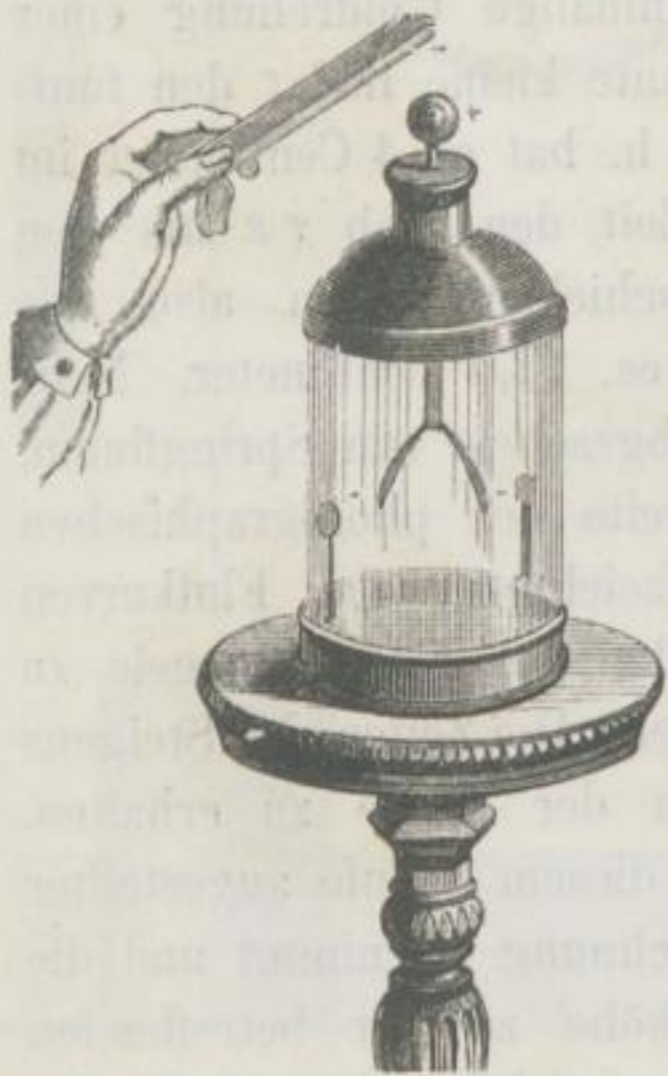


Fig. 105. Elektrometer.

Das gewöhnliche Elektrometer Fig. 105 ist von einem runden Glasgefäße umschlossen, durch dessen mittels Schellackfirniss isolirten Deckel ein geknöpfter Leitungsstab eingefügt ist. An seinem unteren Ende trägt derselbe zwei feine, einen Zoll lange Goldschaumblättchen. Aus dem Grade der Entfernung dieser Goldblattpendel von einander kann man bekanntlich auf die elektrische Spannung in dem Augenblicke schliessen, wo solche dem geknöpften Stäbchen über den Pendeln sich mittheilt. Der Photoelektrograph zu Kew stützt sich in grossem Masstabe auf das nämliche Prinzip.

A (Fig. 106) ist das untere Ende eines dem Konduktor einer Elektrisirmaschine gleichenden Elektrizitätsleiters, welcher mit einer Kupferleitung in Verbindung steht, die bis über das Dach des Gebäudes emporragt, und zugleich nach unten durch die metallische

Verbindung *B* mit den Goldblättchen *C* zusammenhängt. Die letzteren sind, analog dem gewöhnlichen Elektrometer, in einer Glashülle isolirt. Eine sehr wirksame Lichtquelle *D* sendet ihr Licht durch den Spalt *C*, welcher in Wirklichkeit viel enger ist, als auf unserer Zeichnung; in *E* befindet sich ein photographisches Objektiv, welches ein scharfes linienförmiges Bild des Spaltes *C* auf die matte Scheibe *F* wirft; dieses Bild ist von r bis r in Fig. 106 rechts in natürlicher Grösse besonders dargestellt, während die punktirten Linien *nn* die Goldblättchen in einer gewissen Spannung andeuten. Durch die Absperrung des Lichtes an den Seiten des Spaltes werden sich nur die Stellen der Goldblättchen abbilden, welche den Spalt kreuzen. Es werden demnach in demselben Bilde des Spaltes an der Kreuzungsstelle auf der matten Scheibe zwei schwarze Punkte sichtbar werden, die Stellen der Goldblättchen bezeichnend, welche das Licht nicht durchlassen. Wird nun statt der matten Scheibe eine lichtempfindliche Platte eingeschaltet, so würde bei Stillstand des Apparates der Spalt als schwarze Linie mit zwei hellen Punkten

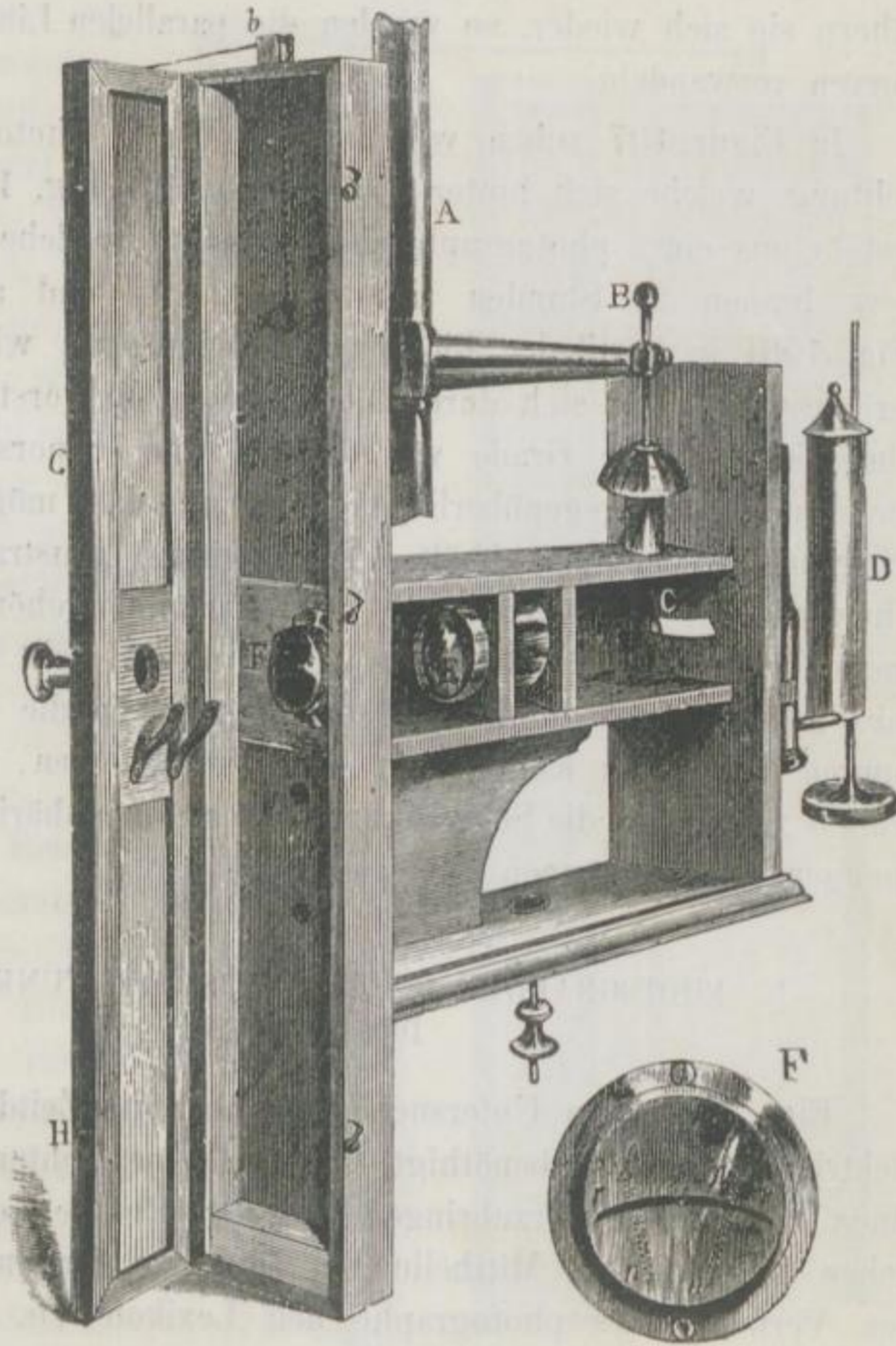


Fig. 106. Photoelektrograph.

sich photographisch abbilden. Da aber die Scheibe in einer vertikalen Richtung während der Aufnahme sich fortbewegt, verwandelt sich das Linienbild in eine schwarze Fläche, auf welcher die zwei hellen Punkte in zwei helle Linien ausgezogen sind. Bleibt die Entfernung der Goldblättchen von einander eine gleichmässige, so werden die Linien parallel laufen; gehen aber die Goldblättchen aus einander und nähern sie sich wieder, so werden die parallelen Linien sich in zwei Kurven verwandeln.

In Figur 107 sehen wir die betreffende photographische Vorrichtung, welche sich hinter der Thüre *GH* (Fig. 106) befindet; sie besteht aus einer photographischen Kasette, welche durch ein Uhrwerk binnen 24 Stunden an dem Objektiv und an der Stelle *F* (Fig. 106) in vertikaler Richtung vorbeigezogen wird. Der Deckel der Kasette öffnet sich durch Anstossen an ein vorstehendes Häkchen allmählich in dem Grade wie die Kasette emporsteigt, wobei die der Thür *GH* gegenüberliegende Wand das möglicherweise eindringende Nebenlicht abhält. Die kleinere Illustration unter dem Uhrwerke der Figur 107 zeigt zwei zusammengehörige Kurven; der querstehende Bügel in der betreffenden Figur stellt einen Messbogen dar, mit welchem durch Auf- und Abschieben die einzelnen Entfernungen der beiden Kurven von einander gemessen, mithin auch von Stunde zu Stunde die Schwankungen der atmosphärischen Elektrizität angehen werden können.

b. PHOTOGRAPHIE DES ELEKTRISCHEN FUNKENS UND DES BLITZES.

Eine Reihe von Untersuchungen über die Zeitdauer, welche ein elektrischer Funken benöthigt, um auf eine lichtempfindliche Platte einen Eindruck hervorzubringen, hat Dr. Feddersen angestellt und geben wir nach den Mittheilungen, die der genannte Beobachter an den Verfasser des photographischen Lexikons Dr. J. Schnaus gemacht hat, Folgendes wieder:

„Der elektrische Funken ist eine momentan leuchtende Linie, die sich mit einem gewissen Knall bildet, aber so rasch nach dem Entstehen auch wieder verschwindet, dass alle früheren Versuche, irgend eine bestimmte Dauer dieser Lichterscheinung anzugeben, misslungen sind.

Der elektrische Funke springt an einer bestimmten Stelle zwischen zwei Metallkugeln über. Diesen Kugeln steht ein Hohlspiegel gegen-

über; die Strahlen des Funkens sind dergestalt abgeblendet, dass sie alle eliminirt werden, bis auf diejenigen, welche den Hohlspiegel treffen und von diesem auf eine matte Glasplatte geworfen werden. Spiegel und Glasplatte sind gegen den Funken so orientirt, dass auf der letzteren im Augenblicke der elektrischen Entladung ein scharfes Bild

des Funkens sich erzeugt. Vertausche ich (natürlich in einem gegen das Tageslicht völlig abgesperrten Zimmer) die matte Glasplatte mit einer empfindlich gemachten photographischen Platte, so wirkt auf diese das Licht einer solchen Entladung, und das Hervorrufen giebt die Lichtlinie des Funkens (ungefähr in natürlicher Grösse). Die Expositionsdauer ist hier die Dauer des ganzen Funkens, Beides jedoch noch unbekannt. Dies zu ermitteln, befindet sich der Hohlspiegel auf einer rasch rotirenden Axe. Entsteht nun bei der Rotation ein Funken, so wird im ersten Augenblicke seines Entstehens der Spiegel eine bestimmte Stellung gegen die Platte haben,

im letzten Moment ebenfalls eine bestimmte, aber andere Stellung. Zwischen diesen beiden Stellungen ist die Dauer des Funkens eingeschlossen. Wenn in beiden Stellungen ein Bild auf die Platte fällt (wie ich es durch besondere Einrichtungen erreicht habe), so muss der ganze Raum zwischen den beiden Bildern successive vom Lichte

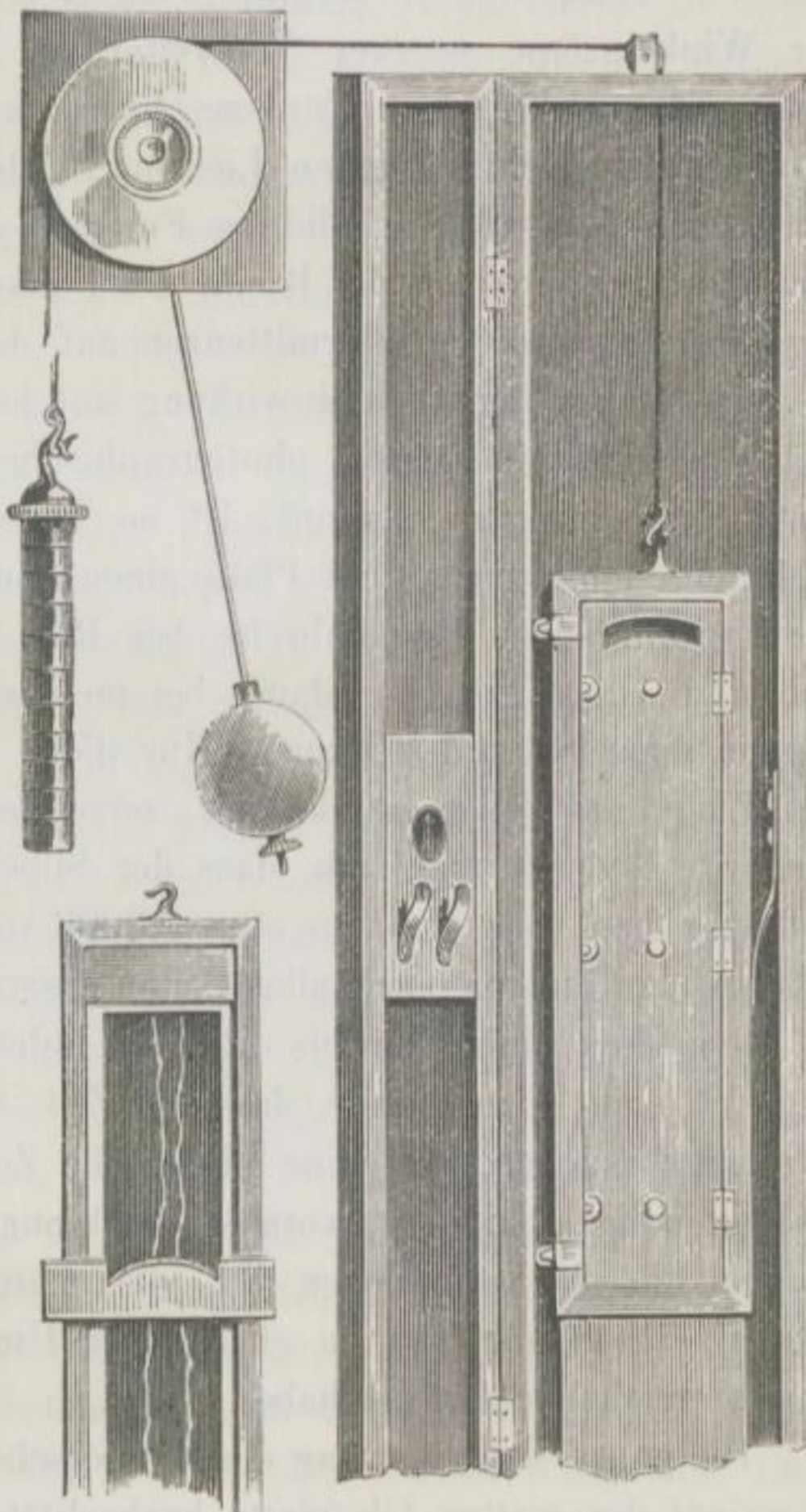


Fig. 107. Bewegliche Kassette zum Photoelektrograph, nebst den elektrischen Kurven.

getroffen werden, weil der Spiegel kontinuierlich aus einer Stellung in die andere übergeht und der elektrische Funken während der ganzen Zeit als leuchtend angenommen wird. Die Folge ist: man sieht den Funken, d. h. die leuchtende Linie, zu einem engen Bande auf der Platte verbreitert, falls überhaupt die Dauer des Funkens gross genug ist, verglichen mit der Rotationsgeschwindigkeit. Diese Bedingung habe ich erfüllt, und die Kenntniss der Rotationsgeschwindigkeit sowie der Winkelgrösse unserer Verbreiterung lässt leicht die Zeit von Anfang des elektrischen Funkens bis zum Ende berechnen. Treten in dem elektrischen Funken Lichtintermittenzen auf, welche längere Zeit wegnehmen, als das Bild des Funkens gebraucht, um einen Raum zurückzulegen, welcher der Breite des Funkens bei Ruhe entspricht, so wird man auch diese Intermittenzen auf der Glasplatte wahrnehmen.

Die Dauer der Lichteinwirkung auf jede Stelle einer anstatt der matten Tafel eingesetzten photographischen Platte, d. h. was man sonst Expositionsdauer nennt, ist so gross als die Zeit, welche das Bild gebraucht, um auf der Platte einen Raum zu durchlaufen, welcher der gewöhnlichen Funkenbreite bei Ruhe gleichkommt. So stellte sich z. B. die Expositionsdauer bei meinen Versuchen als 2—3 Millionstel einer Sekunde heraus. Nur diese ungemein kurze Zeit hatte das Licht auf jeden Punkt der zersetzten Jodsilberschicht wirken können. Bedenkt man nun, dass der Silberspiegel nur 35 Millimeter Oeffnung hat, dass also nur etwa 0,0003 von dem sämmtlichen Lichte, welches der Funken nach allen Seiten ausstrahlt, zur Wirkung kommt, so giebt dies einen Beweis für die hohe Intensität dieses Lichtes. Zugleich sieht man daraus, dass die Zeit, welche die Aetherschwingungen gebrauchen, um eine chemische Zersetzung hervorzubringen, eine unendlich kleine ist, vorausgesetzt nur, dass die lebendige Kraft, welche die Aethertheilchen auf die materiellen Atome übertragen können, damit dieselbe zu chemischer Umlagerung verwandt werde, eine hinreichende Grösse habe.

Die ganze Verbreiterung der Lichterscheinung ist nun, mit blossem Auge auf der matten Glasplatte beobachtet, noch um das Sechs- bis Zehnfache grösser; allein hier ist es, wo die photographische Platte dem menschlichen Auge an Empfindlichkeit weit nachsteht. Die Intensität des Lichtes nimmt gegen das Ende kontinuierlich ab und wird verhältnissmässig schon sehr früh für die empfindliche Jodsilberschicht fast wirkungslos.“ So weit Feddersen's Bericht!

Statt die photographische Aufnahme elektrischer Funken mittels rotirender Spiegel vorzunehmen, habe ich solche direkt ausgeführt

und zwar in der Weise, wie ich solches auch für die Photographie des Blitzes angeben werde. Ich habe vor die Konduktoren einer mit Leydner Flaschen versehenen, grossen Influenzelektrisirmaschine ein 27liniges Doppelobjektiv mit weit ausgezogener Kamera so aufgestellt, dass die Länge des Funkenbildes der wirklichen Entfernung beider Konduktoren von einander entsprach, mithin der Funkenweg in seiner natürlichen Ausdehnung sich abbilden musste. Nun wurde die Elektrisirmaschine in Gang gebracht und es sprangen bei verhältnissmässig rascher Umdrehung sechs Funken in der Sekunde über. Das Zimmer war absolut verdunkelt. Nachdem das Objektiv geöffnet und der Kassettendeckel emporgezogen war, setzte ich die Maschine in Gang und eine Anzahl von zehn Umdrehungen, während deren die Funken in Bruchtheilen einer Sekunde so massenhaft übersprangen, dass man sie nicht mehr einzeln unterscheiden und zählen konnte, genügte etwa 60 Funken zu erzeugen, von denen jeder einzelne auf der photographischen Platte seine Visitenkarte abgegeben hat. Ich benutzte zu diesen Experimenten ebenso wie in neuerer Zeit zu allen meinen photographisch-wissenschaftlichen Arbeiten Dr. Schleussner'sche Trockenplatten, deren Güte und Zuverlässigkeit als unübertroffen zu bezeichnen sind.*) (Vgl. Bd. 1 Seite 267.) Das diesen Mittheilungen beigegebene photographische Bild (Fig. 108) giebt hierfür einen sichtlichen Beweis, indem jeder einzelne Eindruck des auf die Platte übertragenen Funkenblitzbildes 2 bis 3 Millionstel einer Sekunde zur Aufnahme benötigte. Die Grösse des elektrischen Funkens, nicht zu verwechseln mit dem Funkenweg, den unser photographisches Bild zeigt — entspricht der Dicke der Funkenlinie. Es war unser Funke selbst nur etwa $0,0002 \text{ m} = \frac{1}{5} \text{ mm}$ dick, die Raschheit seines Ueberganges ist aber eine so kolossale, dass solche als Linie, d. h. als die Addition aller mathematisch denkbaren Punkte, auf welchen sich der Funke von einem Konduktor zum anderen aufgehalten hat, dem Auge erscheint. Die blitzartigen Linien zeigen den photographirten Weg an, welchen der Funke durch die Luft genommen hat. Der betreffende Weg geht von Konduktor zu Konduktor, ist demnach für seinen Abgangs- und Ankunftspunkt dem Funken vorgeschrieben. Nach der ersten Wegstrecke, etwa einen halben Centimeter vom Konduktor entfernt, bis wohin fast alle Funken den gleichen Weg machen, gehen sie von der graden Linie ab, weil

*) Dr. C. Schleussner, Fabrikant photographischer Trockenplatten, Stiftstrasse 8 zu Frankfurt a. M.

die zwischenliegenden Luft- und Aethertheilchen ihnen einen gewissen Widerstand entgegenzusetzen. Diesen Widerstand muss der Funken überwinden. Die Luft weicht ihm aus, je nach ihrer momentanen durch den Funken selbst hervorgerufenen Kompression, nach oben und unten, nach rechts und links, wodurch einerseits die Zickzackform des Funkens, analog der natürlichen Form des Blitzes entsteht, andererseits der Umstand bedingt wird, dass niemals ein Funken den anderen völlig deckt. Auch können aus gleichem Grunde nicht alle Funken gleich scharf auf der photographischen Platte erscheinen, weil begreiflicher Weise nur auf das Mittel des

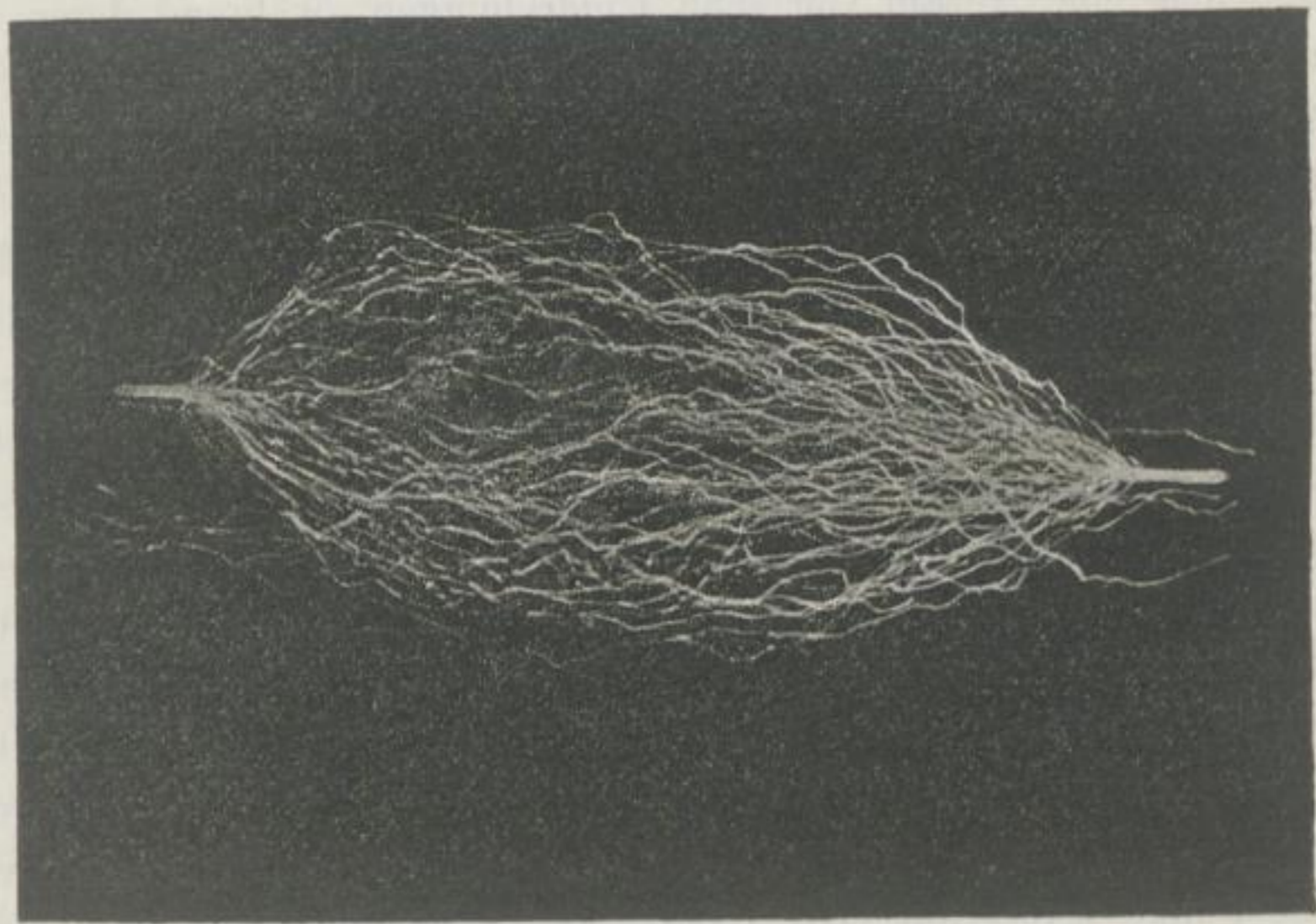


Fig. 108. Photographie elektrischer Funken einer Influenzmaschine.

Funkenweges, den man ja vorher nicht kennt, scharf eingestellt werden kann.

Das in unserer Figur 108 ersichtliche photographische Bild elektrischer Funken giebt uns noch zu einigen weiteren interessanten Beobachtungen Anlass. Es zeigt nämlich rechts eine viel stärkere Lichtwirkung, als links. Die kräftigen Spannungsströme ebenso wie diejenigen eines Ruhmkorff'schen Induktors bewegen sich bekanntlich, was man bei Einschaltung einer Crookes'schen Lichtmühle leicht sehen kann, in der Richtung vom negativen zum positiven Konduktor der Influenzmaschine. Auf unserer Abbildung ist bei Abgang des Funkens aus dem Konduktor die Lichtintensität eine in

ganz eminentem Grade höhere, als in dem Momente, wo er den entgegengesetzten (den positiven) Konduktor erreicht. Demgemäss ist auch die Reduktion der Silbersalze auf der photographischen Platte an der dem negativen Konduktor entsprechenden Seite eine viel bedeutendere; hier wird nach von mir vorgenommenener mikroskopischer Untersuchung der Platte das Silber in dichten Massen molekular abgelagert, während an dem entgegengesetzten Pole die Silberablagerungen bedeutend dünner gesät erscheinen. Die reduzierende Wirkung des Lichtes auf Silberverbindungen tritt nämlich so ein, dass an den Stellen, an welchen das Licht stärker wirkt, eine grössere Masse von Silbermolekülen, in engerer Aneinanderlagerung abgeschieden werden, als an denjenigen Stellen, bei welchen eine geringere Lichtstärke die lichtempfindliche Platte trifft. Legt man irgend ein photographisches Negativ unter das Mikroskop, so beobachtet man an den mehr vom Lichte getroffenen Stellen eine weit höhere Zahl von Silberpartikelchen, als an denjenigen Stellen, an welchen die Schattenpartien sich finden. (Vgl. Bd. I S. 99.) An Stellen, welche sich auf lichtempfindliches Papier noch als feine Halbschatten kopiren, kommen ungefähr 300 bis 400 molekulare Silberkörnehen auf einen Quadratmillimeter. Die schwärzesten Stellen der negativen Platte sind unter dem Mikroskope bis zu einer 500fachen Linearvergrösserung vollkommen undurchsichtig und lösen sich erst bei sehr starkem Lichte und einer 800 bis 1000fachen Vergrösserung in feine Silbermoleküle auf, deren alsdann 1500 bis 2000 auf dem Raume eines Quadratmillimeters zu zählen sind. Ich werde die betreffenden Erscheinungen noch weiter verfolgen und dürfte man durch künftige Studien in Bezug auf die Differenz der Wirksamkeit der positiven und negativen Elektrizität noch zu manchem interessanten Aufschluss auch auf diesem Wege gelangen. Das in den Text eingefügte Funkenbild wurde direkt von der photographischen Platte nach dem System Meisenbach photographisch auf Zink übertragen und durch Aetzung in ein druckfähiges Cliché verwandelt.

Lässt man einen elektrischen Funken zwischen zwei Glasplatten, von welchen die eine kollodionirt, jodirt und gesilbert ist, von dem Konduktor einer Elektrisirmaschine, oder einer Leidener Flasche überspringen, so beschreibt derselbe eigenthümliche, zackige Figuren auf der präparirten Platte, welche den Weg des Funkens andeuten, und nach dessen Grösse und Kraft verschieden sind. Sowohl die mechanische Thätigkeit als auch das chemisch zer-

setzende Licht des elektrischen Funkens veranlassen die genannten Wirkungen.

Der französische Physiker Ducretet hat zu diesem Zwecke folgenden höchst einfachen Apparat konstruiert, um ohne Objektiv die elektrischen Lichtphänomene der Elektrizität von hoher Spannung zu photographiren. Der Apparat (Fig. 109) besteht aus einem vier-

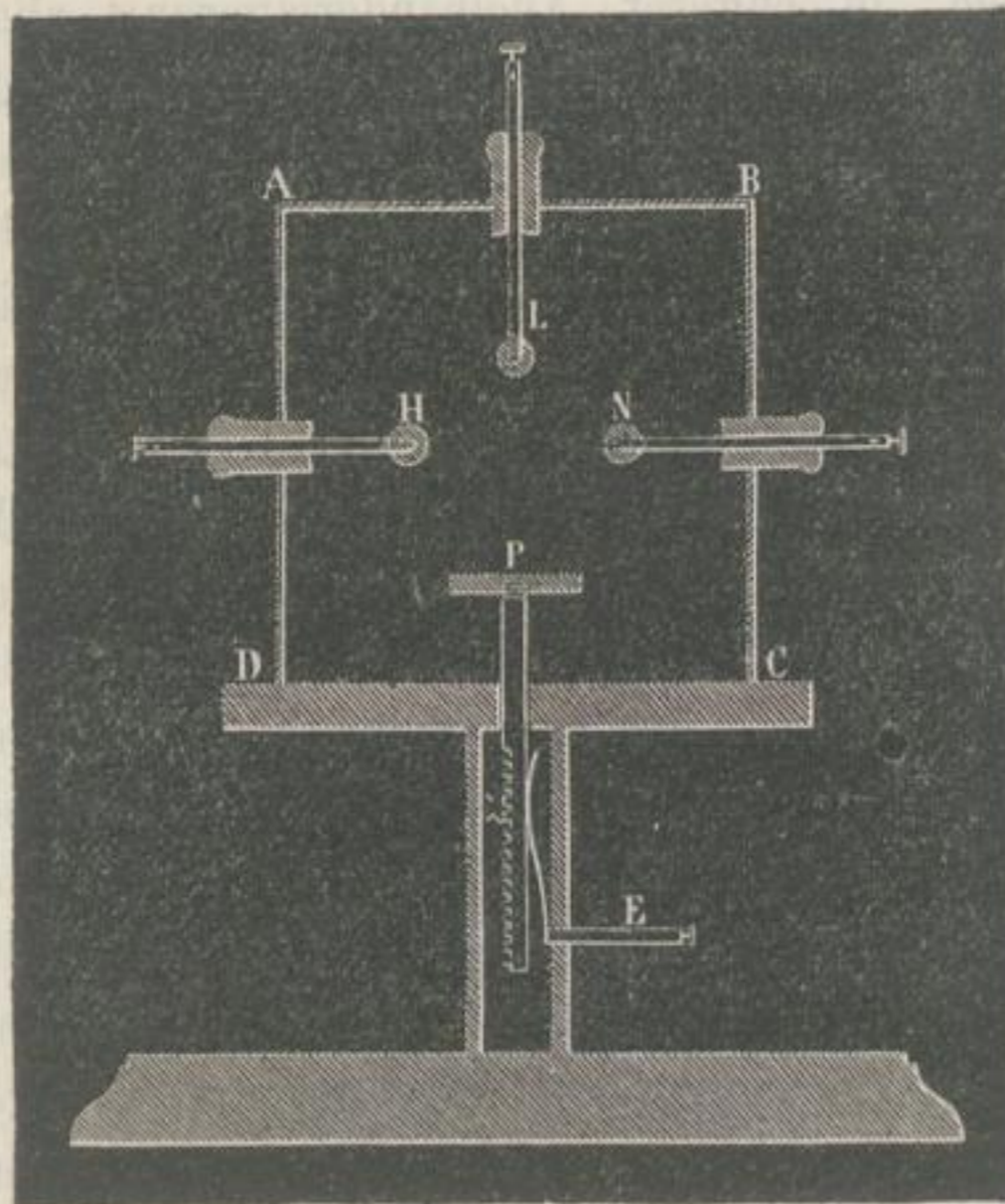


Fig. 109. Phot. Apparat von Ducretet.

hohle Ebonitstäbe gehen; durch diese laufen an ihren Enden Messingkugeln tragende Drähte ($H L N$). Im Fusse des Trägers $D C$ befindet sich eine Triebstange mit Zahnrad, ebenfalls aus Messing, welche ein kleines Tischehen P trägt, das mit Leichtigkeit auf und ab gehoben werden kann. An Stelle des Tischehens P oder der Kugeln $H L N$ kann man auch Spitzen oder isolirende Körper anschrauben. Der Stab E vermittelt eine elektrische Verbindung mit dem Tischehen P . Wird nun eine lichtempfindliche Platte in irgend welcher Richtung in diesen Kasten parallel zu den Punkten $H L N P$ eingeschoben, so wird sich auf derselben der von H nach N überspringende oder von L kommende und nach P sich verbreitende Funken abbilden. Zur Erzeugung der betreffenden elektrischen Phänomene kann sowohl der Funken eines Ruhmkorff, als auch derjenige einer Holtz'schen Influenzmaschine benutzt werden. Die Figuren 110 bis 114 geben naturgetreue, auf photographischem Wege gewonnene Abbildungen derartiger elektrischer Bilder. Figur 110 und 111 wurden folgendermassen dargestellt: Auf die mit dem negativen Pole einer Ruhm-

Wird nun eine lichtempfindliche Platte in irgend welcher Richtung in diesen Kasten parallel zu den Punkten $H L N P$ eingeschoben, so wird sich auf derselben der von H nach N überspringende oder von L kommende und nach P sich verbreitende Funken abbilden. Zur Erzeugung der betreffenden elektrischen Phänomene kann sowohl der Funken eines Ruhmkorff, als auch derjenige einer Holtz'schen Influenzmaschine benutzt werden. Die Figuren 110 bis 114 geben naturgetreue, auf photographischem Wege gewonnene Abbildungen derartiger elektrischer Bilder. Figur 110 und 111 wurden folgendermassen dargestellt: Auf die mit dem negativen Pole einer Ruhm-

korff-Induktionsrolle verbundene Metallplatte *P* war eine photographische Platte, mit der lichtempfindlichen Schicht nach unten, gelegt worden; auf diese hatte man eine sehr dünne Ebonitplatte und darauf eine zweite solche Scheibe, die von der ersten durch kleine Spänchen getrennt war, um zwischen beiden etwas Luft zu lassen, gebracht. Ueber der zweiten Ebonitscheibe lag wiederum eine photographische Trockenplatte, mit der lichtempfindlichen Schicht nach oben. Auf dieser Schicht lag eine metallische runde Platte gleich der Platte *P* Fig. 109; diese Platte war mit dem positiven Pole des Ruhmkorff verbunden. Einen Moment wurde der Funke durchgelassen und auf den photographischen Platten unsere beiden Figuren 110 und 111 gewonnen. Das am positiven Pole erhaltene Bild zeigt eine breitere Lichtkrone, am negativen Pole eine hellere Zone.

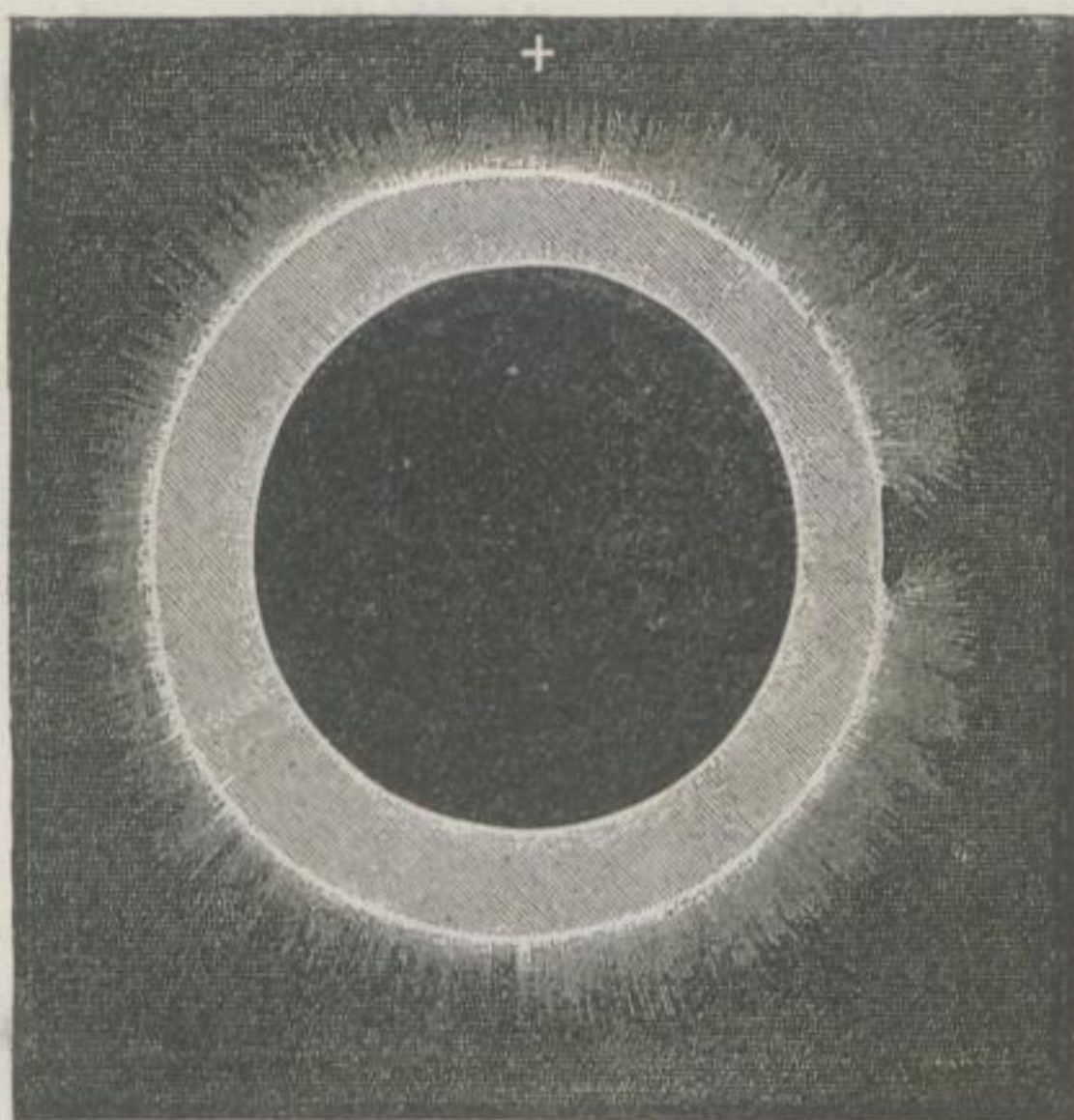


Fig. 110. Photogr. Wirkung des positiven Pol's.

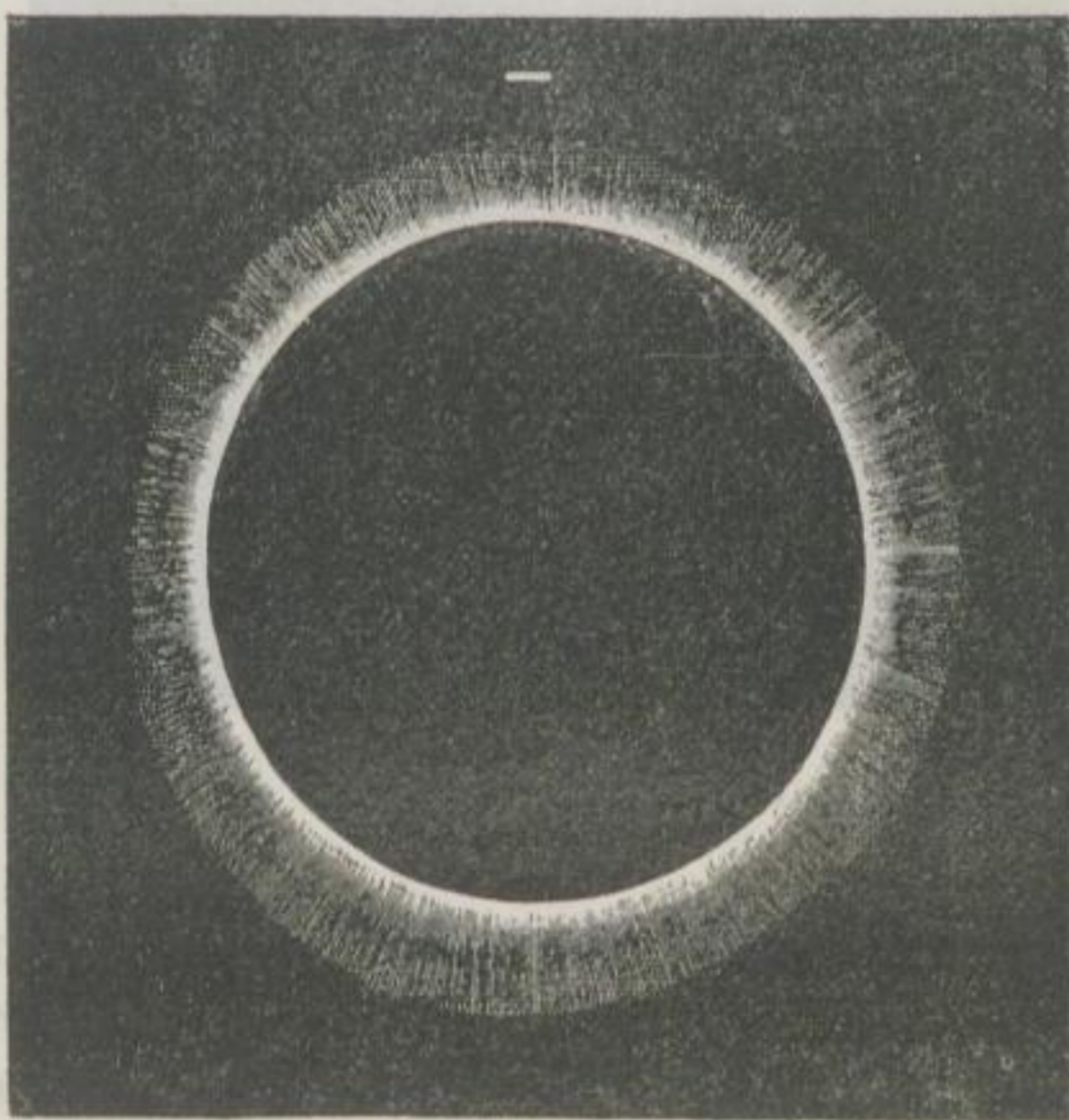


Fig. 111. Photogr. Wirkung des negativen Pol's.

Ein analoger Effekt ist aus Figur 112 ersichtlich. Es zeigt dieses Bild das Ueberschlagen eines mit einer Holtz'schen Influenzmaschine erzielten Funkens von H nach N (Fig. 109) in natürlicher Grösse. Die photographische Platte war hier auf einen Ebonitteller (P Fig. 109) aufgelegt und letzterer mittels der Schraubenstange bis



Fig. 112. Funkenphotographie mittels einer Holtz'schen Influenzmaschine.

aufgeschraubt und mit einem der Pole in Verbindung gebracht worden. Auf dem Metalltischchen ruhte eine dünne Ebonitscheibe von derselben Grösse, wie die auf dieselbe gelegte photographische Platte, deren empfindliche Schicht nach oben sah. Auf diese Schicht wurde der obere Kontakt L (Fig. 109) aufgesetzt und dessen Leitungs-

zu HN emporgeschraubt worden. Auch hier ist ersichtlich, wie am positiven Pole die Ausstrahlung eine breitere ist, am negativen eine hellere; der Funken ist 9 Cent. lang. Figur 113 zeigt zwei in ähnlicher Weise überschlagende 15 Centimeter lange Funken einer Ruhmkorff'schen Rolle. Die beiden photographirten Funken machen hier den Eindruck einer aus mehreren Litzen zusammengewirkten Schnur. Was schliesslich das in Figur 114 photographirte Funkenbild anbelangt, so wurde dasselbe in folgender Weise erhalten. Bei P (Fig. 109) war wiederum ein Metalltischchen

stäbchen mit dem anderen Pole der Induktionsrolle verbunden. Trotz der zwischenliegenden Isolatoren (Ebonit und Glas) zeigt sich ein Lichtkreis wie in Figur 110 und 111 und ausserdem eine Anzahl von Ausstrahlungen nach allen möglichen Richtungen, indem der aufschlagende elektrische Funke hier zwischen der Kugel und der

photographischen Platte vom Mittelpunkte aus nach der Peripherie auseinanderstob. Neben den beiden Hauptadern des elektrischen Funkens sind noch zwei eigenthümliche breitere und blässere divergirende Streifen ersichtlich. Bei der grossen Einfachheit des geschilderten Apparates und in Anbetracht, dass die lichtempfindlichen Trocken-Platten sehr leicht zu behandeln sind, dürften derartige Experimente vielfach wiederholt werden und wohl zu manchen interessanten Aufschlüssen über das Wesen des elektrischen Funkens führen.

Um den Blitz photographisch darzustellen, stellt man während eines nächtlichen Gewitters einen gewöhnlichen photographischen Apparat mit geöffnetem Objektiv gegen diejenige Seite des Horizontes auf, wo die meisten Blitze sichtbar sind. Man benutze ein weitgreifendes Landschaftsobjektiv und schiebe hinter die offen stehenden Linsensysteme die in einer Kassette enthaltene



Fig. 113. Funkenphotographie mittels eines grossen Ruhmkorff'schen Induktoriums.

präparierte Platte ein, ziehe den Kassettenschieber empor, und warte den Blitz und dessen momentane Wirkung ab. Es werden alsdann ähnliche Figuren auf der silberjodirten Platte entstehen, wie bei der Photographie des elektrischen Funkens. Während zackige Blitze bei Benutzung eines lichtstarken Objektivs ein genaues Bild ihrer Gestalt zurücklassen, äussern flächenförmige Blitze und Wetterleuchten über die ganze Platte eine das Silber reduzierende Wirkung, indem, nach

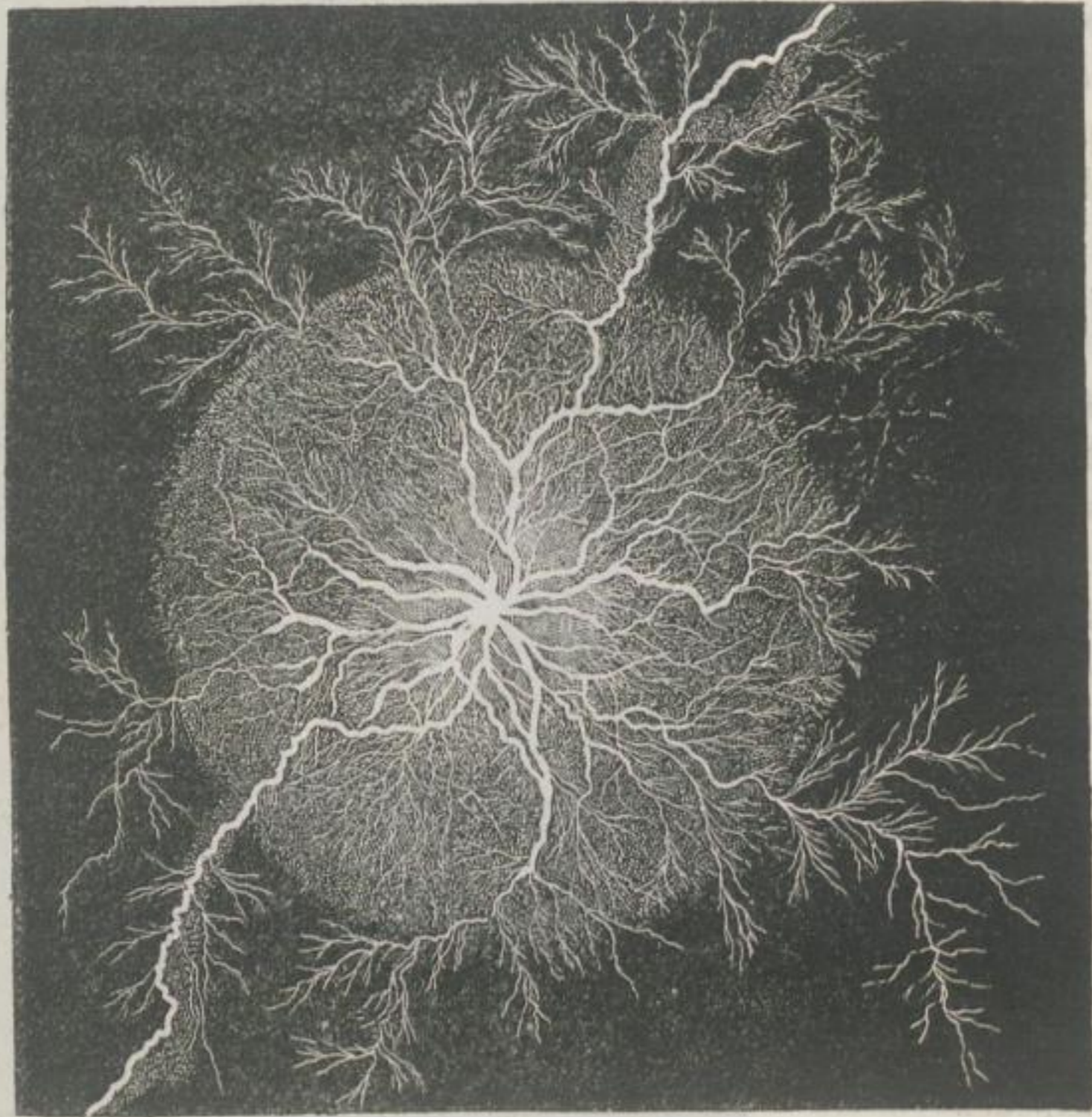


Fig. 114 Photographie durch Aufschlagen des Funkens auf die lichtempfindliche Platte.

der Fixirung, nur eine formlose Trübung der gesammten lichtempfindlichen Schicht zurückbleibt. Vortreffliche nach erwähnter Methode im Sommer 1885 angefertigte Photographien von Blitzen wurden von dem Photographen Robert Hänsel in Reichenberg i. B. dargestellt. Sowohl bei den von den Gewitterwolken nach der Erde, als auch bei den von einer Gewitterwolke zur andern überschlagenden, auf den Hänsel'schen Bildern vorhandenen Blitzen ist die Differenz des Eindrucks am positiven und negativen Pole der Entladung, wie wir solche auf S. 151 beschrieben und in Figur 108 abgebildet haben, sichtbar.

2. PHOTOGRAPHIE DER TÖNE.

Wenn man eine Stimmgabel mittels eines Holzstückes anschlägt oder mit einem Violinbogen anstreicht (Fig. 115), so geräth dieselbe in Schwingungen und ertönt in einer von der Form und den Dimensionen des Instruments abhängigen Höhe. Derartige Schwingungen kann man sichtbar machen entweder dadurch, dass die Vibrationen mittels eines an die Stimmgabel befestigten Metallstiftes direkt auf eine mit Russ überzogene Fläche sich aufschreiben oder die Bewegungen durch Spiegelreflexe beobachtet werden. In ersterem Falle vibriert der Metallstift infolge des Anschlagens oder Anstreichens so oft in der Sekunde hin und her, als die Gabel Schwingungen macht. Wenn man dann einen angerussten Zylinder sehr rasch an diesem

Stifte vorbeidreht, wie dies in Figur 116 ersichtlich ist, so wird der Stift in Form einer Kurve die Schwingungen der Stimmgabel, mit hin auch die Charakteristik des betreffenden Tones auf den Zylinder verzeichnen. In Fig. 119 sind eine Anzahl einfacher und kombinirter

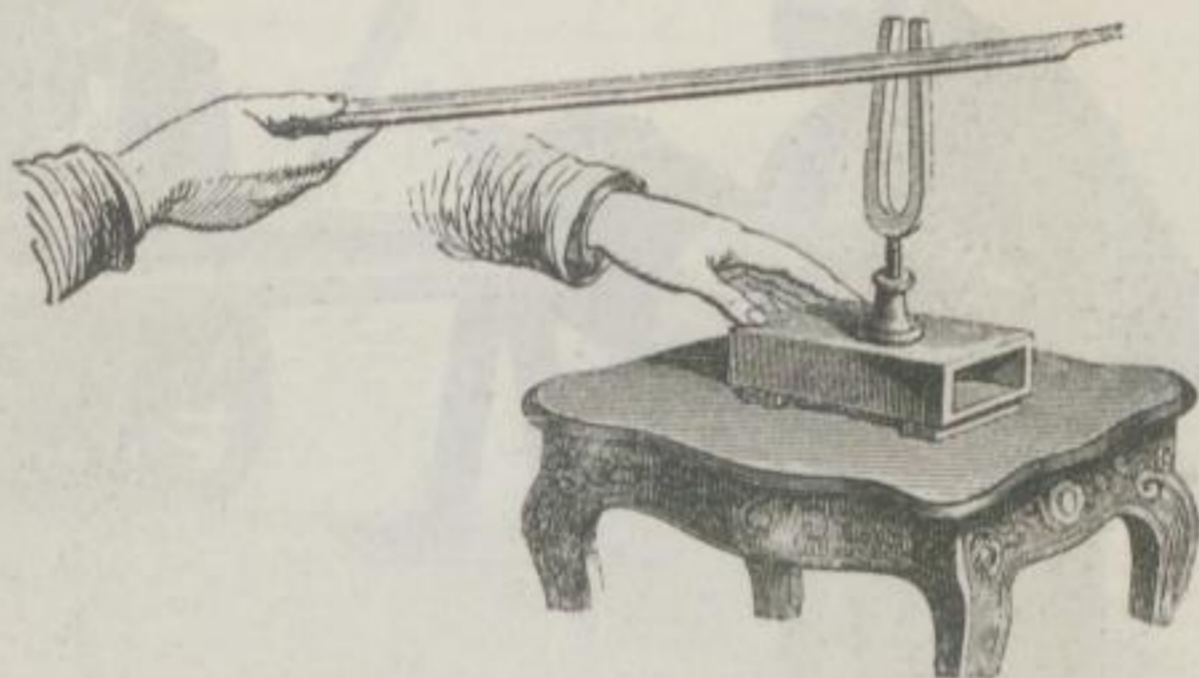


Fig. 115. Anstreichen der Stimmgabel.

Tonschwingungskurven reproduziert, welche auf diese und die folgende Methode gewonnen wurden.

Die zweite Art, diejenige der optischen Darstellung der Töne, welche von Lissajous gefunden wurde, bewerkstelligt man durch zwei an die Enden der Stimmgabelschenkel aufgelöthete kleine Metallspiegel, wobei der zweite Spiegel nur als Gegengewicht dient. Betrachtet man während der Vibration der Gabel in dem ersten Spiegel das Bild einer Kerzenflamme, welche in der Entfernung von einigen Metern aufgestellt ist, so sieht man das Bild derselben je nach den Schwingungen des Tones sich verlängern und verkürzen. Nimmt man einen zweiten Spiegel hinzu, welcher das Lichtbild durch eine Linse auf eine weisse Wand wirft, so kann bei starker Lichtquelle, bei Sonnenlicht oder elektrischer Beleuchtung, das im aufgelötheten Spiegel entstehende Schwingungsbild auf der gegenüberliegenden Wand objektiv dargestellt werden. Stimmt man zwei mit Spiegeln

versehene Stimmgabeln, welche gegenseitig im rechten Winkel aufgestellt sind, auf verschiedene in harmonischem Verhältniss stehende Töne zu einander ab, so sind auch Doppeltöne und Akkorde in gleicher Weise leicht sichtbar zu machen.

In Figur 117 wird nach einer von Tyndall angegebenen Methode ein konzentrierter Strahl elektrischen Lichtes auf den Spiegel der Stimmgabel F geworfen, von hier nach einem Handspiegel reflektirt, welcher das Bild der Schwingungen auf eine gegenüberliegende Wand $m n$ wirft, woselbst sie durch ein rasches Umdrehen des Handspiegels als Kurve erscheinen.

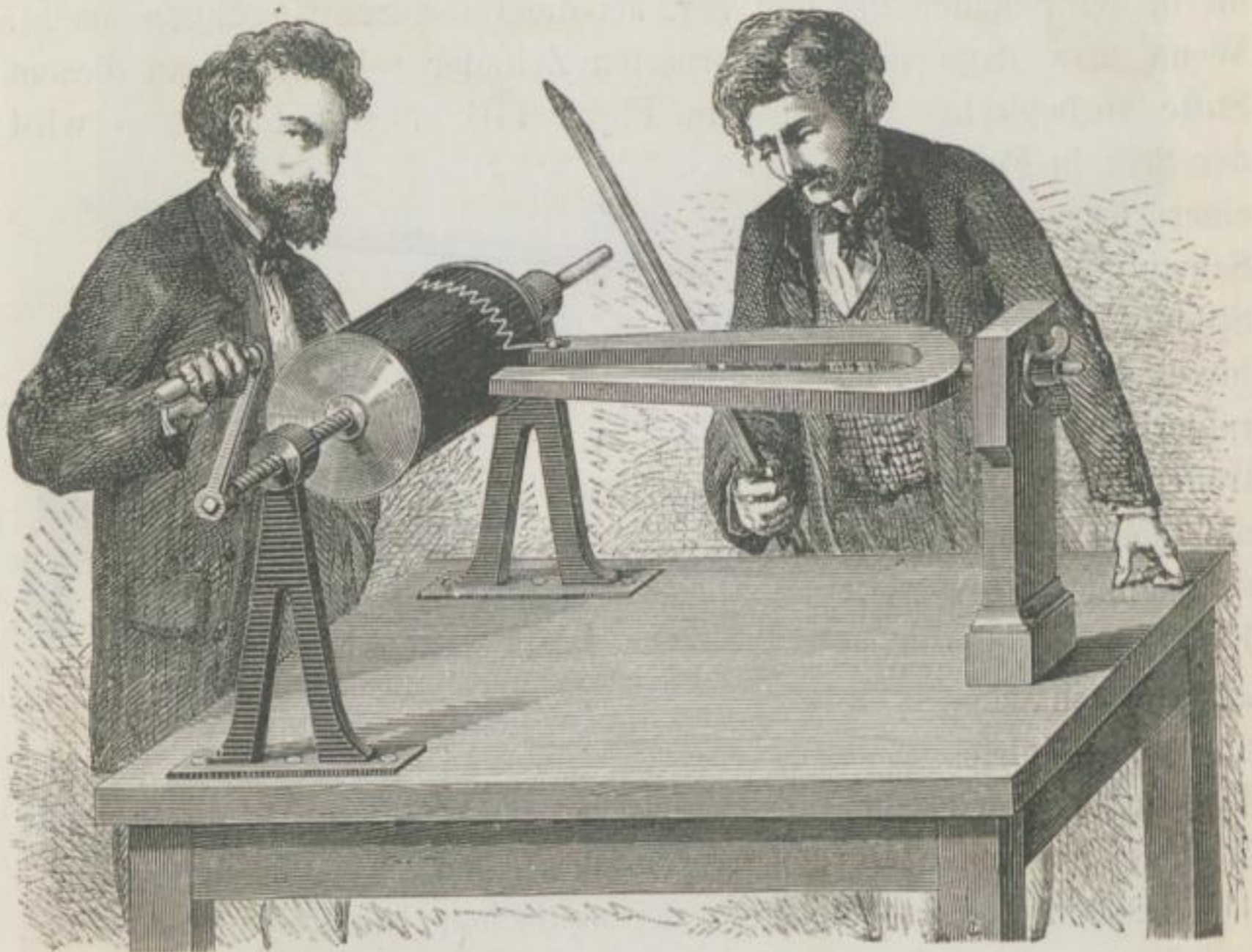


Fig. 161. Aufschreiben der Töne auf berusste Cylinder.

Stellen wir dagegen den Handspiegel fest und bringen an Stelle der Wand $m n$ eine längliche photographische Vorrichtung, so wird, wenn die photographische Platte sehr rasch vorbeigleitet, der von dem Spiegel kommende Lichtstrahl auf derselben einen Eindruck in Form einer Kurve beschreiben, welche der Schwingungszahl der Stimmgabel genau entspricht; auf diese Weise ist die direkte photographische Darstellung der Lissajous'schen Schwingungsfiguren ermöglicht.

Noch einfacher lassen sich die Tonschwingungen photographiren, wenn man eine Stimmgabel (Fig. 118) an den Schwingungsenden durchbohrt oder an jedes Ende derselben ein durchbohrtes Metall-

plättchen befestigt und durch dessen Bohrpunkt (*i*) einen Lichtstrahl leitet. Dieser kommt von einem Heliostaten *h* und hinterlässt deut-

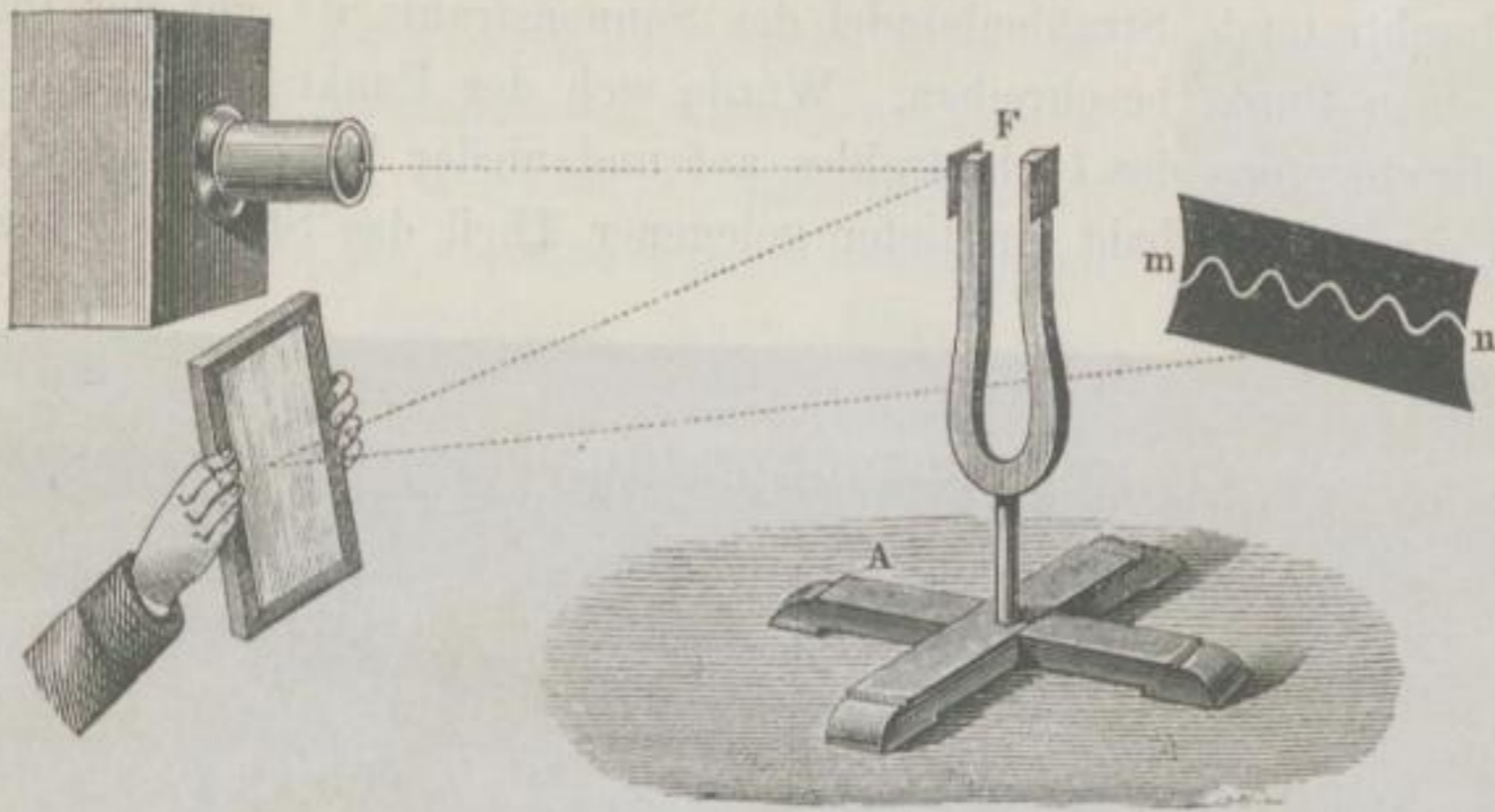


Fig. 117. Optische Darstellung der Töne.

liche Spuren seiner Wirkung auf der schnell vorbeigleitenden lichtempfindlichen Schicht. Die gespannte Feder *B*, an deren Stelle man

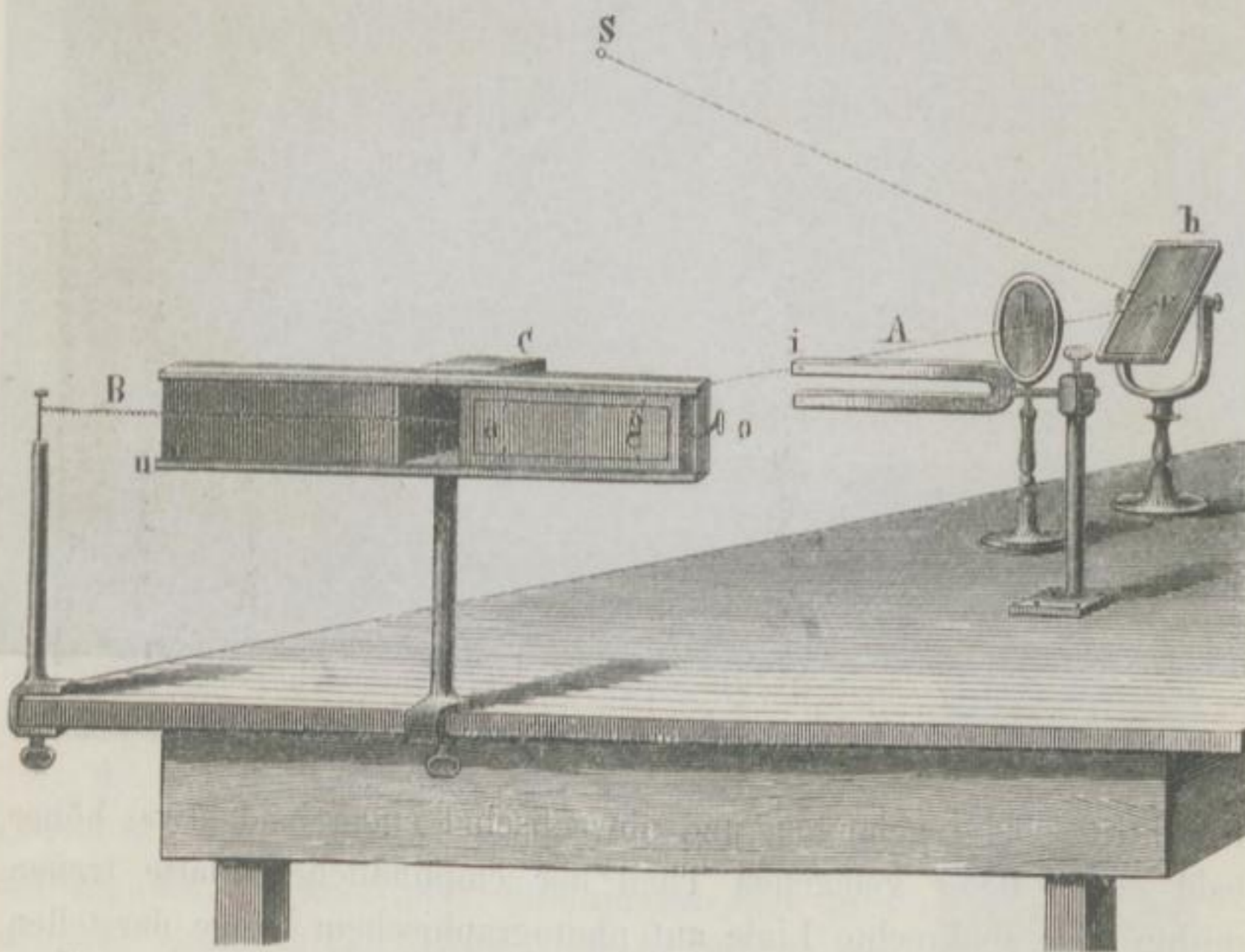


Fig. 118. Apparat zur Photographie der Stimmgabelschwingungen.

sich ein genau präzisirtes elektromagnetisch-chronographisches Triebwerk zu denken hat, zieht die in der Kassette *a g* befindliche photo-

Stein Das Licht etc. 2. Aufl.

graphische Platte in $\frac{1}{4}$ Sekunde vor der kleinen Kamera vorüber. Ruht nun die Stimmgabel *A*, so wird das durch die kleine Oeffnung *i* hindurchtretende Strahlenbündel des Sonnenstrahls *ri* auf der Platte *ag* einen Punkt beschreiben. Würde sich der Punkt *i* während des Hindurchtretens des Lichtstrahles auf und nieder bewegen, so würde bald ein höher, bald ein tiefer gelegener Theil des Strahles *ri* zum

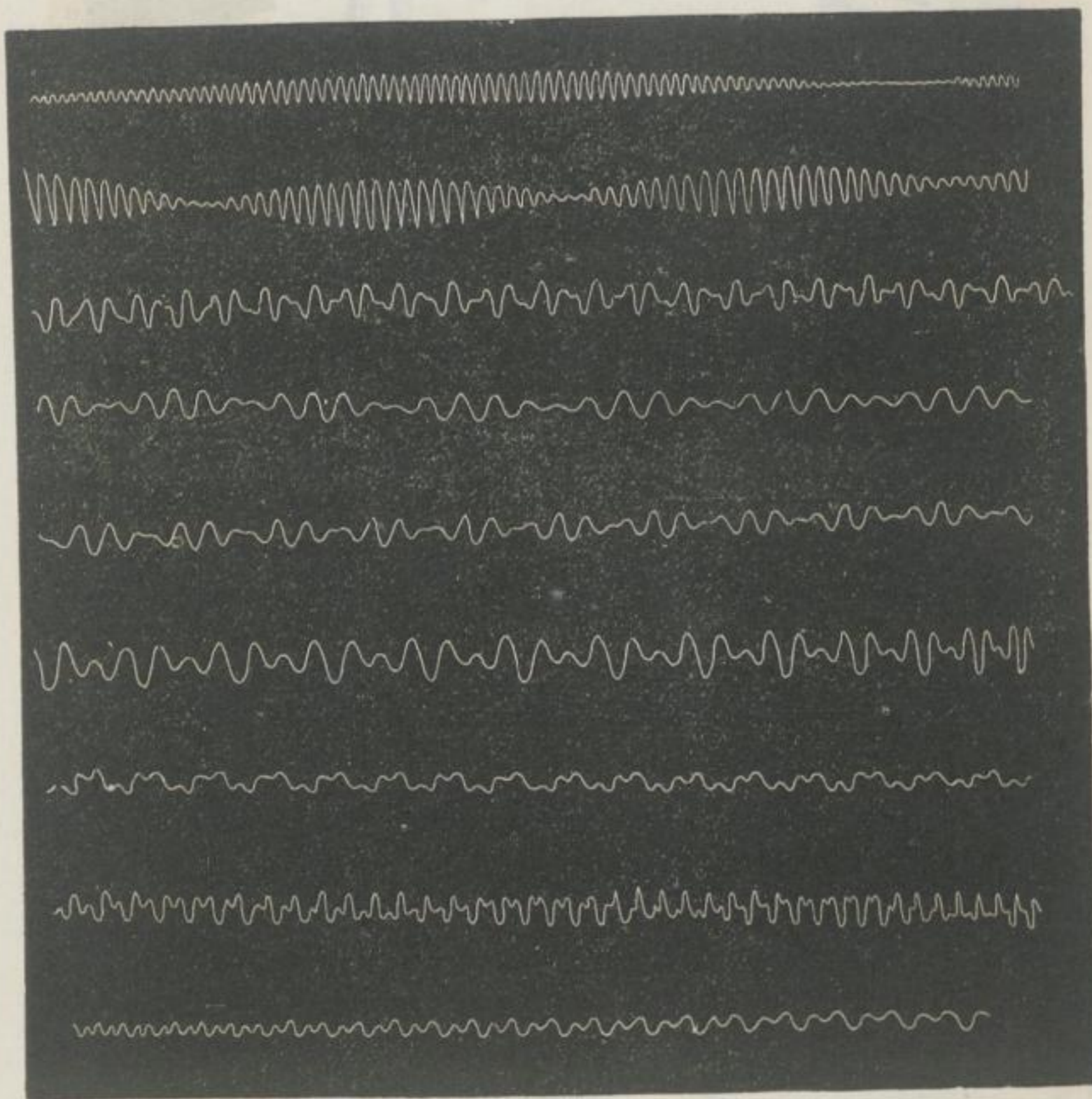


Fig. 119. Einfache und kombinierte Tonschwingungskurven.

Durchtritte bei *i* gelangen, und abwechselnd einen bald etwas höher, bald etwas tiefer gelegenen Theil der empfindlichen Platte treffen, mithin eine senkrechte Linie auf photographischem Wege darstellen, welche sich, sobald die Platte *ag* in rasche Bewegung versetzt wird, in eine von *a* nach *g* gehende Kurve verwandeln würde.

Ein Auf- und Abbewegen des Punktes *i* tritt aber ein, sobald die Gabel *A* durch Anstreichen in Schwingungen versetzt wird.

Wenn nun die in *ag* befindliche, bei *o* durch einen Haken gehaltene Kasette, in welcher sich die präparirte Platte befindet, losgelassen und durch die Kraft eines Triebwerks oder der Feder *B*, nach Aufziehen des Kassettenschiebers, in einer gewissen Zeit bei *C* vorbeigeschnellt wird, so müssen die stattfindenden Schwingungen sich als Kurve darstellen, deren Hügel der Schwingungszahl der Stimmgabel vollständig entsprechen.

Nehmen wir an, die Gabel *A* habe den Ton „kleines *c*“, mache also in einer Sekunde 128 Schwingungen, so hat die entstehende photographische Tonkurve, wenn der Bewegungsmechanismus der angegebenen Zeit genau entspricht, 32 Kurvenhügel auf der Platte aufzuweisen, wie es auch auf Figur 120, welche die Kopie einer von dem Verfasser photographirten Tonkurve enthält, ersichtlich ist.

Dieses photographische Bild zeigt im Vergleich mit den Schwingungskurven, Figur 119, noch eine ganz besondere Eigenthümlichkeit an den Winkeln, welche die einzelnen Kurvenhügel mit einander bilden. Wir sehen nämlich daselbst auf der ganzen Kurve, oben und unten, gleichmässige Stellen, welche weit heller als die Kurvenschenkel erscheinen, und dem entsprechend im Negativ bedeutend dunkler sind. Das unter dem Mikroskop untersuchte Negativ zeigt gerade dort eine weit massenhaftere und engere Aneinanderlagerung der Silbermoleküle, als an den geraden Kurvenschenkeln, mithin hat das Licht auf diesen Raum stärker oder vielmehr länger gewirkt, als dort, wo sich die Kurvenschenkel abgebildet haben. Zwischen den einzelnen (halben) Schwingungen müssen die Schenkel der Stimmgabel Zeit gewinnen, umzukehren. Diese Umkehr führen sie nach dem Gesetze der Elastizitätsschwingungen allmählich aus, weil die Zeitdauer während der Umkehr grösser ist, als in den mittleren Phasen der Schwingung; es zeigen uns die photographischen Abbildungen, dass diese Zeit

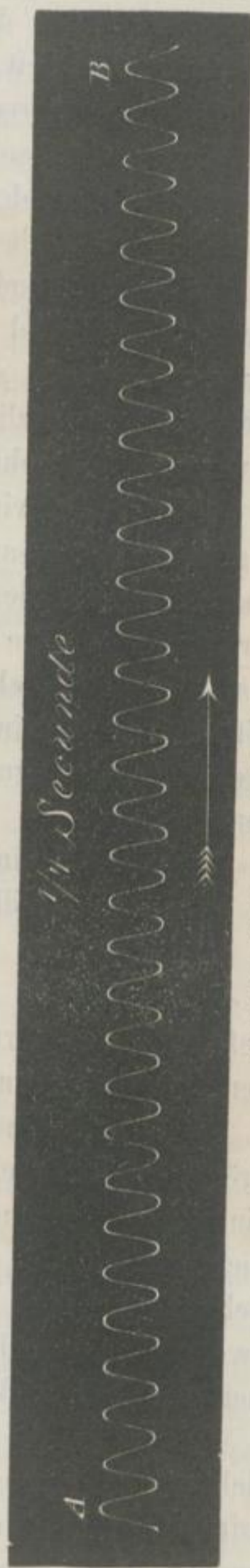


Fig. 120. Photographirte Tonschwingungskurve.

graphisch darstellbar, ja sogar messbar ist, und ohne trigonometrische und logarithmische Rechenmethoden sich aus dem Bilde ergibt. Würden die Enden der Stimmgabel bei der Umkehr für eine minimale Zeit ruhen, so müssten wir an den bezeichneten Stellen einer wagrechten Linie begegnen. Wir sehen aber hier eine derartige nicht, sondern einen helleren Bogen, welcher sich auf Figur 120 sehr deutlich markirt. Hieraus geht hervor, dass die Umkehr der Gabelschenkel zu einer neuen halben Schwingung nicht plötzlich, sondern allmählich stattfindet, indem zu der betreffenden Zeit die Gabel nicht ruht, sondern ihre Schwingungen merklich verlangsamt und, auf der äussersten Grenze angelangt, in gleicher Weise nicht plötzlich, sondern allmählich wieder zu einer rascheren Bewegung übergeht.

Die 32 Schwingungsbilder derselben Gabel (64 halbe Schwingungen) messen zusammen 152 Millimeter; die Durchmesser der kleinen Bogen, welche die einzelnen Kurvenschenkel verbinden, betragen an der Stelle, wo die Helligkeit der Linien (im Negativ die Dichtigkeit des Silberniederschlags) zuzunehmen beginnt, 1,333 Millimeter; mithin braucht eine Tonschwingung des „kleinen c“, um zu ihrer höchsten Schwingungsgeschwindigkeit zurückzukehren, $\frac{1}{456}$ Sekunde, denn:

152 Millimeter brauchen $\frac{1}{4}$ Sekunde,

1,333 Millimeter = $\frac{1}{114}$ von 152 Millimeter.

$\frac{1}{114}$ von $\frac{1}{4}$ Sekunde = $\frac{1}{456}$ Sekunde.

Bei höheren schneller schwingenden Tönen verringert sich, bei tieferen Tönen vermehrt sich dieses minimale Nachlassen der einzelnen Schwingungen auch im photographischen Bilde.

Während jenes kleinen Zeitraumes hat das Licht den merklich grösseren Eindruck auf die silberjodirte Platte hervorgebracht. In einer Viertelsekunde wurde die ganze Kurve photographirt, d. h. nicht auf einmal, sondern infolge des Vorbeischnellens der Platte eine Schwingung nach der anderen. Es giebt demnach diese Methode in zweiter Linie auch einen genau berechenbaren Beweis für die Raschheit der Lichtwirkung auf eine präparirte Platte ab.

Um die Zeit dieser Wirkung zu berechnen, spiegelte ich Sonnenlicht mittels eines Heliostaten in ein verdunkeltes Zimmer, konzentrirte dasselbe durch ein System von Linsen und leitete den gewonnenen, 2 Millimeter breiten, hellen Strahl auf eine kleine runde Oeffnung von 0,1 Millimeter (ungefähr von der Dicke eines Menschenhaares). Das eingetretene Licht beschrieb nun auf einer lichtempfind-

lichen, 50 Centimeter langen Platte einen nur 0,1 Millimeter breiten Punkt. Als ich nun eine mit geölten Röllchen versehene sehr leichte Kasette auf polirtem Spiegelglas in $\frac{1}{10}$ Sekunde vor dem feinen Lichtstrahle vorbeigleiten liess, beschrieb dieser auf der gesilberten Jodbromkollodiumschicht einen sehr deutlichen 50 Centimeter langen Strich. Diesen Strich haben wir uns als eine Addition von 0,1 Millimeter betragenden Punkten, also aus 5000 Masseinheiten zusammengesetzt zu denken, welche den zehnten Theil einer Sekunde benöthigten, um photographirt zu werden; mithin brauchte ein Pünktchen nur ein Fünfzigtausendstel einer Sekunde Expositionszeit.

Daraus ergibt sich, dass bei den geeigneten Präzisionsinstrumenten es möglich sein wird, auch die höchsten für unser Ohr wahrnehmbaren Tonschwingungen, welche nach Helmholtz die Zahl 38000 in der Sekunde erreichen, ja sogar solche, welche die obere Grenze des

menschlichen Gehörs überschreiten, graphisch darzustellen; sicher

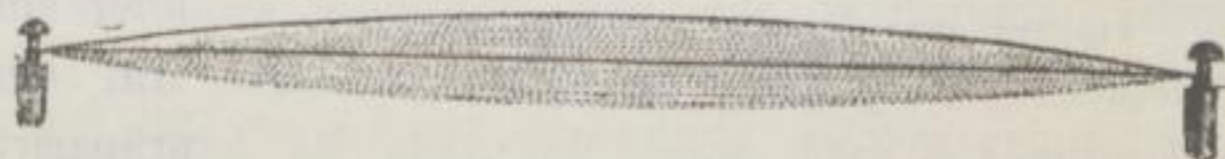


Fig. 121. Schwingende Saite.

aber sind alle gewöhnlichen musikalischen Töne, welche bekanntlich in runder Summe sieben Oktaven (zwischen 32 und 4096 Schwingungen in der Sekunde) umfassen, photographirbar.

Hieraus erhellt unter Anderem, dass eine Reihe auf dem Piano forte angeschlagener Töne oder Akkorde auf eine lichtempfindliche Platte photographirt werden können; ein derartiger Versuch müsste auf folgende Methode geschehen:

Nehmen wir zuerst die schwingende Saite eines Monochords (Figur 121), deren Schwingungen in Kurvenform photographirt werden sollen. Um dieses zu erreichen, befestigen wir ein leichtes Rohrstäbchen mit Siegellack auf die Mitte der Saite, wo dieselbe den grössten Weg während des Schwingens beschreibt; an dem Stäbchen befindet sich ein durchbohrtes schwarzes Glimmerblättchen (Fig. 122). Dieses Glimmerblättchen wird mit der angeschlagenen Saite schwingen, ohne deren Schwingungszahl zu beeinträchtigen. Wird nun während der Schwingungen der in Figur 118 abgebildete photographische Apparat angewendet, so können die Schwingungen der Saite auf gleiche Weise wie die Schwingungen der Stimmgabel photographirt werden. Haben wir aber zwei oder mehrere Saiten neben einander, die gleichzeitig oder nach einander angeschlagen werden, so können

diese Töne sehr leicht gemeinschaftlich photographirt und die Kurven über einander auf einer Platte dargestellt werden, wie solches aus Figur 123 ersichtlich ist. Ueber einen Resonanzkasten *A* sind

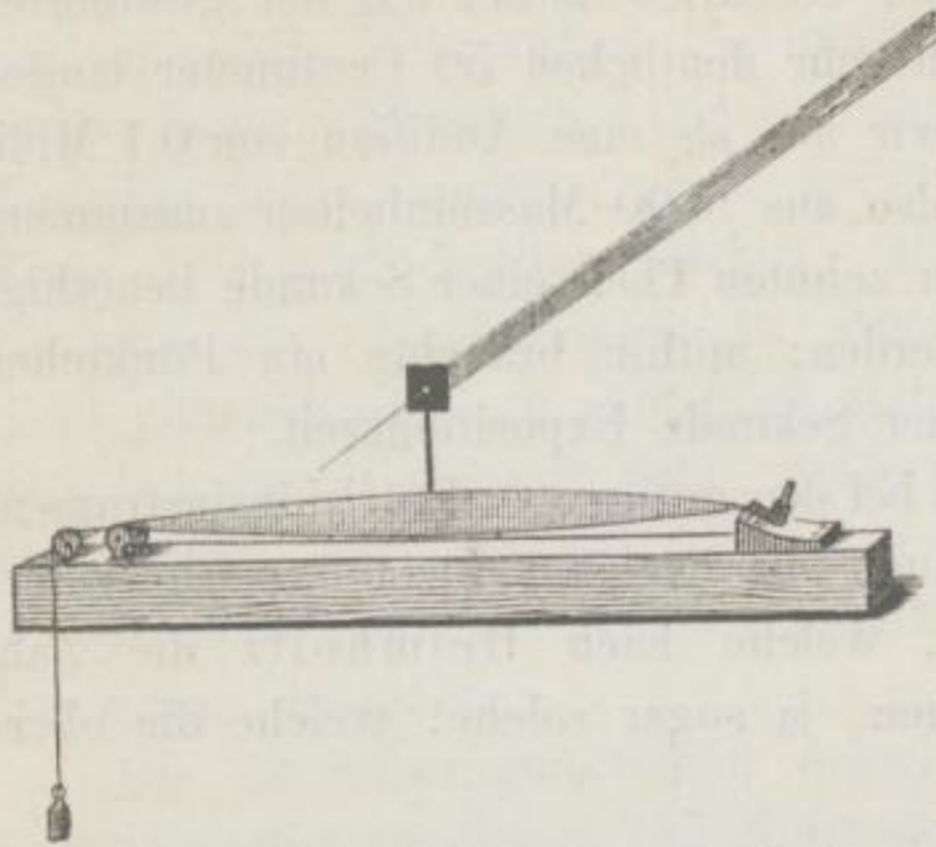


Fig. 122. Vorrichtung zur Photographie der Schwingungen tönender Saiten.

drei Saiten *c*, *e* und *g* gespannt, die zusammen einen Dreiklang geben; über der Saite *c* befindet sich das Glimmerblättchen *c'*, über der Saite *e* das Blättchen *e'* und über der Saite *g* das Blättchen *g'*. Die Blättchen sind so gestellt, dass eines das andere überragt, um die Kurven auf einem Bilde über einander zu erhalten. Auf der vorbeigleitenden präparirten Platte *B* sind

die 3 Kurven schematisch dargestellt und mit *c''*, *e''* und *g''* bezeichnet. Die Linien *c'—x*, *e'—y* und *g'—z* stellen den Gang der parallelen Lichtstrahlenbündel dar, von welchen immer nur ein feiner

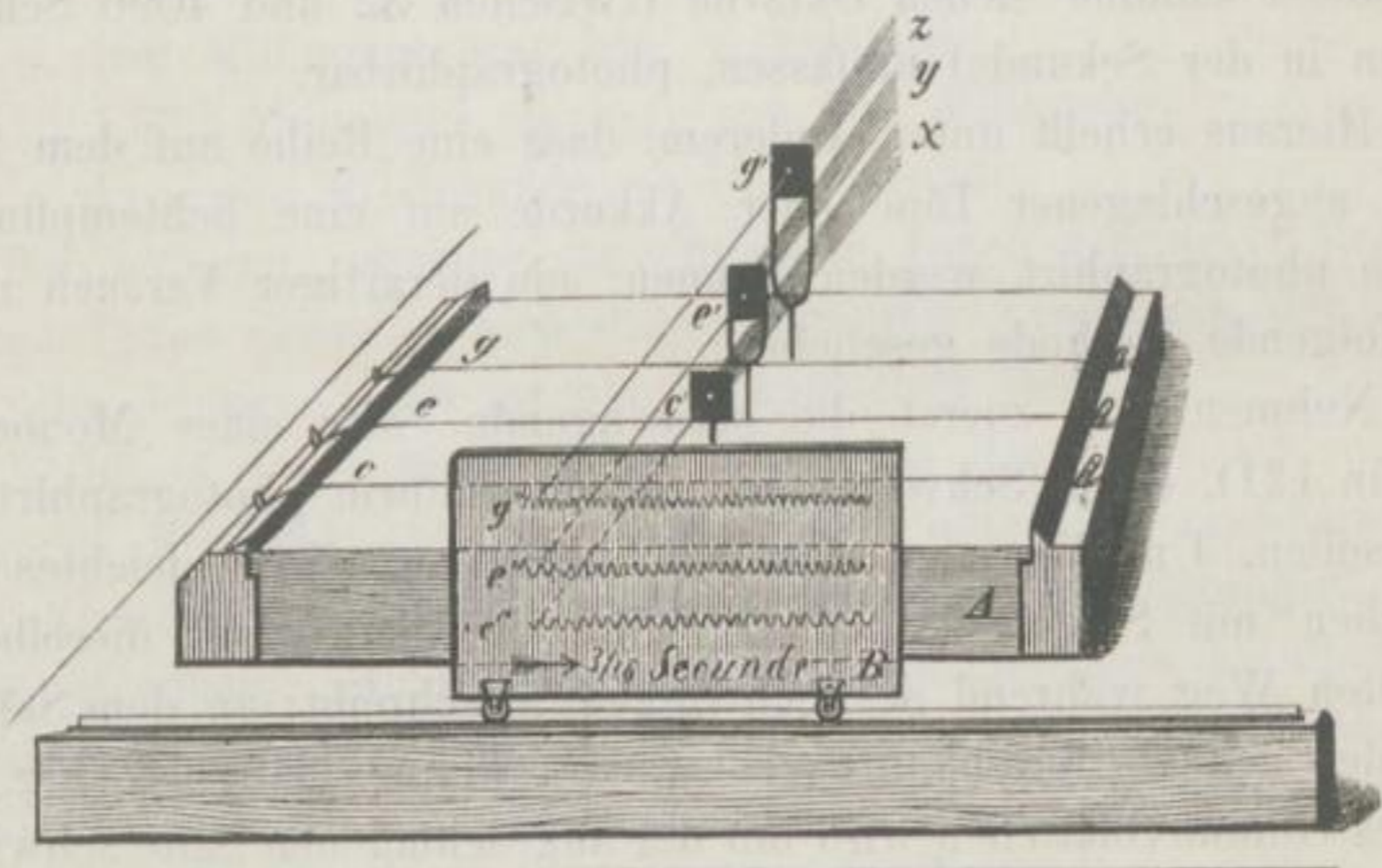


Fig. 123. Photographie eines Dreiklangs.

Strahl durch das schwingende Blättchen durchtreten kann, während die übrigen durch dasselbe abgehalten werden. Bei jedem Glimmerblättchen muss das durchtretende Licht der empfindlichen Platte durch ein zugehöriges kleines Objektiv besonders übermittelt werden; man

kann indessen in einem verdunkelten Zimmer derartige Kurven auch ohne Kamera und ohne Objektiv (unserer Zeichnung Fig. 123 entsprechend) darstellen. Die Photographie eines Dreiklanges (z. B. Grundton c — mit 128, Terz mit 160, Quinte mit 192 Schwingungen in der Sekunde) würde sich alsdann auf der Platte ungefähr wie in der betreffenden Figur (c'' , e'' , g'') ausnehmen. Die neben den Akkorden hörbaren Kombinationstöne werden die photographische Darstellung nicht beeinträchtigen, weil dieselben nur durch die mit-schwingende Luft entstehen; somit wird die Photographie eine absolut richtige graphische Darstellung der schwingenden Saiten bilden, bei welcher auch die Amplitude des Tones in der Höhe der Kurvenhügel ihren Ausdruck findet.

Es ist mir nun gelungen, Laute, gesungene Töne, sowie die Schallschwingungen der Blasinstrumente photographisch durch direkte Aufzeichnung darzustellen. Ich bediene mich zur Erreichung dieses Zweckes einer schwingenden Membran und der Wirkungen eines elektrischen Stromes. Ein konisches, unten mit Handgriff versehenes hölzernes Rohr A Fig. 124 ist oben mit einer circa 5 Centimeter breiten Membran a c , Fig. 125, verschlossen, während seitlich ein zweites konisches Rohr b , in welches hineingesungen, gesprochen oder geblasen wird, mit dem ersten verbunden ist. Auf die Mitte der Membran ist, wie bei dem Reis'schen Telephon, ein Stückchen Platinfolie a aufgeleimt, mit welcher ein Leitungsdraht c k verbunden ist, der zu dem positiven Pole einer Bunsen'schen Batterie B führt, deren negatives Ende mit einem, nach der Art der Morse'schen Schreibapparate konstruirten elektromagnetischen Apparat C in Kontakt steht; dieser wiederum ist mit dem Singapparat A bei m verbunden, und zwar hier mit einem kleinen Platinstift d , welcher durch den Hebel e die Leitung vermittelt. Der Platinstift d steht senkrecht über der Platinfolie und ist von derselben kaum merklich entfernt. Sobald er die Folie berührt, ist die galvanische Verbindung geschlossen und die Wirkung auf den Elektromagneten C tritt in Kraft. Der Anker des Elektromagneten ist so gestellt, dass bei dem Schliessen und Oeffnen der Kette jedes elastische Vibriren der Ankerfeder vermieden wird. An den Anker des Elektromagneten ist ein leichtes Metallblättchen f befestigt, in das man ein durchbohrtes geschwärztes Glimmerplättchen zum Photographiren einklemmen kann. Wird nun die Kette rasch geöffnet und geschlossen, so bewegen sich der Anker und die mit ihm verbundenen Vorrichtungen je nach der Raschheit der Stromschliessung auf und nieder.

Wenn nun in das oben beschriebene Rohr gesprochen, gesungen, geblasen oder gepfiffen wird, so vibriert die Membran *ac* Fig. 125 in der Schwingungszahl des entsprechenden Tones, ebenso oft wird dann die auf der Membran sitzende Platinfolie vibriren, sich von dem über ihr befindlichen Metallstiftchen *d* entfernen oder sich ihm nähern und auf diese Weise in gleichen Zeiteinheiten der galvanische Strom in sehr raschen Intervallen unterbrochen werden. In Folge dieser Unterbrechungen wird auch der Anker des Elektromagneten und mit ihm die ganze Aufzeichnungsvorrichtung *f* in Zeiteinheiten zu schwir-

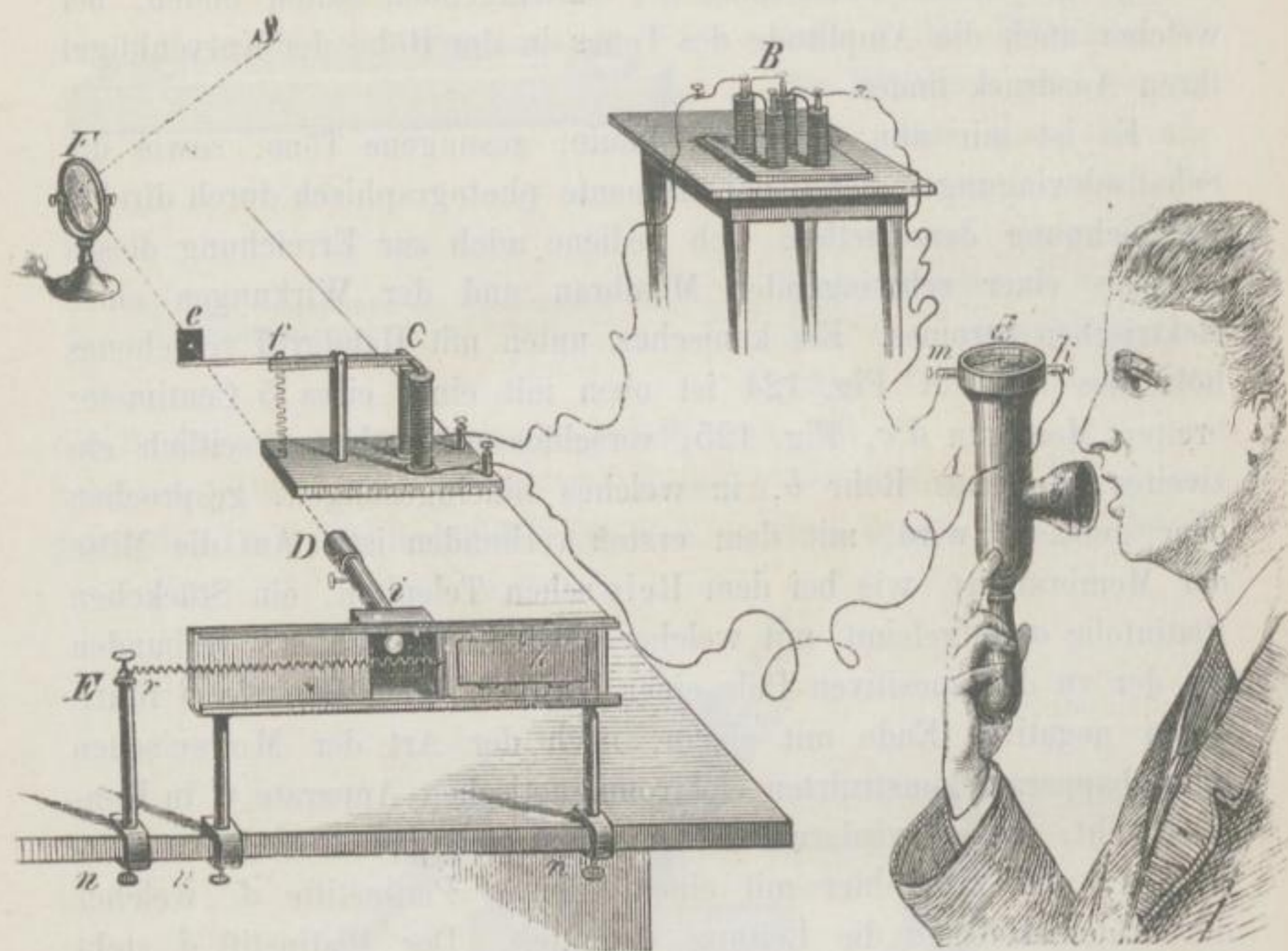


Fig. 124. Photographie gesungener Töne.

ren beginnen, welche der Schwingungszahl der in das Rohr *b* gelangenden Töne vollkommen entsprechen. Für tiefe Töne, welche langsamere Schwingungen haben, kann die graphische Aufzeichnung auch mittels eines Stiftes nach der bekannten Methode auf berusste, sich rasch vorbei bewegend Flächen geschehen. Die photographische Aufzeichnung geschieht nach der von mir angegebenen Methode. Letztere ist auch für tiefe Töne entschieden vorzuziehen, weil die Reibung des Stiftes auf einer vorbeigleitenden berusteten Scheibe oder einem sich rasch drehenden berusteten Cylinder die Aufzeichnung be-

einträchtigt. Die graphische Methode ist für hohe Töne absolut unanwendbar wegen der geringen Amplitude der Schwingungen, während die Anwendung der Photographie den grossen Vortheil gewährt, die Schwingungen sofort durch ein vergrösserndes Objektivsystem direkt in grossen Kurven aufnehmen zu können. Dadurch werden Schwingungsbewegungen sichtbar, welche sich der direkten Beobachtung, sowie der direkten Aufzeichnung wegen ihrer Kleinheit und Raschheit bisher entziehen mussten. In unserer Figur 124 ist bei *E* ein solcher photographischer Vergrösserungs-Apparat angebracht, welchem durch einen Heliostaten *F* das nöthige Sonnenlicht ev. elektrisches Licht zugeführt wird. An Stelle der Feder, welche die, eine sehr lichtempfindliche Platte enthaltende Kassette *h* an dem Objektiv *i* vorbeischnellt, haben wir uns, wie bei den früher erwähnten Apparaten ein elektrisch-chronographisches Uhrwerk zu denken, das

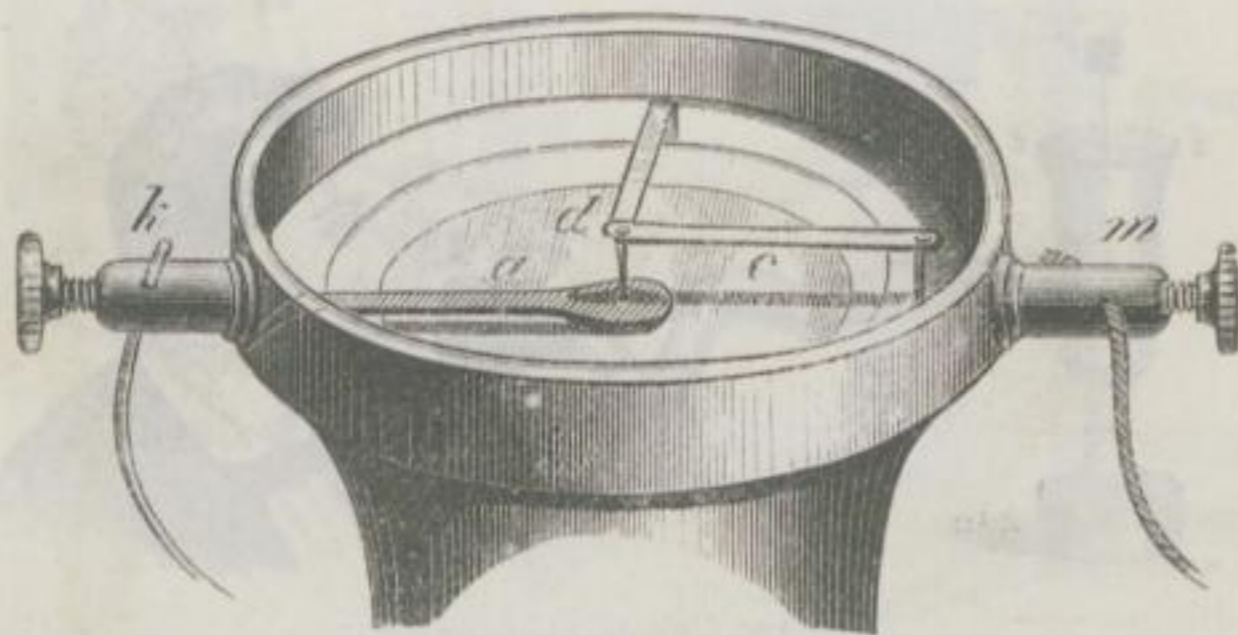


Fig. 125. Telephonmembran.

die Bewegungen der Kassette in Bruchtheilen einer Sekunde anzugeben vermag; ich habe dasselbe, um den Gesamteindruck der Zeichnung nicht zu sehr zu beeinträchtigen, in unserer Figur weggelassen. Ich bemerke noch schliesslich, dass die geschilderten Vorrichtungen mit geringen Kosten zu beschaffen sind und sich die bezüglichen Experimente mit Leichtigkeit in jedem physikalischen Kabinete, das mit einem Heliostaten oder mit elektrischem Licht ausgestattet ist und ein Reis'sches Telephon besitzt, ausführen lassen.

Durch elektrische Fortleitung können nur Kurven erhalten werden, welche die Zahl der Schwingungen eines Tones angeben, während die Amplitude desselben in der Höhe der Kurvenhügel nicht ihren Ausdruck findet. Um solches zu erreichen, ist die in Figur 126 abgebildete Vorrichtung anzuwenden. Ueber dem Hohlgefäss *A* ist eine Membran *de* gespannt, welche mittels eines Stäbchens das

durchbohrte Glimmerblättchen f trägt; an die seitliche Röhre ist bei g ein Gummischlauch von 2 Centimeter Weite angebracht, welcher mit einem Mundstück B in Verbindung steht. Wird nun bei h in dieses Mundstück gesungen, so vibriert die Membran $d e$ und mit ihr das Glimmerblättchen f so oft, als der Ton seine Schwingungen macht. Je stärker nun derselbe ist, desto höher hebt und senkt sich die Membran und gibt die nach meiner oben geschilderten Methode dargestellte photographische Kurve, demnach auch die Amplitude des Tones an. Während bei der elektro-magnetischen Methode die Höhe der Kurvenhügel von der Stärke des Magneten, respektive des galvanischen Stromes abhängt, ist solche hier zugleich der Ausdruck der Macht des Tones. Bei sehr hohen Tönen ist die Bewegung der Membran eine sehr minimale und muss man, um die Schwingungen zu photographiren, ein circa 10 mal vergrößerndes Objectivsystem anwenden, durch welches die Kurvenhügel der höchsten Töne



Fig. 126. Photo-Phonograph.

eine Höhe von einigen Millimetern erhalten. Photographirt man bei dieser Tonphotographie gleichzeitig den Ton einer Stimmgabel von bekannter Schwingungszahl mit, so wird sich auch auf der photographischen Platte über der Photographie des Tones, dessen Schwingungszahl noch unbekannt ist, die Schwingungskurve des Stimmgabeltones abbilden, dessen Schwingungszahl bekannt ist. Zieht man alsdann zwischen den beiden photographischen Kurven Abseissen, so wird der Vergleich der bekannten Kurve mit der Zahl der Kurvenhügel der unbekannteren Kurve (vgl. Bd. I, S. 350) sofort angeben, wie oft ein photographirter Ton in einer Sekunde Schwingungen gemacht hat, vielmehr welcher Ton dieses überhaupt gewesen ist.

Auch die photographische Darstellung durch manometrische Flammen sich kundgebender Tonschwingungen ist bei der hohen Empfindlichkeit der heutigen Trockenplatten, die wir schon mehrfach erwähnt, nicht un schwer zu erzielen. Wir haben schon im ersten

Bande dieses Werkes (I, Seite 385) auf die mittels manometrischer Flammen photographisch darstellbaren Lichtbilder des Perkussionschalls hingewiesen. Mit dem auch dort erwähnten Apparate von König lassen sich alle erdenklichen Töne bekanntlich für das Auge darstellen, mithin auch bei geeigneter Lichtempfindlichkeit der Platten photographiren. In Figur 127 sehen wir den bekannten Apparat zur Darstellung der manometrischen Flammen abgebildet. Derselbe besteht aus einem Kästchen *pp*, in welches ein Gummischlauch *T* führt, der seinerseits mit einer Gasleitung verbunden ist. An dem Kästchen *pp* sind Vorsprünge *cc* angebracht, welche mit feinen

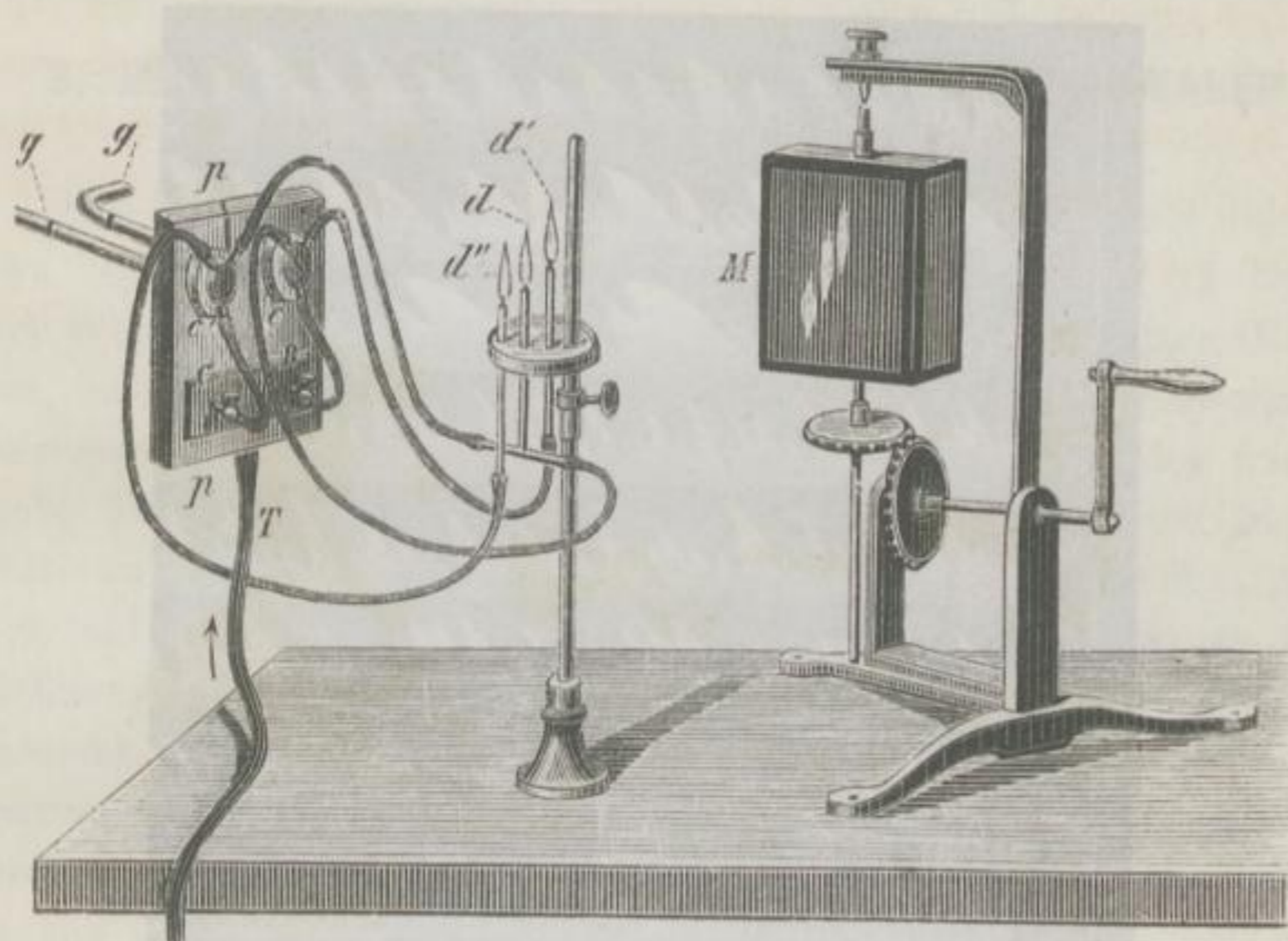


Fig. 127. König's Flammenmanometer.

Membranen verschlossen sind. Von den Kapseln dieser Membranen gehen wiederum Gummischläuche ab, die nach den Röhren *d d' d''* führen, während an der Hinterseite des Kästchens zwei mit Gummischläuchen verbundene Metallröhren *g g* angebracht sind, die in trichterförmige Mundstücke ausmünden. Durch den Schlauch *T* wird Gas geleitet, welches sich nach den 3 Flammen *d d' d''* vertheilt. Wird nun durch die mit Mundstücken versehenen Röhren *g g* gesprochen, gesungen oder geblasen, so kommen die Membranen der Kapseln *cc* in Vibrationen und diese Vibrationen theilen sich dem in dem Schlauchwerke zu den Flammen *d d' d''* fließenden Gase mit, sodass erstere gleichmässig, je nachdem bei *g g* Töne oder Schall-schwingungen entstehen, vibriren. In der Nähe dieses Instrumen-

tariums ist eine Spiegelvorrichtung M angebracht, in welcher die drei Flammen sich abspiegeln. Wird dieser mit vier Spiegeln auf seinen vier Seiten montirte Kasten durch eine Drehvorrichtung gleichmässig in Umdrehung versetzt, so verwandeln sich die vibrirenden Spiegelbilder der Flammen $d d' d''$ für das menschliche Auge in eigenthümliche Kurven, wie solche in Figur 128 abgebildet sind. Diese eigenthümlichen in Kurvenform erscheinenden Lichtbilder nehmen nun für jeden Ton nicht nur bezüglich dessen Höhe, sondern auch bezüglich dessen Timbre eine bestimmte Gestalt an, sodass bei denselben Tönen, wenn man sie mit den Vokalen u, o oder a singt, in

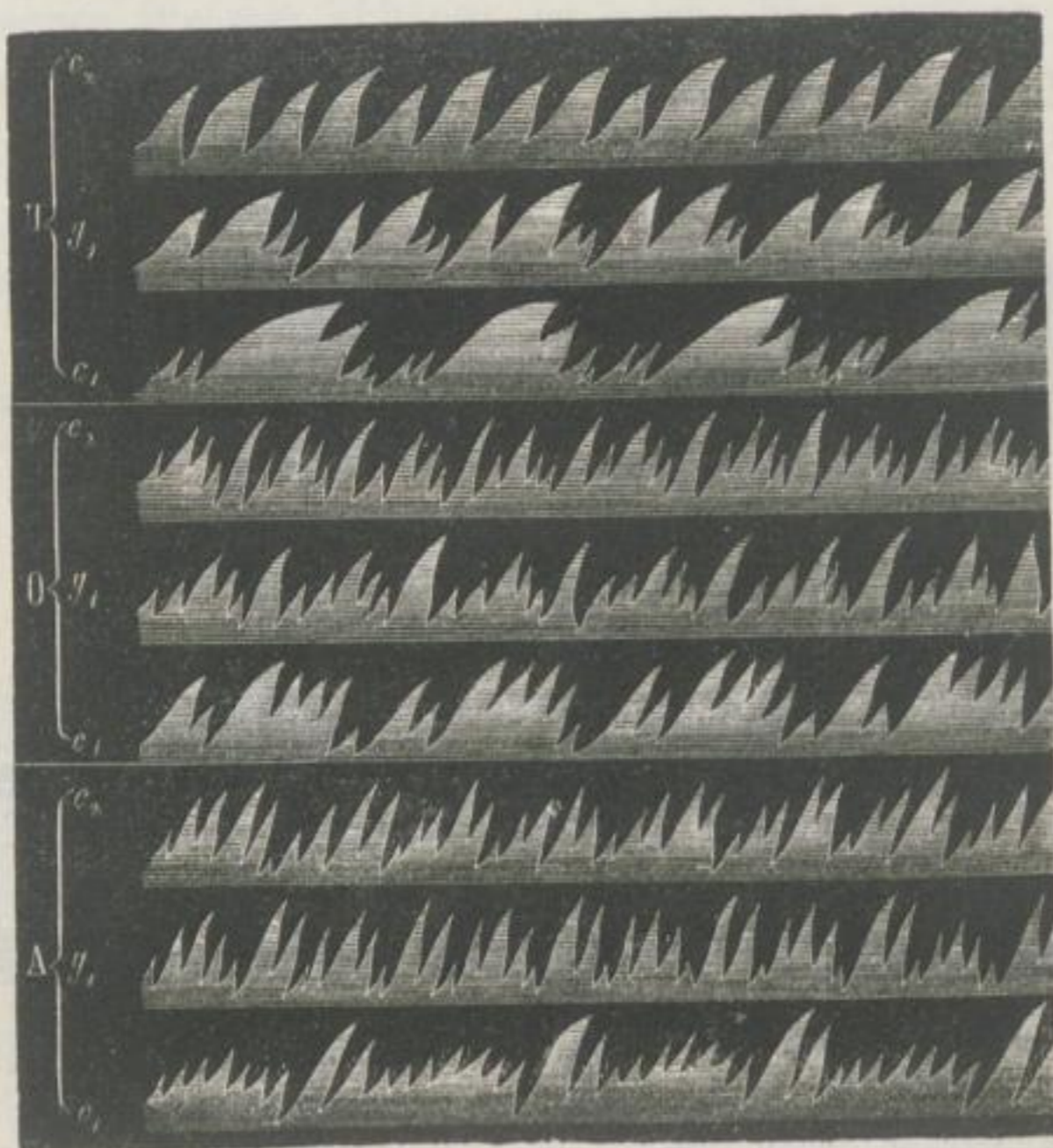


Fig. 128. Bilder manometrischer Flammen.

Folge der äussersten Empfindlichkeit des Verfahrens verschiedene Formen der Kurven auftreten. Man ist sogar im Stande, auf diese Weise Akkorde darzustellen, insoferne die gleichzeitig in die Röhren $g g$ Fig. 128 hineingesungenen zwei Töne von gleicher Kondensation sind und in Harmonie zusammenstehen. Zu einem derartigen Experimente dient auch die dritte Flamme d , für welche sich bei genauerer Prüfung der Zeichnung ergibt, dass von den beiden seitlichen Schläuchen Abzweigungen zu dieser Flamme gehen, sodass, wenn bei $g g$ gleichzeitig hineingesungen wird, die Flammen $d' d''$ Einzeltöne, die Flamme d aber einen Doppelton darstellen würde. Mittels

einer recht empfindlichen Gelatineplatte ist es möglich, alle die bekannten physikalischen Experimente von König, die Lissajan'schen Klangfiguren und ebenso jede andere rasch entstehende und vergehende optische Erscheinung im Bilde zu fesseln und nach den angegebenen Methoden deren Zeitdauer zu bestimmen.

Bei der Aufeinanderfolge verschiedener Töne oder Akkorde müsste die Platte verhältnissmässig sehr lang z. B. ein sich abrollender sehr lichtempfindlicher präparirter Papierstreifen sein, und es ist nicht undenkbar, dass man auf diesem Wege so weit kommen kann, kleine einfache Kompositionen in Kurvenform zu photographiren.

3. UEBER PHOTO-ELEKTRISCHE MESSUNGEN MINIMALER ZEITEINHEITEN.

Um kleine Zeiteinheiten d. h. Bruchtheile einer Sekunde (bis zu etwa $\frac{1}{5000}$ derselben) unserer sinnlichen Wahrnehmung in objektiver Weise zu vergegenwärtigen, wurden im Laufe der letzten Dezennien, insbesondere auf dem Gebiete der Physiologie der Sinnesorgane, interessante Apparate ersonnen und hat in erster Linie der französische Physiologe, Professor Marey in Paris, verschiedene Instrumente zu diesem Zwecke angegeben. (Vgl. Bd. I, S. 368 ff.) Aber auch auf dem Gebiete physikalischer Forschung begegnen uns Aufzeichnungsapparate, welche die Bruchtheile einer Sekunde, bis zum tausendsten Theile derselben, objektiv wiedergeben. Alle derartigen Instrumente stützen sich auf das Prinzip, dass eine leichte, entweder durch mechanische Bewegung oder durch elektromagnetische Uebertragung in Schwingungen versetzte feine Nadel oder Borste auf einen in einer bestimmten Zeit durch Vermittelung eines Präzisionsuhrwerks um seine Axe sich drehenden berussten Cylinder in Strichen oder Kurven die Schwingungen jener Nadel oder der Borste aufzeichnet. (Vgl. Bd. I, S. 349) welche derselben durch den Körper mitgetheilt worden sind, dessen minimale Bewegungen man studiren oder dessen Schwingungen in einer Sekunde man zählen will. Für feine Untersuchungen haben alle diese Methoden den Nachtheil, dass in Folge der Reibung der Feder auf dem sich drehenden berussten Cylinder eine Verzögerung eintreten kann und in vielen Fällen eintreten muss, welche noch durch die zur Auslösung der mechanischen Bewegungen nöthige Zeit vermehrt wird. Um daher möglichst genaue Aufzeichnungen zu erhalten, glaubte ich schreibende Kräfte in Verwendung ziehen zu müssen, welche, wenn sie für unsere Sinnesorgane objektiv in Erscheinung treten, keinerlei Zeitverlust durch Reibung und der-

gleichen bedingen und fand ich die kombinirte Verwendung der Elektrizität und des Lichtes zur Aufzeichnung jener minimalen Zeiteinheiten am geeignetsten. Abgesehen von der Imponderabilität dieser ideellen Schreibfedern kommt uns bei deren Benutzung noch ihre Geschwindigkeit zu Gute, indem bekanntlich die Elektrizität in einer Sekunde ca. 450 Millionen Meter, das Licht dagegen in derselben Zeit 300 Millionen Meter zurücklegt. Bevor ich zur Schilderung der einschlägigen Apparate und Instrumente übergehe, will ich durch Schilderung eines Experiments im Allgemeinen ein Beispiel geben, wie man derartiges Arbeiten überhaupt dem Auge zur An-

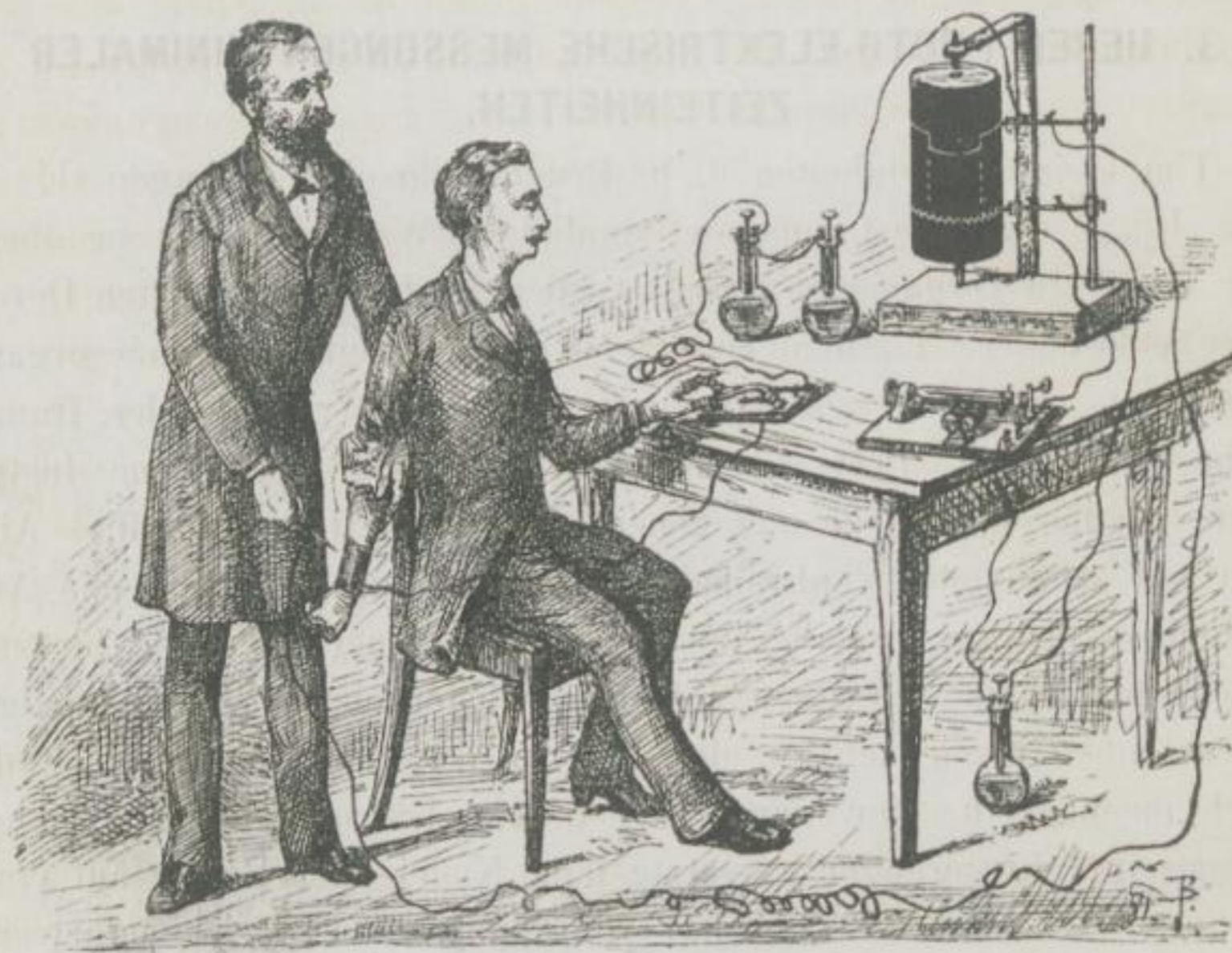


Fig. 129. Experimenteller Nachweis der Geschwindigkeit der Nervenleitung.

schauung bringen kann. Versuchen wir die Zeit annähernd zu bestimmen, welche nöthig ist, um von irgend einer Stelle des Körpers, welche gereizt wird, die betreffende Empfindung dem Gehirn zu übermitteln und welche Zeit weiter nöthig ist, um von dieser Centralstätte des Willens aus eine entsprechende Bewegung auszulösen. Auf dem Tische (Fig. 129) befindet sich ein elektrischer Kontakt-taster, wie man solche in der Telegraphie täglich benutzt, ausserdem ein mittels eines in dem unteren Kästchen des Apparates verschlossenen Präzisionsuhrwerkes sich drehender berusster Cylinder, auf welchem zwei durch kleine Elektromagnete in Bewegung gesetzte Federn aus Aluminium angebracht sind. Weiter sehen wir noch

einen Apparat auf dem Tische stehen, welcher eine durch einen Elektromagneten in beständiges Schwingen versetzte Stimmgabel darstellt. (Vgl. Bd. I, S. 348 Fig. 329.) Die Stimmgabel macht 100 Schwingungen*) in einer Sekunde und einmal angeschlagen, schwingt sie, von dem nach vorn sichtbaren Elektromagneten, durch welchen der Strom eines einfachen Tauchelements geht, angezogen und abgestossen, ebenso, wie der Wagner'sche Hammer eines Induktionsapparates, in perpetuirlicher Bewegung weiter. In unserer Fig. 129 steht das zugehörige Element auf der Erde. In den Stromkreis dieses Elements und der galvanisch schwingenden Stimmgabel ist ein zweiter kleiner Elektromagnet und in Verbindung mit dessen Anker eine feine Aluminiumfeder befestigt, die durch gleichmässige Uebertragung der Schwingungen der Stimmgabel kleine sehr rasche Bewegungen auf und nieder macht, die sich auf dem sich drehenden Cylinder in Form einer Kurve offenbaren. Wenn nun die Stimmgabel in einer Sekunde 100 halbe Schwingungen macht, so macht selbstverständlich die Aluminiumfeder, da sie in denselben Stromkreis eingeschlossen ist, gleichfalls 100 Schwingungen in der Sekunde, die sich beim Drehen des berussten Cylinders als eine Kurve aufzeichnen, von welcher jeder Hügel $\frac{1}{50}$ Sekunde bedeutet, mithin jeder aufsteigende und absteigende Schenkel eines kleinen Hügelchens resp. die Abscisse eines solchen Abstandes $\frac{1}{100}$ Sekunde. Der zweite Stromkreis, den wir an dem auf dem Tische aufgestellten Apparate sehen, wird von den daselbst stehenden Tauchelementen unterhalten; derselbe nimmt seinen Weg nach dem Apparate mit dem sich drehenden berussten Cylinder und geht hier an eine zweite kleine elektromagnetisch getriebene Aluminiumfeder, welche oberhalb der vorher geschilderten befestigt ist; von hier nimmt der Strom nach einer an einem Handgriffe befestigten feinen spitzen Nadel seinen Weg, während der andere entgegengesetzte Pol der Tauchelementen-Batterie mit dem schon Eingangs erwähnten Telegraphentaster verbunden ist. Die aufrecht stehende Person in unserer Abbildung Fig. 129 legte der sitzenden um den rechten Arm ein fest auf die Haut angedrücktes, aus einem breiten Stanniolstreifen bestehendes Bracelet, welches durch eine kurze Drahtleitung ebenfalls mit dem auf dem Tische stehenden Telegraphentaster verbunden ist. Der Taster ist so gestellt, dass, wenn er nicht berührt wird, der durch ihn hindurchgehende Strom geschlossen ist. Nun geht der betreffende Strom von der auf dem

*) Es sind hier immer sogenannte „halbe“ Schwingungen gemeint.

Tische stehenden kleinen Batterie zu der oberen elektromagnetisch bewegten Schreibfeder der berussten Trommel, von hier nach der früher erwähnten scharfen Nadel, falls mit dieser Nadel das Bracelet berührt wird, durch den Telegraphentaster hindurch wieder nach der Batterie zurück. Schliesst der Stehende nun durch Berührung mit der Nadel den Strom, so hört man den kleinen Elektromagneten der oberen Schreibfeder einmal knacken, weil der kleine Anker des Elektromagneten angezogen wird. Drückt aber bald darauf der auf dem Stuhle Sitzende mit seinem auf dem Taster aufliegenden Finger auf denselben, so wird hierdurch der elektrische Strom wieder geöffnet, man hört ein zweites Knacken an dem kleinen Elektromagneten, indem letzterer seinen Anker wieder loslässt. Der Effekt dieses Oeffnens und Schliessens des kleinen Elektromagneten ist auf dem berussten Cylinder in der oberen Zeichnung ausgedrückt, indem die beiden Striche, welche senkrecht nach unten gehen und eine Ausbuchtung der Figur darstellen, das Oeffnen und Schliessen des oberen kleinen Elektromagneten bedeuten. Nun wird der auf dem Stuhle Sitzende, ohne dass er vorher darauf aufmerksam gemacht wird, mit der Nadel durch das Stanniolbracelet hindurch mittels einer sehr raschen, plötzlichen Stossbewegung gestochen und in dem Momente, wo er den Stich spürt, hat er mit dem schon auf dem Taster liegenden Finger einen kleinen Druck zu geben, so dass der Taster den Stromkreis unterbricht. Damit der auszuübende Stich zum Bewusstsein komme und im Gehirn der Willensimpuls, den Taster zu drücken, ausgelöst und solches auch ausgeführt werde, dazu gehört eine bestimmte Zeit und diese Zeit beträgt nach bekannten physiologischen Untersuchungen pro Meter *ca.* $\frac{1}{30}$ bis $\frac{1}{60}$ Sekunde je nach der Individualität des Einzelnen, d. h. die Empfindung wird in der Nervenleitung des menschlichen Körpers im 30ten bis 60ten Theile einer Sekunde einen Meter weit fortgeleitet, oder mit anderen Worten die Empfindung legt im gesunden Nerven in einer Sekunde durchschnittlich einen Weg von 30 bis 60 Metern zurück. Dieser bedeutende Unterschied hat seine Ursache in der individuellen Verschiedenheit einzelner Menschen und der Leitungsfähigkeit ihrer Nerven, ein Umstand, den man mit dem Ausdrücke der „persönlichen Gleichung“ bezeichnet hat. Verschiedene Untersuchungsmethoden haben übrigens verschiedenen Physiologen differente Resultate ergeben; es ist nicht mein Zweck, hier kritisch dieser oder jener Methode der Messung den Vorzug zu geben, sondern nur auf das Prinzip der betreffenden Messvorrichtungen aufmerksam zu machen.

Schreiten wir daher zur Prüfung des Experimentes selbst. Vor allen Dingen ist der berusste Cylinder durch Auslösung eines Kontaktes in Bewegung zu setzen. Die untere Feder bildet ihre kleine Kurve, während die obere eine gerade Linie aufschreibt. In dem Momente, wo der Sitzende auf den Taster gedrückt hat, war das Experiment ausgeführt und auf dem berussten Cylinder die obere gerade Linie durch eine tiefer liegende mittels senkrechter Striche mit ihr verbundene Linie unterbrochen. Diese Unterbrechung deutet uns die Zeit an, welche nöthig war, den Stich dem Gehirne zur Empfindung zu bringen, den Willen für den Tasterdruck auszulösen und solchen auszuführen. Füllen wir nun 2 Abscissen von den betreffenden Punkten nach unten und zählen wir die Schenkel der Kurven-Hügelchen ab, so sind es deren fünfzehn. Wenn nun jeder Strich $\frac{1}{100}$ Sekunde bedeutet, so betragen jene 15 Striche ($7\frac{1}{2}$ Hügel = 0,15 Sekunden). Die Entfernung der beiden Striche von einander giebt die Zeit an, welche nöthig war, um den durch den Nadelstich hervorgebrachten Schmerz im Gehirne des Betreffenden zur Empfindung zu bringen und dort durch die Thätigkeit der Ganglienzellen den Effekt auf irgend welche Bewegungsnerven zu übertragen, damit die auf dem Taster ruhende Hand den erwähnten Druck gebe. Während diese Thätigkeit auf den Magneten übertragen und durch denselben aufgeschrieben wurde, arbeitete nun gleichzeitig der erst-erwähnte Elektromagnet und schrieb fortwährend seine kleinen Striche auf die berusste Walze. Es handelt sich demnach bei diesem Experimente im Prinzipie um Umwandlung von Zeitdistanzen in Raumdistanzen. Es ergiebt in der That die vergleichende Abzirkelung der Raumdistanzen der beiden von dem zweiten Elektromagneten hervorgerufenen Striche für das ganze Experiment an Zeitdauer 0,15 Sekunden. Es hatte demnach 0,15 Sekunden Zeit bedurft, um durch die Nervenleitung des menschlichen Körpers die Empfindung des Stiches zum Bewusstsein zu bringen und im Gehirne die Willensbewegung sowie die Ausführung auszulösen, welche den Telegraphentaster in Bewegung setzte. Dieses Resultat stimmt mit den Forschungen hervorragender Physiologen, in erster Linie den Helmholtz'schen Untersuchungen überein. Dieselben haben ergeben, dass die Nachricht von einem Eindrucke, der auf das Hautende empfindender Nerven gemacht wird, sich, und zwar bei verschiedenen Individuen etwas verschieden, mit einer Geschwindigkeit von ca. 60 Metern in der Sekunde nach dem Gehirne fortpflanzt. Im Gehirne angekommen, vergeht eine Zeit von etwa $\frac{1}{10}$ Sekunde, ehe der Willen die Bot-

schaft an die Muskelnerven abzugeben im Stande ist, vermöge deren eine bestimmte Bewegung ausgeführt werden soll; ausserdem vergeht etwa $\frac{1}{100}$ Sekunde, ehe sich der Muskel nach Empfangnahme der Nachricht in Thätigkeit setzt, so dass im Ganzen von der Reizung des empfindenden Nerven bis zur Bewegung der, den Reiz meldenden Muskeln etwa 0,125 bis 0,2 Sekunden verstreichen, bei unserem Experimente, wie erwähnt, 0,15 Sekunden.

Statt der graphischen Methode und der Benutzung einer Stimmgabel zur Zeitmessung kann auch die folgende photographische Messmethode unter Benutzung eines Chronoskops mit Erfolg verwendet werden. Man hat für diesen Fall nur nöthig, den in Figur 129 abgebildeten elektrischen Stimmgabel-Apparat statt mit dem dort abgebildeten berussten Cylinder mit einer Vorrichtung in Verbindung zu setzen, wie solche in Bd. I Fig. 332 zu photographischen Zwecken abgebildet und daselbst auf Seite 349 bis 353 beschrieben ist.

Hierzu kann auch eine Methode, durch welche folgende drei Thätigkeiten in einem Momente ausgeführt werden, dienen:

1. Die Oeffnung und dann die Schliessung eines Objectivs;
2. Das gleichzeitige Aufziehen des Kassettendeckels der Kamera und
3. Der Eintritt der Lichtwirkung.

Bei der Raschheit, mit welcher die nöthigen Hilfsbewegungen am Apparate ausgeführt werden müssen, war es nur denkbar, das gewünschte Resultat mit Hilfe des galvanischen Stromes zu erreichen. Ich hatte mir deshalb die Aufgabe gestellt, durch denselben das Oeffnen und Schliessen des Objectivs auf automatische Weise bewerkstelligen zu lassen und bin zu diesem Resultate mit folgender Zusammenstellung gelangt. An dem Brette *D* in Fig. 130, an welches die kleine Kamera *h* festgeschraubt ist und hinter welcher sich die Schlittenkassette *B* (Figur 131) befindet, ist eine elektromagnetische Vorrichtung *m* angebracht. Dieselbe besteht aus einem doppelten Eisenkern; der mit einer Anzahl umsponnenener Kupferdraht-Windungen umwickelt ist. Ueber diesem kleinen Elektromagneten befindet sich ein Anker *k*; von diesem Anker geht ein Hebelarm *ki* aus, welcher seinerseits wiederum mit einem zweiten Hebelarm *ih* durch ein Gelenk in Verbindung steht. Am Ende des zweiten Hebels *ih* befindet sich eine runde schwarze Pappscheibe *h* befestigt, welche die Oeffnung der Kamera, an welcher man sich das Objectiv angeschraubt zu denken hat, verschliesst. In der zwischen *i* und *h* gelegenen Seitenwand der Kamera befindet sich ein sehr feiner Schlitz, in welchem der Hebel *ih* sich ohne Reibung auf- und abbewegen kann

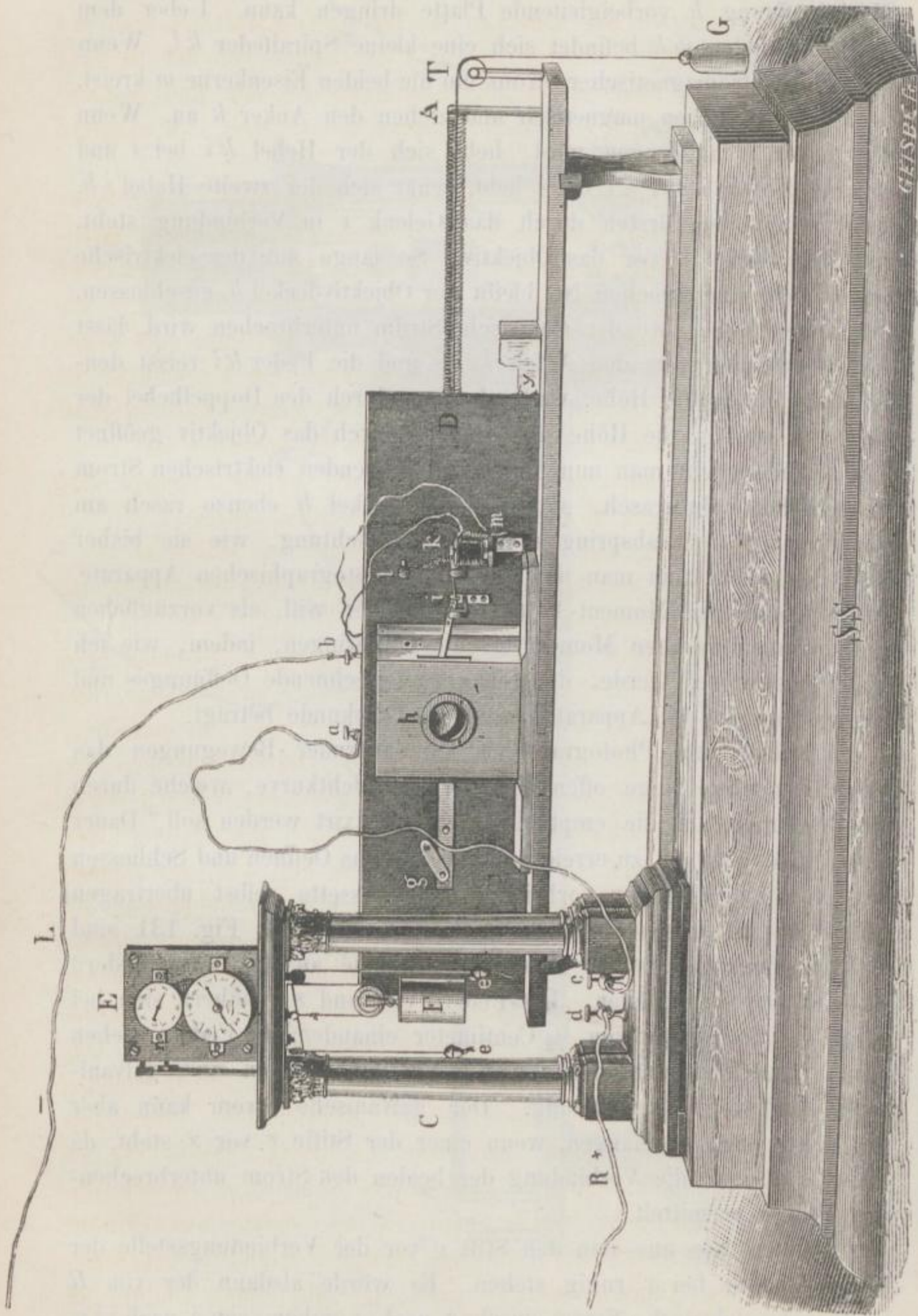


Fig. 180. Vorderer Ansicht des Apparates zur photo-elektrischen Zeitmessung.

und welcher so eingerichtet ist, dass kein Licht auf die hinter der Objektivöffnung h vorbeigleitende Platte dringen kann. Ueber dem Elektromagneten $m k$ befindet sich eine kleine Spiralfeder $k l$. Wenn nun ein elektromagnetischer Strom um die beiden Eisenkerne m kreist, so werden dieselben magnetisch und ziehen den Anker k an. Wenn der Anker k angezogen wird, hebt sich der Hebel $k i$ bei i und wenn sich der Hebel $k i$ bei i hebt, senkt sich der zweite Hebel $i h$, welcher mit dem ersten durch das Gelenk i in Verbindung steht, mit dem Deckel h vor das Objektiv. So lange nun der elektrische Strom nicht unterbrochen ist, bleibt der Objektivdeckel h geschlossen. Im Momente aber, wo der elektrische Strom unterbrochen wird, lässt der Elektromagnet m den Anker k los und die Feder $k l$ reisst denselben sofort in die Höhe, wodurch dann durch den Doppelhebel der Deckel h mit in die Höhe geht und dadurch das Objektiv geöffnet wird. Unterbricht man nun den um m kreisenden elektrischen Strom abwechselnd sehr rasch, so wird der Deckel h ebenso rasch am Objektiv auf- und abspringen. Diese Vorrichtung, wie sie bisher beschrieben ist, kann man nun an jedem photographischen Apparate, mit welchem man Moment-Aufnahmen machen will, als vorzüglichen und ungemein raschen Momentverschluss anbringen, indem, wie ich später nachweisen werde, die genau zu berechnende Oeffnungs- und Schliessungszeit des Apparates kaum $\frac{1}{500}$ Sekunde beträgt.

Es darf zum Photographiren kurzdauernder Bewegungen das Objektiv nur so lange offen sein als die Lichtkurve, welche durch die Bewegung auf die empfindliche Platte fixirt werden soll, Dauer hat. Um dieses nun zu erreichen, habe ich das Oeffnen und Schliessen des Objektivdeckels der vorbeifliegenden Kassette selbst übertragen und zwar auf folgende Weise: An der Kassette B , Fig. 131 sind drei Messingstifte $v v' v''$ angebracht, welche an den zwei Federn $r x$ und $s x$ vorbeigleiten. Die Federn $r x$ und $s x$ nähern sich bei x auf die Entfernung von $\frac{1}{2}$ Centimeter einander; die Federn stehen durch die Klemmschrauben a und b mit den Drähten einer galvanischen Batterie in Verbindung. Der galvanische Strom kann aber nur von s nach r gelangen, wenn einer der Stifte v vor x steht, da derselbe alsdann die Verbindung der beiden den Strom unterbrechenden Federn vermittelt.

Denken wir uns nun den Stift v vor der Verbindungsstelle der beiden Federn bei x ruhig stehen. Es würde alsdann der von R kommende elektrische Strom durch a nach s gehen, von s nach $x v$, von hier nach r . Von r aus geht der Strom hinüber auf die andere

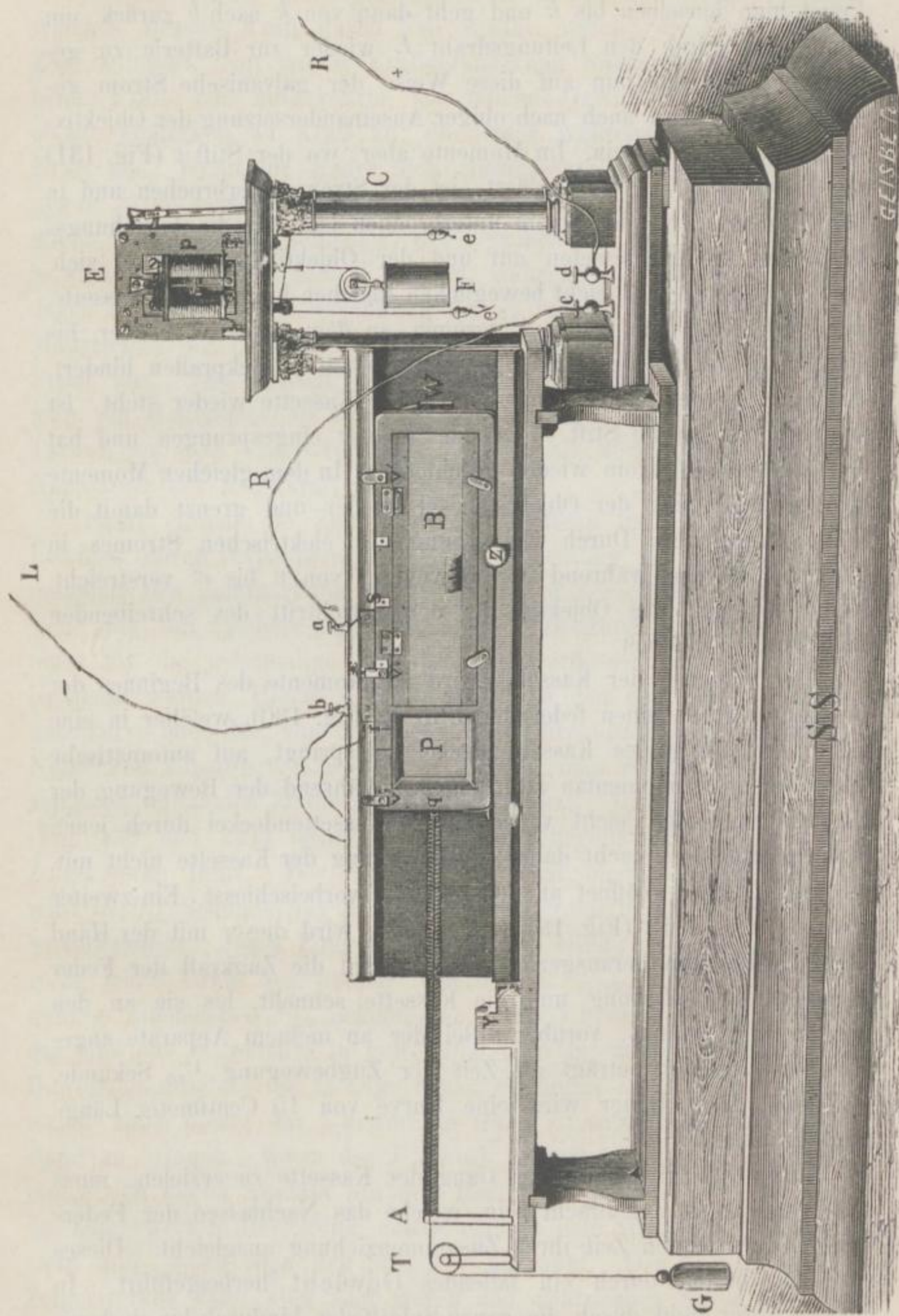


Fig. 131. Rückwärtige Ansicht des Apparates zur photo-elektrischen Zeitmessung.

Seite des Apparates (Fig. 130), nach dem Elektromagneten m , umkreist hier denselben bis k und geht dann von k nach b zurück, um von b aus durch den Leitungsdraht L wieder zur Batterie zu gelangen. Während nun auf diese Weise der galvanische Strom geschlossen ist, wird auch nach obiger Auseinandersetzung der Objektivdeckel geschlossen sein. Im Momente aber, wo der Stift v (Fig. 131) die Federn rx und xs verlässt, ist der Strom unterbrochen und in dem Momente, wo der Strom unterbrochen ist, hört die Anziehungskraft des Elektromagneten auf und der Objektivdeckel öffnet sich. Nun schnellt die auf leicht beweglichen Rädchen hinfliegende Kasette, durch die Kraft der Feder A gezogen, an dem Objektiv vorüber, bis sie sich bei y in einen Schnäpper, der sie am Zurückprallen hindert, einfängt. In demselben Momente, wo die Kasette wieder steht, ist zugleich der zweite Stift v' in die Stelle x eingesprungen und hat den elektrischen Strom wieder geschlossen. In dem gleichen Momente also schliesst sich der Objektivdeckel wieder und grenzt damit die Lichtwirkung ab. Durch Einwirkung des elektrischen Stromes in der Zeit, welche während der Bewegung von v bis v' verstreicht, bleibt demnach das Objektiv für den Durchtritt des schreibenden Lichtstrahles geöffnet.

Der Schieber der Kasette wird im Momente des Beginnes der Bewegung durch einen federnden Stift g (Fig. 130), welcher in eine kleine Vertiefung des Kassettendeckels einspringt, auf automatische Weise ebenfalls momentan aufgezogen. Während der Bewegung der Kasette wird der leicht verschiebbare Kassettendeckel durch jenen Stift festgehalten, macht daher die Bewegung der Kasette nicht mit, wodurch letztere geöffnet an dem Objektiv vorbeischießt. Ein zweiter Hemmstift ist bei z (Fig. 131) angebracht; wird dieser mit der Hand um ein Minimum herausgezogen, so beginnt die Zugkraft der Feder A sofort ihre Wirkung und die Kasette schnellt, bis sie an den Schnäpper y gelangt, vorüber. Bei der an meinem Apparate angebrachten Zugfeder beträgt die Zeit der Zugbewegung $\frac{1}{10}$ Sekunde. Während dieser Dauer wird eine Kurve von 15 Centimeter Länge photographirt.

Um einen gleichmässigen Gang der Kasette zu erzielen, muss eine Vorrichtung angebracht sein, welche das Nachlassen der Federkraft in der letzten Zeit ihrer Zusammenziehung ausgleicht. Dieses wird am besten durch ein fallendes Gewicht herbeigeführt. In unserer Figur geht durch die ganze Spiralfeder hindurch bis zu deren Anheftungspunkt an der Kasette eine Schnur, welche über die Rolle

T läuft und an ihrem entgegengesetzten Ende ein Gewicht G trägt, welches dieselbe Kraft durch Fall ausübt, welche die Feder durch Zug bethätigt. Nur ist die Kraftveränderung während der Thätigkeit beider Kräfte eine umgekehrte. Das fallende Gewicht nimmt während seiner Thätigkeit an Kraft zu; die Feder während des Ziehens an Kraft ab. Wenn die Feder sich zusammenzieht und die Kasette gegen R zu bewegt, fällt zu gleicher Zeit das Gewicht G ; das Gewicht G fällt um so schneller, übt demnach um so mehr Kraft aus, je mehr die Kasette nach T gelangt, während gleichzeitig die Feder durch ihre allmälige Entspannung um so weniger Kraft ausübt. Das Mehrziehen des Gewichtes gleicht demnach das Wenigerziehen der Feder aus. Das richtige Verhältniss wird dadurch erreicht, dass man ein Hohlgefäss als Gewicht anwendet, in welches man durch Tariren so viele kleine Gewichte einlegt, als nöthig sind, um das Nachlassen der Federkraft auszugleichen.

Steht einmal die Zeit des Vorbeigleitens fest, so ist es ein Leichtes, durch Divisionsrechnung und Abmessung die einzelnen Zeitmomente der Lichtwirkung an der Kurve zu berechnen. Handelt es sich aber um raschere oder langsamere Bewegung der Kasette, so muss für die jedesmalige Aufnahme die verflossene Zeit neuerdings bestimmt werden. Hierzu dient entweder die oben geschilderte Stimmgabelkurve oder das, von dem bekannten Uhrentechniker Dr. Hipp in Neufchâtel konstruirte Chronoskop, welches man zu den verschiedenartigsten minimalen Zeitbestimmungen benützt. Dieses Instrument C (Fig. 130 und 131) besteht aus einem Uhrgehäuse, welches zwei Zeigerwerke führt. Der Umgang bei dem oberen Ziffernblatte n wird in $\frac{1}{10}$ Sekunde, bei dem unteren Ziffernblatte o in 10 Sekunden bewerkstelligt. Jedes Zifferblatt ist in 100 Grade eingetheilt, mithin zeigt jeder Grad des oberen Zifferblattes $\frac{1}{1000}$, jeder Grad des unteren Zifferblattes $\frac{1}{10}$ Sekunde an. Das Uhrwerk E wird durch das Gewicht F , welches in gewöhnlicher Weise aufgezogen wird, in Bewegung gesetzt; die Stränge e und e' führen zu einer Hemmung, welche dazu dient, das Uhrwerk in Gang zu setzen oder zum Stillstand zu bringen. Wenn das Uhrwerk aufgezogen ist und die Hemmung sich ausser Kontakt mit dem Räderwerk befindet, so setzt sich das Zeigerwerk in Bewegung, sobald man an dem Strang e zieht und steht still, wenn man den Strang e' anspannt. Das Stillstehen des Zeigerwerkes kann aber auch durch den elektrischen Strom erreicht werden, indem an der Hinterseite des Uhrwerkes E (Fig. 131) ein Elektromagnet p angebracht ist, welcher, wenn der Strom um ihn

kreist, einen Anker anzieht, der mit einem, in das Uhrwerk eingreifenden Hemmungsstifte in Verbindung steht. Diese ganze Vorrichtung nun wird mit in den elektrischen Strom bei c und d eingeschaltet. Wenn nun der Stift v (Fig. 131) die Stromkette schliesst, so wirkt auch zugleich der Elektromagnet p und hemmt das Uhrwerk. Während der Zeit aber, wo die Kasette von v nach v' vorbeischnellt und der elektrische Strom unterbrochen ist, wird auch der Elektromagnet p ausser Thätigkeit gesetzt und das Uhrwerk ist während dieser Zeit im Gang. Um nun die Zeit zu bestimmen, welche zwischen dem Vorbeigleiten der Kasette von v nach v' verstreicht, notirt man sich, bevor man den Stift z herauszieht, die Zeigerstellung auf beiden Zifferblättern. Steht zu dieser Zeit der untere Zeiger auf 70 und der obere Zeiger auf 20 und nach Vorbeigleiten der Platte der untere Zeiger auf 71 und der obere Zeiger auf 55, so wissen wir, dass $\frac{1}{10} + \frac{35}{1000}$ Sekunde Zeit, also $\frac{135}{1000}$ Sekunde Zeit zu dem Vorbeigleiten der Platte an dem Objektiv nöthig war oder vielmehr, dass die Lichtwirkung $\frac{135}{1000}$ Sekunde gedauert hat.

Von diesem Ergebnisse muss die Minimal-Zeitdauer, welche das Magnetischwerden der Eisenkerne beansprucht, sowie die Zeit, welche während des Angezogenwerdens der Anker verstreicht, in Abzug gebracht werden. Diese Zeit findet man durch sogenannte Differenzversuche und ist zu diesem Zweck an der Kasette ein dritter Stift v'' angebracht. Man lässt dann, um jene Differenz herauszurechnen, zuerst die ganze Kasette mit der matten Scheibe P , dann bei einem zweiten Versuche nur den Theil von v bis v' vorbeigleiten. Der ganze Apparat ist zur Vermeidung von Zitterbewegungen auf einem schweren, mit Blei ausgegossenen Sockel $S. S.$ aufgeschraubt. Derselbe kann auch an Stelle der in Figur 118 und 124 abgebildeten Kamera benutzt werden.

Des Weiteren hat Marey eine höchst ingeniöse Methode ersonnen, mit Hilfe der Photographie auf sehr einfache Weise die Fallgeschwindigkeit der Körper zu bestimmen. Von einer 10 Meter hohen und 10 Meter breiten, durch weisse Linien in Quadrate von je 1 Quadratmeter Grösse eingetheilten Wand lässt er einen weissen Körper, dem anfänglich ein Stoss in horizontaler Richtung gegeben worden war, fallen (Figur 132). In geeigneter Entfernung ist eine photographische Kamera mit empfindlicher Platte aufgestellt, vor deren Objektiv sich eine, mit 10 in gleichen Abständen radial stehenden Oeffnungen versehene, durch Federkraft getriebene Scheibe um ihre Axe dreht. Diese Scheibe macht eine Umdrehung in $\frac{1}{10}$ Sekunde.

Die Oeffnungen der Scheibe kommen bei der Umdrehung vor die Mitte des Objektivs zu stehen, sodass in jedem Momente, wo eine Oeffnung vor dem Objektiv vorbeischnellt, ein Lichteindruck von dem fallenden Körper erhalten wird. Da nun die Scheibe in $\frac{1}{10}$ Sekunde sich einmal um ihre Axe bewegt, so wird demnach von einer Eröffnung des Objektivs zur zweiten, respektive dritten und vierten je $\frac{1}{100}$ Sekunde Zeit verstreichen. Macht nun der von der schwarzen Wand herunterfallende Körper auf der lichtempfindlichen Platte, wie in unserer Abbildung ersichtlich, fünf Lichteindrücke, die ungleich weit von einander entfernt stehen, so geht aus diesem Bilde ganz genau hervor, wie viel Fallzeit der betreffende Körper benötigte und wie viel derselbe beim tieferen Fallen sich schneller bewegte, als beim Beginn seiner Bewegungskurve. Figur 133 zeigt das Fallen eines elastischen Körpers, welcher auf einen harten Boden auffällt und nochmals emporspringt, um wieder zu fallen. Es lässt sich aus diesem Bilde mit Leichtigkeit berechnen, in welcher Weise bei dem Emporspringen des Körpers die Bewegung verlangsamt eventuell beim Wiederfallen vermehrt worden ist.

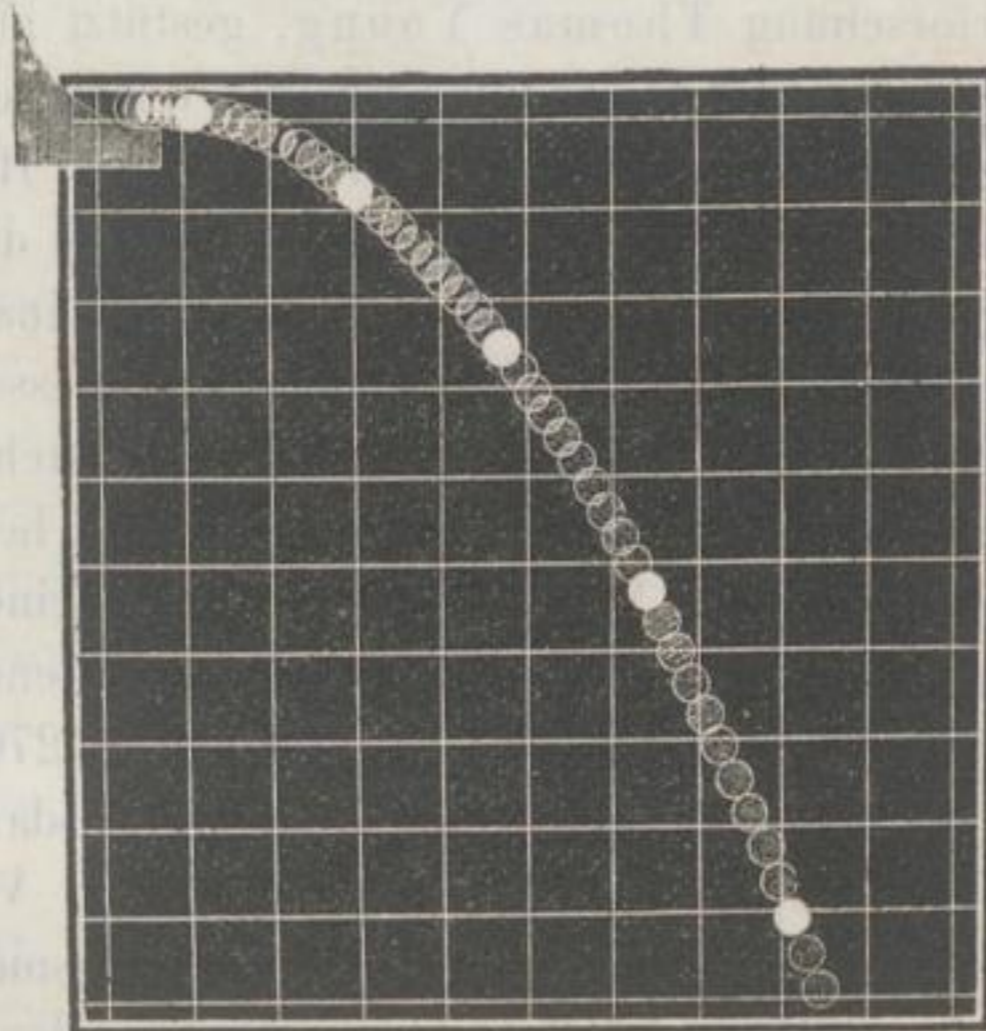


Fig. 132. Photographie eines fallenden Körpers.

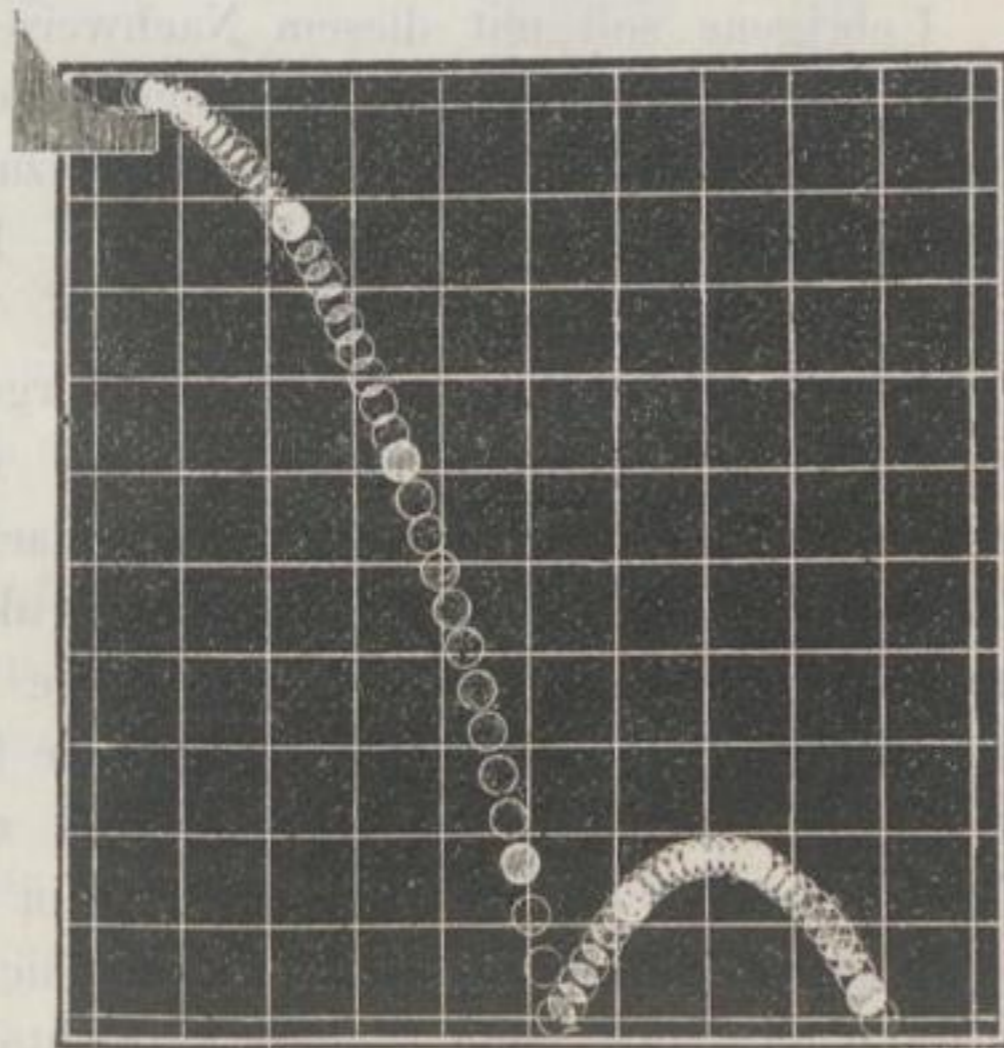


Fig. 133. Photographie eines elastischen-hüpfenden Körpers.

um wieder zu fallen. Es lässt sich aus diesem Bilde mit Leichtigkeit berechnen, in welcher Weise bei dem Emporspringen des Körpers die Bewegung verlangsamt eventuell beim Wiederfallen vermehrt worden ist.

4. PHOTOGRAPHIE DER INTERFERENZ-, BEUGUNGS- UND POLARISATIONSERSCHEINUNGEN DES LICHTES.

Die Interferenzerscheinungen des Lichtes, mit deren genauester Erforschung Thomas Young, gestützt auf Grimaldi's, Newton's und Hooke's Beobachtungen, die Wissenschaft bereichert hat, eignen sich zur photographischen Darstellung. Hierdurch ist uns ein Mittel an die Hand gegeben, in manchen Fällen die Wirkung der interferirenden Wellen im objektiven Bilde mit einander zu vergleichen. Bekanntlich lässt sich aus dem Durchmesser der farbigen Newton'schen Ringe die Dicke der dünnen Blättchen berechnen, aus welcher die Wellenlängen der einzelnen, das Bild hervorrufenden Lichttheilchen sich ergeben. Wird ein derartiges kleines Ringbild photographisch aufgenommen, so kann man das erhaltene Negativ mit dem Steinheil'schen Aplanate auf die in Bd. I, S. 270 erwähnte Methode photographisch vergrössern; es gestatten alsdann die dem ursprünglichen Bilde proportionalen Verhältnisse der Vergrößerung eine sowohl genauere als auch leichtere Berechnungsmethode, und der Beweis für die von Newton entdeckten Gesetze der Proportionalität der Ringe wird hierdurch bedeutend erleichtert.

Uebrigens soll mit dieser Nachweise nur eine Anregung zur Benutzung der Photographie bei den bezeichneten Studien gegeben werden. Die vielen zugehörigen und zur photographischen Darstellung sich eignenden Erscheinungen hier eingehender zu besprechen, würde uns zu weit führen.

Ebenso wollen wir nur im Vorübergehen auf die Verwendung der Photographie zur Darstellung der mannichfachen Beugungsercheinungen des Lichtes aufmerksam machen, indem es möglich ist, alle derartigen Bilder bei Anwendung aktinischer Lichtquellen zu photographiren. Wir haben nur an die Stelle unseres Auges die photographische Camera obscura und die lichtempfindliche Platte zu substituiren, um dasjenige Bild dauernd zu bewahren, welches die Elemente unserer Retina vorübergehend in Schwingungen versetzt.

Dagegen wollen wir der Photographie mittels der Polarisationsapparate eine etwas eingehendere Betrachtung widmen, indem wir die hierher gehörigen physikalischen Lehren bei denjenigen unserer Leser als bekannt voraussetzen, welche aus unseren Schilderungen einen praktischen Nutzen zu ziehen gedenken.

Zunächst drängt sich dem mit den polarisirenden Eigenschaften der Krystalle sich befassenden Forscher der Wunsch auf, sowohl die

einfachen als die komplizirten Kreuzungslinien und Ringsysteme, welche sich unter verschiedenen gegenseitigen Stellungen der polarisirenden Medien dem Auge darbieten, naturgetreu abzubilden, da solche Abbildungen die Ergründung des Axensystems und der Brechungsverhältnisse der Krystalle wesentlich erleichtern. Hier wird also die Photographie in mannichfacher Beziehung, besonders hinsichtlich der Winkelbestimmungen, eine höchst schätzenswerthe Unterstützung gewähren können.

Um nun auf photographischem Wege Polarisationsbilder zu gewinnen, hat man nur eine kleine Auszieh-Kamera mit 12linigem Objektiv an einen Polarisationsapparat anzufügen. Zu diesem Zwecke eignen sich sowohl Spiegel- als Prismenapparate. Die Kassette soll eine längliche Form haben, um durch Verschiebung der Platte ein Doppelbild aufnehmen zu können, da die Arme eines dunkeln Kreuzes welche den Schwingungsrichtungen im Polarisator und Analysator parallel sind, sobald der Analysator um 90 Grad gedreht wird, sich in eine leuchtende Zeichnung verwandeln, wie denn auch jeder dunkle Ring während der Drehung in einen hellen übergeht. Dadurch, dass wir zwischen den beiden Aufnahmen die Kassette verschieben, erhalten wir beide sich mathematisch deckende Erscheinungen auf einer Negativplatte.

In Figur 134 sehen wir den Nörremberg'schen Spiegel-Prismenapparat (*B*) in Verbindung mit einer an einem Gestelle *A* verschiebbaren photographischen Einrichtung (*C*). Das von dem Spiegel *s* kommende Licht wird von den in *a* zusammengefügteten Spiegelglasplatten polarisirt und auf das in *b* befindliche Objekt geworfen; in *c* befinden sich verschiedene Linsen zur Konzentration des Lichtes. Die durch den Analysator, das Nicol'sche Prisma *d*, hervorgerufenen Polarisationsbilder werden mittels des Objektivs *e* auf die matte

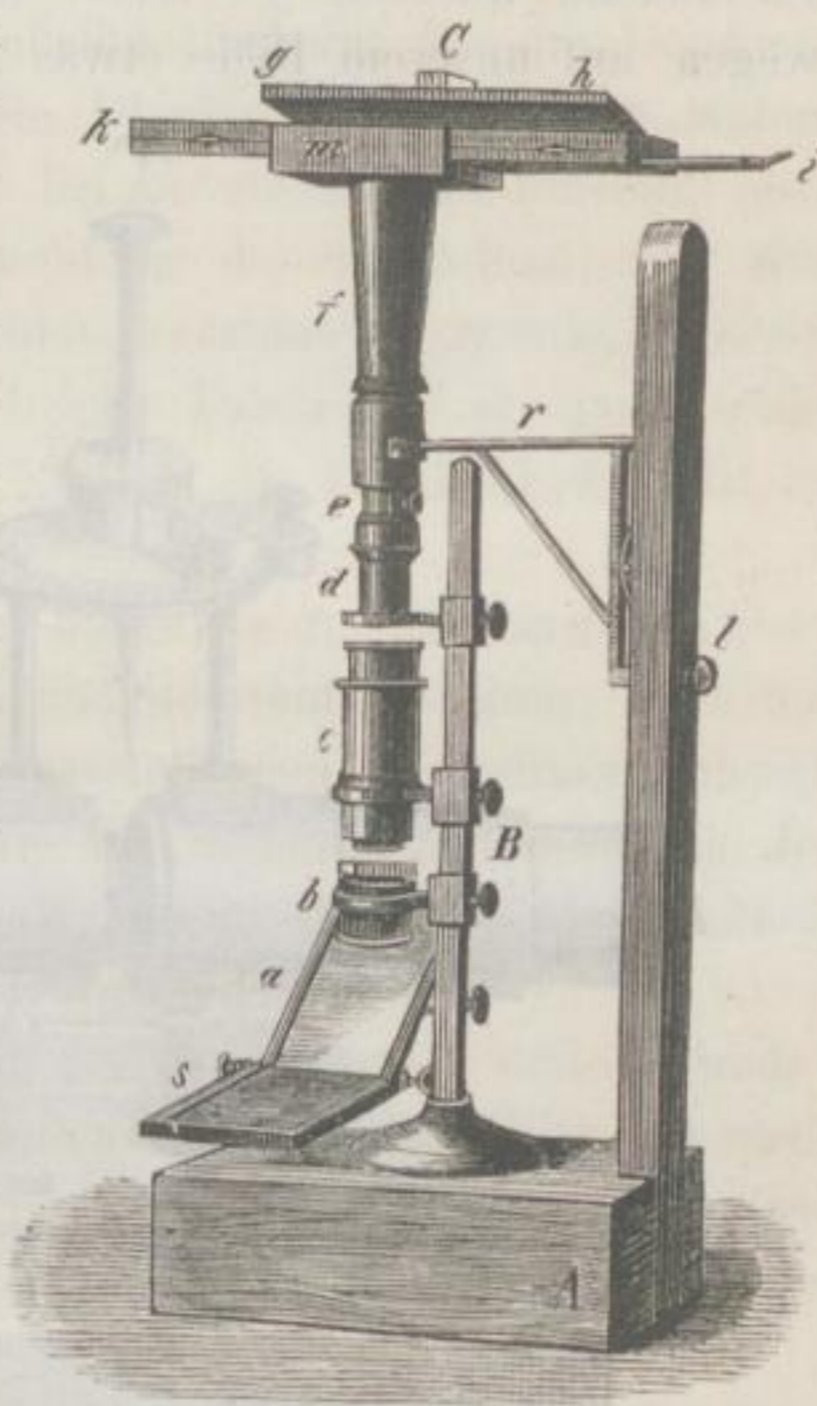


Fig. 134. Polarisationsapparat zum Photographiren.

Scheibe k der konischen Kamera f geworfen. Hier wird das Bild scharf eingestellt, was sowohl durch Verschieben der einzelnen Theile des Polarisationsapparates (b , c , d) als auch durch Auf- und Abbewegen der ganzen photographischen Einrichtung (bei r und l), sowie durch Verstellen der Objektivschraube (bei e) zu geschehen hat. Ist die Einstellung gelungen, so wird die Scheibe um circa 5 Centimeter in dem Schlitten m verschoben, damit an dieselbe Stelle die mit ihr verbundene Kassette $g i$ trete, deren Deckel $g h$, der Deutlichkeit wegen, auf unserem Bilde etwas geöffnet ist. Befindet sich die Stelle

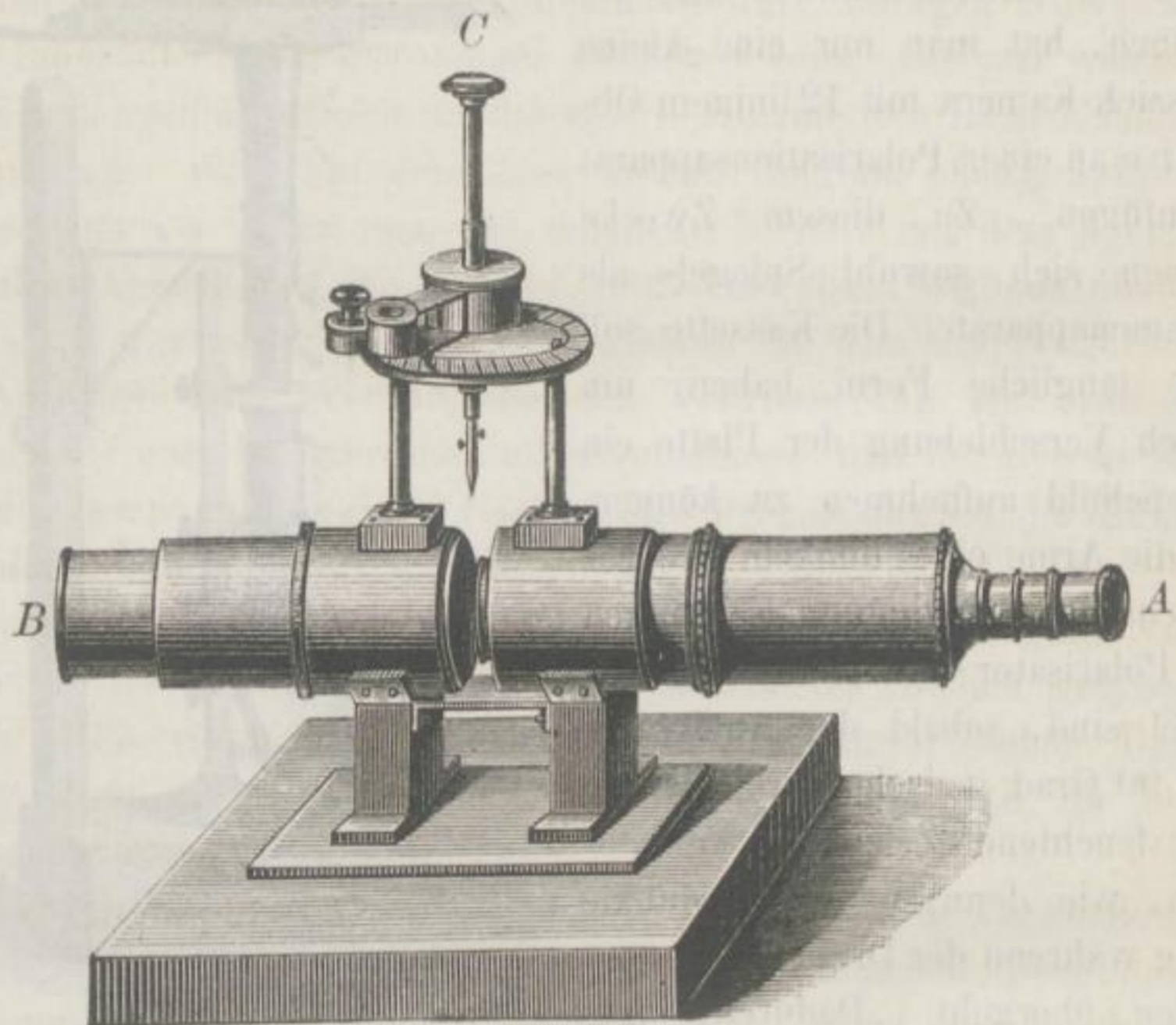


Fig. 135. Des Cloiseau's Polarisationsapparat.

$g C$ über dem Objektiv e , so wird der Schieber bei i vorsichtig aufgezogen und die Lichtwirkung beginnt. Die Exposition wird, da die Polarisationsbilder infolge der Absorption vielen Lichtes ziemlich lichtschwach sind, stets längere Zeit (je nach deren Helligkeit 1 bis 2 Minuten) in Anspruch nehmen, und muss die Dauer der Expositionszeit der Erfahrung des Exponenten anheim gestellt bleiben.

Ist das erste Bild genügend exponirt, so wird das Licht durch einen Karton abgeblendet, die Kassette um 2 Zoll weiter geschoben, der Analysator d um 90 Grad gedreht, und die zweite Aufnahme nach Entfernung der Kartons vorgenommen. Beide Bilder werden

gleichzeitig entwickelt, fixirt und auf die mehrfach erwähnte Methode vollendet.

Bei dem in Figur 135 abgebildeten Des Cloiseaux'schen Apparate, welcher 2 grosse Nicol'sche Prismen enthält, wird in analoger Weise verfahren und kann man jede horizontal stehende photographische Kamera anwenden, indem man das Okular *A* des Polarisationsapparates *AB* durch Anchieben an ein photographisches Objektiv mit diesem verbindet, die Kamera soweit auszieht, bis das Polarisationsbild scharf auf der matten Scheibe erscheint und im Uebrigen wie oben angegeben verfährt. Die Objekte, besonders zu untersuchende Krystalle, werden mit der bei *C* verstellbaren Pinzette festgehalten, und während der Beobachtung in ein Oelbad, das eine geringere Ablenkung der Lichtstrahlen veranlasst, gesenkt. Dieses Oelbad befindet sich zwischen den beiden Tuben *AB* in einem senkrechten Glastroge, der in Figur 135, um die Deutlichkeit nicht zu beeinträchtigen, weggelassen ist. —

Nicht nur zur Unterstützung bei optischen und akustischen Untersuchungen wird sich die Photographie dienstbar erweisen; auch auf fast allen anderen Gebieten der darstellenden Experimentalphysik dürfte sich unsere Kunst, ebenso wie wir Solches für die Physik des Himmels, der Luft und der Erde nachgewiesen haben, allmählich einbürgern und vortheilhaft verwenden lassen.

Besonders wird man zuvörderst in der Mechanik und Hydrodynamik die Anhaltspunkte leicht auffinden, sowie mit Hilfe des elektrischen Stromes in Nähe und Ferne noch viele Erscheinungen zur Verwerthung für Wissenschaft und Leben den Wirkungen des Lichtes erschliessen können.

Mit diesen Andeutungen beenden wir das Kapitel von der Verwendung der Photographie für physikalische Untersuchungen. Es erhellt, dass die einschlagenden Arbeiten sich erst im Entstehen befinden und hoffen wir, zum weiteren Anbau dieses ergiebigen Feldes einige Anregung gegeben zu haben.

ANMERKUNGEN UND ZUSÄTZE.

Zu Seite 36.

In den untersten Zeilen genannter Seite findet sich eine, schon in der ersten Auflage dieses Buches enthaltene unrichtige Angabe, betreffend die Mitglieder der im August 1868 nach Aden gesandten Expedition zur Beobachtung der in dem betreffenden Paragraphen geschilderten Sonnenfinsterniss. Nicht unter Leitung Dr. Hermann Vogel's aus Berlin stand jene Expedition, sondern dieselbe war geführt von dem bekannten Berliner Gelehrten, Professor Dr. Gustav Fritsch.

Auch war die Expedition nicht im Auftrage des norddeutschen Bundes unternommen worden, sondern auf Anordnung und unter den Auspicien des preussischen Staates. Herr Dr. Vogel hat sich überhaupt der Expedition erst angeschlossen, nachdem sich dieselbe in der Nähe von Aden schon etablirt hatte. In Betreff der auf Seite 40 und 41 mit der Bezeichnung „nach Vogel's Photographie“ wiedergegebenen Abbildungen der Sonnenfinsterniss von 1868 ist berichtend zu bemerken, dass hier statt „nach Vogel's Photographie“ zu setzen ist „auf Grund der durch die preussische Expedition gewonnenen Photographien reproduziert.“ Dr. Vogel spielte bei der Expedition eine nur untergeordnete Rolle.

Zu Seite 69.

Auch die Sternschnuppen sind Gegenstand der Beobachtung zum Zwecke photographischer Darstellung gewesen. Bei dem ausserordentlich grossen Sternschnuppenfall vom 27. November 1885 hat Professor Weinek, Direktor der Prager Sternwarte, im Vereine mit dem Hofphotographen Carl Maloch in Prag bezügliche Experimente angestellt und entnehmen wir den in dem Prager politischen Journale „Bohemia“, No. 330, niedergelegten Mittheilungen des Professor Weinek im Auszuge die folgenden Notizen:

„In Dresden bereitete sich für diese Aufnahme der Photograph und Docent Hermann Krone vor. Der photographische Plan war: 1) In Prag und in Dresden mit einem Steinheil'schen Antiplanet No. 4 (Objektivöffnung 43 Millimeter) zu arbeiten, welcher bei voller Oeffnung Lichtstärke mit Korrektheit des Bildes verbindet. 2) Die empfindlichsten Bromsilber-Gelatine-Platten anzuwenden. 3) Den Apparat in etwa 40 Grad Höhe nach Osten zu richten. 4) Mit dem Exponiren um 6 Uhr, d. i. zur Zeit des Aufhörens der sog. astronomischen Dämmerung, zu beginnen und bis zum Mondaufgange fortzufahren. 5) Jede Platte mit genauer Notirung der Anfangs- und Schlusszeit 15 Minuten lang zu exponiren, wodurch wohl die Sterne wegen ihres Fortrückens von Ost nach West als helle Linien erscheinen müssen, derart aber zugleich die Richtung des Aequators auf der Platte fixiren. Sobald die Westseite vollends aufgeklärt war, wurde der photographische Apparat zu Prag auf eine Stelle zwischen Adler, Schwan und Leier gerichtet und von 6 Uhr 42 M. 36 S. bis 6 Uhr 57 M. 1 S. die erste Platte exponirt. Die Zeiten des Beginnes und Endes der Exposition notirte Prof. Weinek mit astronomischer Genauigkeit. Mittlerweile war es auch im Osten klar geworden. Der photographische Apparat wurde deshalb nach Osten gebracht, um die mit Dresden vereinbarte Stelle des Himmels einzustellen. Er wurde auf einen Ort gerichtet, welcher nach oben vom Perseus, links vom Fuhrmanne (Kapella), rechts vom Stier (Aldebaran, Plejaden) und unten vom Saturn umgeben war. Wieder dauerte die Exposition eine Viertelstunde; das Mittel der Zeiten fiel auf 7 Uhr 16 M. 20 S. Aehnlich wurde bei unverrücktem Apparate eine dritte Platte um 7 Uhr 32 M. 58 S. und eine vierte um 7 Uhr 49 M. 42 S. exponirt. Bei Exposition der zweiten Platte trat von Westen her plötzlich ein so heftiger Sturmwind auf, dass er im Thurme Alles durcheinander fegte und den Aufenthalt auf der Galerie in 38 Meter Höhe fast unheimlich gestaltete. Da es schon bei der vierten Platte im Osten etwas bewölkt und schleierhaft geworden, wurde das Photographiren aufgegeben. Um 8¹/₂ Uhr musste jedes Beobachten aufhören, da der Himmel dicht mit Wolken überdeckt war. Derart wurde auch meine Absicht des Einzeichnen der helleren Meteore in Sternkarten, welches noch nach Mondaufgang, wo das Photographiren

abschliessen musste, bewerkstelligt werden konnte, nicht ausführbar. Die Hervorbringung der photographischen Platten, die in sorgfältigster Weise durch Herrn Maloch geschah, liess sofort die Sterne 1. bis 3. und 4. Grösse klar und präzise erkennen. Von den Plejaden sind beispielsweise fünf Sterne sichtbar. — Sämmtliche Sterne erschienen als feine Linien von nahe gleicher Richtung und Länge. In der That, wird die Brennweite des photographischen Objectives nach dem Steinheil'schen Preis-Kourant zu 240 Millimeter angenommen, so berechnet sich die Länge der äquatorialen Sternwege auf den Platten während 15 Minuten zu 13,1 Millimeter; andererseits muss die Neigung dieser Bahnen gegen die Horizontale, da der Apparat genau nach Westen, resp. Osten gerichtet gewesen, 40 Grade betragen. Es stimmt dies Alles mit der Wirklichkeit. Dagegen scheinen die Sternschnuppen ob ihrer Flüchtigkeit wenig Eindruck auf den hochempfindlichen Emulsionsplatten zurückgelassen zu haben, so dass auf diese noch grössere Instrumente als das benützte anzuwenden wären. Wie fein die Abbildung der Sternschnuppen sein würde, erhellt daraus, dass der ganze Mond auf diesen Platten nur als Scheibchen von zwei Millimeter Durchmesser erscheinen könnte. Immerhin ist auch das an den Sternen mit so einfachen Mitteln gewonnene Resultat interessant und lehrreich für die Herstellung photographischer, direkt vom Himmel aufgenommener Sternkarten, wobei die Sternlinien sich besonders gut zur Abschätzung der relativen Helligkeit der Sterne eignen. Richtet man ferner den photographischen Apparat auf den Polarstern und dessen Umgebung, wo die scheinbare Bewegung eine minimale ist, so wird man in der Lage sein, Studien über Expositionsdauer und chemische Grössenklasse punktartiger Sternaufnahmen zu machen.“ Zu Dresden ist die Sternschnuppen-Photographie in Folge ungünstiger Witterung leider nicht gelungen, dagegen konnte Prof. Weinek nach einer dem Verfasser zugekommenen Mittheilung eine Sternschnuppe, und zwar auf einer, nach Osten hin zwischen $7^h 42^m 15,9^s$ und $7^h 57^m 8,5^s$ M. Prag U. aufgenommenen, Platte konstatiren. Dieselbe muss demnach eine der hellsten des Abends gewesen sein; trotzdem trat sie nur in der Intensität einer Sternlinie 4. bis 5. Grösse auf. Ihre Länge beträgt 5,3 Millimeter, d. i. 1,3 Grad; die Mitte derselben liegt in Rektasc. = $87,7$ Grad und Deklination = $+17,6$ Grad; der Positionswinkel, gezählt von Nord über Ost, beträgt 135 Grad und weist auf den ersten Blick nach dem Radiationspunkte γ Andromedae hin. Es braucht wohl nicht hervorgehoben zu werden, dass der Charakter dieser feinen Linie auf der Platte sorgfältig studirt worden und die Annahme einer bez. Verunreinigung der phot. Schicht ausschliesst.“

Zu Seite 68.

Die Nummer 2702 der *Astron. Nachrichten* bringt die Kunde der Entdeckung eines Nebels durch die Photographie in Paris. Wörtlich heisst es:

Nous avons découvert le 16. Novembre dernier, à l'aide de la Photographie, une nébuleuse nouvelle dans les Pleiades. Voici sa position: Asc. droite $3^h 38^m 57^s$, Déclinaison $+25^0 1'$. Cette nébuleuse est très intense et affecte une forme spirale bien caractérisée. Elle semble s'échapper de l'étoile Maia, en se dirigeant d'abord à l'ouest, puis se contourne brusquement vers le Nord. Son étendue est de $3'$ environ. — Nous avons pu reproduire son image à trois reprises différentes le 16. Novembre et les 8. et 9. Décembre; mais jusqu'à présent, il a été impossible de l'apercevoir dans nos télescopes.

Paris, 1885 Décembre 22.

Paul et Prosper Henry.

Gebr. Henry auf der Pariser Sternwarte verwenden zum Photographiren ein Instrument mit 2 Objektiven von je 15 Zoll, deren eines als Sucher und zum Verfolg des Objektes, insofern als das Uhrwerk dasselbe nicht strikte an gleicher Stelle erhält, dient. Sie fertigen jetzt photographische Stern-Karten an.

Zu Seite 84.

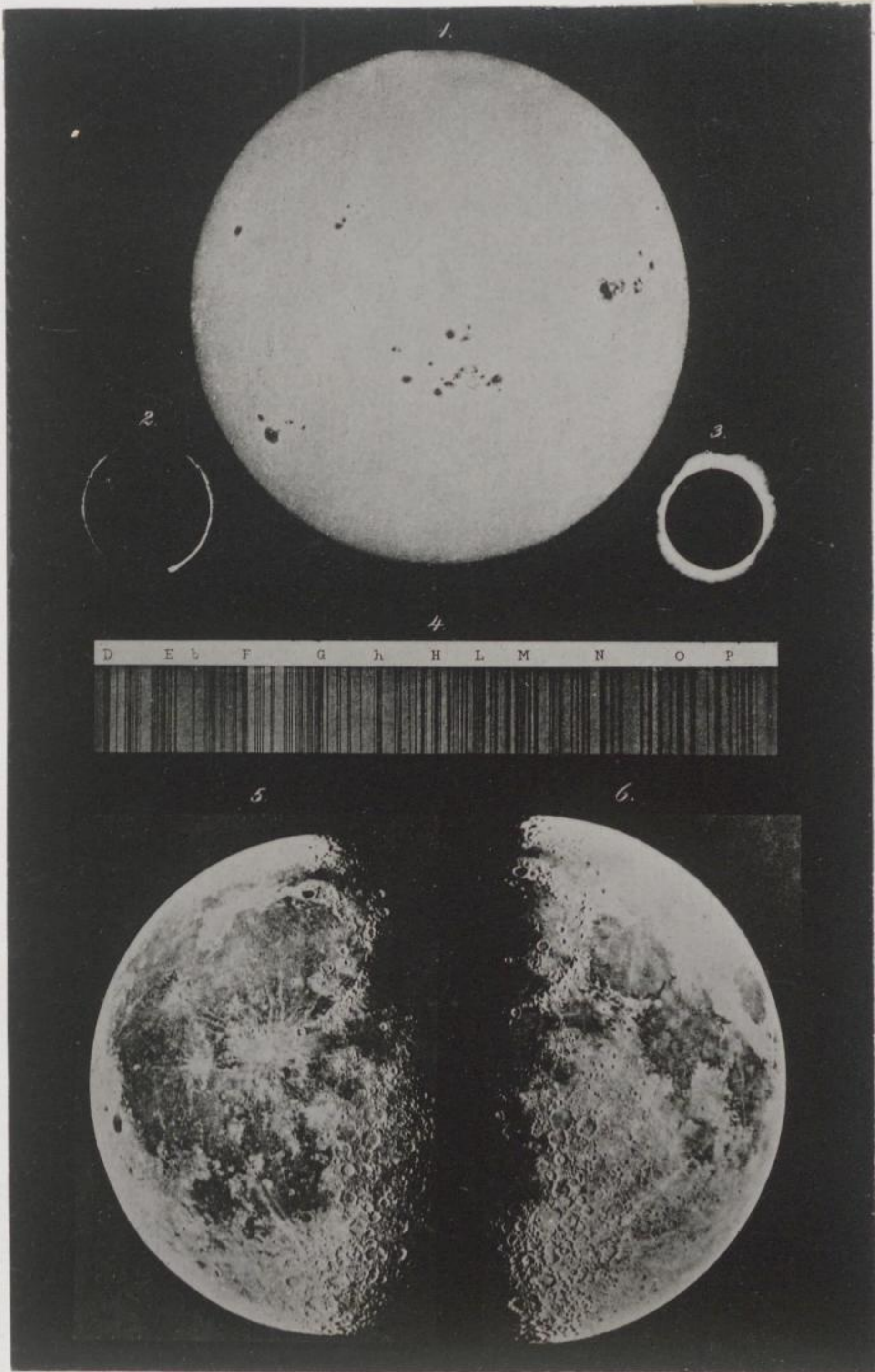
Durch die Expedition zur photographischen Aufnahme des Venusdurchgangs auf den Aucklandinseln im Jahre 1874 sind, ungeachtet der ungünstigen Wasser-Verhältnisse, gemäss dankenswerther Mittheilungen, die dem Verfasser von dem Photographen der Expedition, Herrn Dozenten Hermann Krone, zugekommen, 95 Trockenaufnahmen des Phänomens und ausserdem noch über 200 gute Trockenplatten erzielt worden. Die Trockenaufnahmen geschahen nach einem von Herrn Krone selbst komponirten Verfahren, wie denn überhaupt genannter Fachmann schon im Jahre 1857 auf die Wichtigkeit der Trockenplattensysteme, welche heutzutage, freilich in noch höherer Vervollkommnung, allgemein in die photographische Praxis eingeführt sind, und deren nothwendige Verbesserung hingewiesen hat.

Zu Seite 158.

Auch das Nordlicht ist mehrfach Gegenstand photographischer Versuche gewesen, ohne indessen bisher zu günstigen Resultaten geführt zu haben. Am 17. März 1885 ist es zwar Tromholt gelungen, mit einer Exposition von $8\frac{1}{2}$ Minuten ein schwaches Bild eines höchst brillanten Nordlichts zu erhalten, er brachte es aber nicht fertig, ein Positiv nach seinem gewonnenen Negativ zu liefern. Das British Journal of Photography meint, dass dies auf Irrthum beruhen müsse, da es möglich sei, das Negativ mit Hilfe eines Diapositivs in ein druckbares umzuwandeln. Sei jedoch das Bild so schwach, dass es nur in der Aufsicht sichtbar, so könne man es mit Sublimat verstärken und mit der Kamera kopiren. Durch eine solche Kopie werde alsdann ein unendlich viel besseres Negativ erzielt, mit welchem man auch einen Papierdruck anfertigen könne. (Berliner Photographisches Wochenblatt, No. 28, 1885).

Zu Seite 170.

Tonschwingungen von Membranen lassen sich auch in vortrefflicher Weise mit Hilfe eines Projektionsapparates optisch und photographisch darstellen; die Schwingungen eines, mittels eines in Seifenwasser getauchten Holzringes dargestellten Seifenhäutchens, das man in geeigneter Weise vor einen Projektionsapparat bringt, geben auf einer gegenüberliegenden weissen Wand, bei genügender Beleuchtung und Vergrößerung ein vortreffliches, abwechslungsreiches Bild der Tonschwingungen. Dieses Bild ist alsdann entweder auf gewöhnliche Weise mittels einer Kamera zu photographiren oder man lässt, das Bild, statt auf eine weisse Wand, direkt und momentan auf eine entsprechend grosse Bromgelatine-Trockenplatte fallen und ruft in der, Band I, S. 267, angegebenen Weise hervor. — Näheres über die betreffende technische Darstellungsweise wird in dem Kapitel dieses Bandes, „die optische Projektionskunst zu wissenschaftlichen Zwecken“ demnächst zu finden sein. —

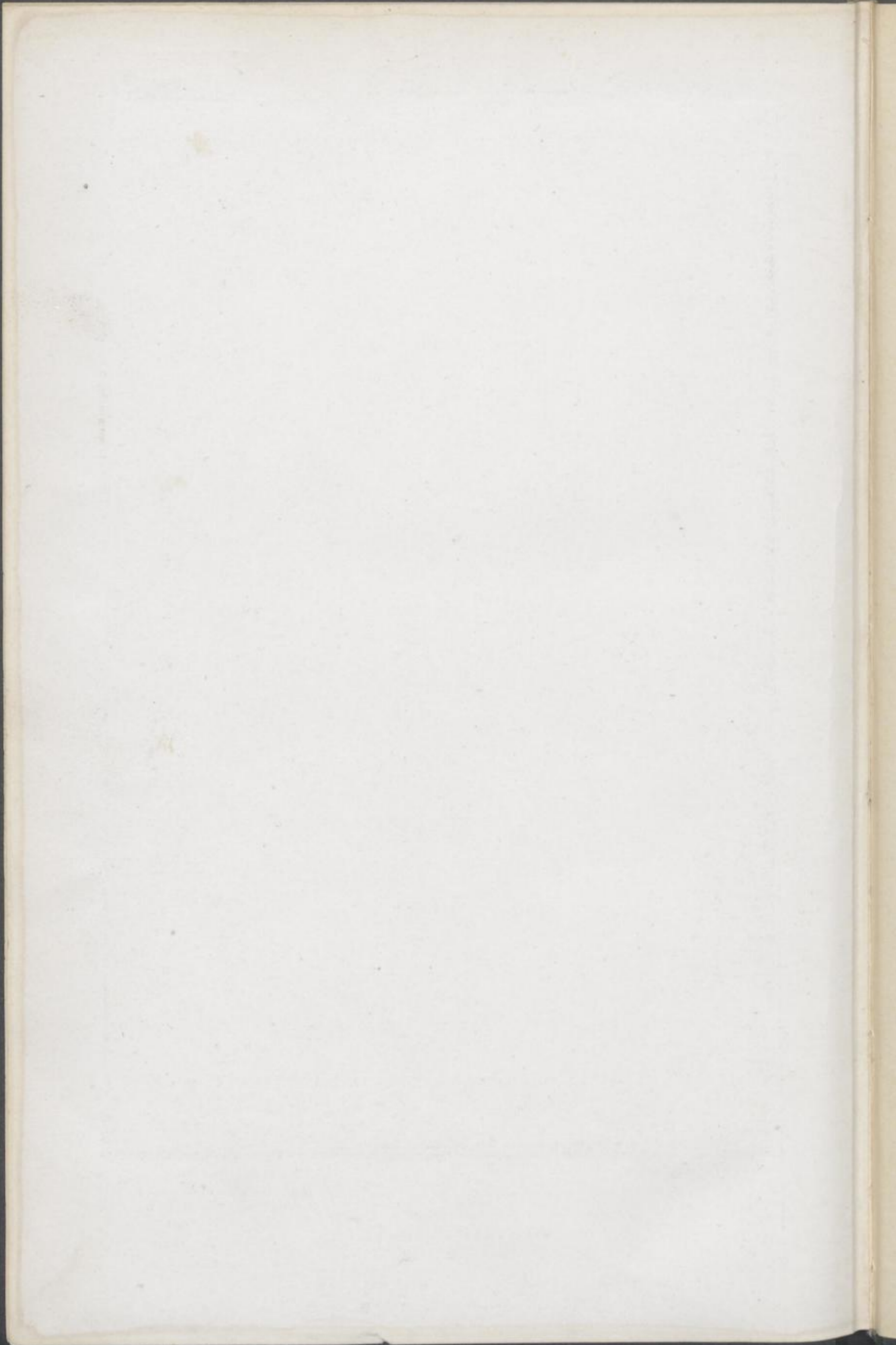


Stein, Das Licht etc.

Halle: Verlag v. W. Knapp.

Astronomische Tafel.

Lichtdruck v. Strumper & Co., Hamburg.



HGB Leipzig

00 041 909



