

Biblioteka Główna i OINT
Politechniki Wrocławskiej



100100212782

~~I, 9132~~

6 1763

KL

Archwum



~~574~~

57

Photographische Optik.

Beschreibung
 der
 photographischen Objective
 und der
 Vergrößerungs-Apparate
 von
Dr. D. van Monckhoven.



Aus dem Französischen übersetzt

von

A. Martin,

k. k. Bibliothekar am polytechnischen Institute in Wien.

Mit 87 Holzschnitten und 5 gravirten Tafeln.



1933A 1120

Wien, 1866.

Im Verlage von Oscar Kramer.



Jun. 1949



349401L/1

VORREDE.

Genau darzulegen, nach welchen Principien die optischen Instrumente, deren die Photographen sich bedienen, construiert sind, dies ist der Zweck dieses kleinen Werkchens. Die Lehrbücher der Physik, ja selbst die Lehrbücher der Optik sagen nichts über diese Instrumente und über die Ausdrücke, die man täglich aus dem Munde der Photographen vernimmt, als da sind: Chemischer Brennpunkt, Tiefe des Brennpunktes, Distortion etc. Dies kommt daher, weil die moderne Optik bis jetzt nur das Studium der Fernrohr- und der Mikroskop-Objective zum Zweck hatte, Objective, welche niemals, so wie die photographischen Linsen, die Strahlenbündel oder Strahlenkegel, sehr schief zur Hauptachse einfallen lassen. Es folgt daraus, dass man nur jene Abweichungen studirt hat, die man bei diesen Objectiven wegschaffen muss, nämlich: die sphärische Abweichung und die chromatische Abweichung. Höchstens sind noch andere Abweichungen, als: die Distortion, die Krümmung der Bildfläche, die Astigmatation u. s. w., von Seite einzelner Autoren, wie Airy und Gauss, die sie in Beziehung auf die Oculare studirt haben, der Gegenstand einiger weniger Abhandlungen gewesen, von denen übrigens in elementaren Werken über Physik oder Optik nicht gesprochen wird.

Dieses Werkchen theilt sich in zwei Theile, der erste und zugleich der Haupttheil, umfasst die Optik der photographischen Objective, der zweite jene der Vergrößerungs-Apparate.

Der erste Theil ist in Kapitel eingetheilt, in welchen wir die Grundregeln der allgemeinen Optik beschreiben. Wir verweilen hauptsächlich bei den weniger bekannten Gegenständen, oder bei denen, welche eine direkte Beziehung zur Photographie haben, als da sind: die chemische Wirkung des Lichts, die durch kleine Öffnungen erzeugten Bilder; die Absorption des Lichts in den durchsichtigen Mitteln; die reflectirende Kraft der Spiegel; die Lage des Maximums der chemischen Wirkung des Spectrums auf die lichtempfindlichen Substanzen; der photographische Achromatismus; die Fabrikation der Linsen; das Gesetz der verbundenen oder gepaarten Brennpunkte und die Grösse der Bilder im Brennpunkt der Linsen; die Bestimmung des absoluten Brennpunktes der einfachen Linsen, oder optischer, aus mehreren Linsen zusammengesetzter Systeme etc.

Da das Studium der fünf Abweichungen das meiste Interesse bietet, so haben wir es unerseits zum Gegenstand unserer besonderen Sorgfalt gemacht.

Ein leuchtender Punkt (von einfacher Farbe), welcher unendlich weit entfernt ist und in der Achse einer Sammellinse liegt, sendet auf die Linse parallele Strahlen, welche aus derselben austretend, nicht in einem und demselben Punkt der Achse zusammenlaufen; auch ist das Bild des Punktes von einem zerstreuten oder verwaschenen Lichtkreis umgeben, welchen man den Kreis der sphärischen Abweichung nennt. Liegt der Punkt einige Grade ausser der Achse, so wird der Abweichungskreis elliptisch, und ist der Punkt weit ausserhalb der Achse gelegen, d. h. sendet er in Bezug auf die Achse sehr schiefe Strahlen auf die Linse aus, so nimmt das Bild des Punktes die Gestalt eines Kometen an. Wir haben mit Sorgfalt die nothwendigen Bedingungen untersucht, um diese sphärische Abweichung

auf das Minimum zu reduciren, entweder durch Anwendung eines Diaphragma oder besser durch Verbindung einer Zerstreuungslinse mit einer Sammellinse bei richtiger Wahl der Krümmungshalbmesser, wodurch das ganze System aplanatisch, d. h. frei von sphärischer Abweichung in der Richtung der Achse gemacht wird.

Ist der leuchtende Punkt nicht von einfacher Farbe, ist er z. B. weiss, so wird der Einfallsstrahl in mehrere gebrochene, verschiedenfärbige Strahlen zerlegt, welche die Achse in verschiedenen Punkten durchschneiden; diese Erscheinung wird die chromatische Abweichung genannt und sie wird durch Verbindung einer Sammellinse mit einer Zerstreuungslinse corrigirt, welche aus einer anderen Gattung Glas mit entsprechendem Krümmungshalbmesser besteht; aber eine, für die parallel zu ihrer Achse einfallenden Strahlen, achromatische Linse würde nicht mehr achromatisch für die gegen diese Achse schief einfallenden Strahlen sein und der Optiker muss alsdann das Problem lösen, die achromatische Abweichung für den letzteren Fall auf das Minimum zu reduciren, indem er sie für den ersten Fall gleich Null macht, was wir genau besprechen werden.

Wenn wir anstatt eines unendlich weit entfernten Punktes z. B. eine unendlich weit entfernte Ebene annehmen, und wenn wir die Linse auf ihr optisches Centrum zurückführen, so werden wir finden, dass das Bild im Brennpunkt der Linse nicht in einer Ebene liegt, sondern in einer gekrümmten Fläche, und diese Abweichung nennt man die Abweichung wegen der Form oder wegen der Krümmung der Bildfläche; ferner haben die zwei Meridiane der Linse für die gegen ihre Achse schief einfallenden Strahlenkegel verschiedene Brennpunkt-Distanzen, daher zwei verschieden gekrümmte Bildflächen, welche Abweichung Astigmatism genannt wird.

Endlich rührt eine letzte Abweichung von der Dicke der Linse und von der Lage des Diaphragma her, deren schädliche

Wirkung darin besteht, die geraden Linien des zu reproducirenden Gegenstandes in dem Bilde zu krümmen, eine Abweichung, welche *Distortion* oder *Verzeichnung* genannt wird.

Alle diese Abweichungen nennt man *positiv*, wenn sie sich auf einfache Sammellinsen, und *negativ*, wenn sie sich auf einfache Zerstreuungslinsen beziehen, alle corrigiren sich gegenseitig in einem optischen System, welches in der Praxis immer *convergirend* und welches aus einer Vereinigung von Zerstreuungslinsen und Sammellinsen besteht, allein alle diese *Correctionen* können sowohl überschritten werden, als auch unzugänglich sein, und alsdann sind die Abweichungen für ein optisches *convergirendes* System entweder *positiv* oder *negativ*.

Dem Studium der Abweichungen folgt das der *photographischen Objective*, welche wir in zwei Klassen theilen: *aplanatische Objective*, welche mit ihrer ganzen Öffnung scharfe Bilder auf einer kleinen, beschränkten Brennpunktebene geben, und *nicht aplanatische Objective*, welche nur unter der Bedingung scharfe Bilder erzeugen, dass sie durch ein *Diaphragma*, welches einem sehr kleinen Bruchtheil ihrer Öffnung gleich kommt, begrenzt sind; diese *Objective* umfassen gewöhnlich einen sehr grossen Winkel und stellen folglich das scharfe Bild in einer grossen Brennpunktebene dar.

Viele neue, nicht aplanatische *Objective* sind in diesen letzten Jahren erzeugt worden, allein wir verdammen die Einführung derselben bei den Photographen entschieden, und betrachten sie nicht als einen Fortschritt, sondern als einen Rückschritt und zwar aus folgenden Gründen:

Die Praxis hat erwiesen, dass, wenn bei der Photographie dem Bilde im Brennpunkt einer Linse die Intensität mangelt, die photographische *Reproduction* dieses Bildes durchaus des *Reliefs* entbehrt, denn wenn der *Vordergrund* zu dunkel ist, so werden die am *Horizont* befindlichen Gegenstände sich mit dem *Himmel* vermischen und die *Wolken* des *Himmels* werden durch

eine flache Ebene von gleichmässiger Färbung ersetzt werden. Dem Bilde mangelt mit einem Wort die Luftperspektive, und wenn es ein Porträt darstellt, die Kraft und das Relief. Die nicht aplanatischen Objective erfordern nun, um scharfe Bilder zu geben, sehr kleine Diaphragmen und zwar gewöhnlich von $F/40$ zu $F/72$, wenn F ihre Brennpunktdistanz bezeichnet, daher die Bilder eine ungenügende Intensität besitzen, woraus der Fehler entsteht, den wir soeben angegeben haben. Wenn diese Objective aber von Distortion oder Verzeichnung frei sind und einen beträchtlichen Winkel umfassen, dann entsprechen sie in einigen speciellen Fällen, wie z. B. bei der Reproduction von Karten, bei Monumenten, die in sehr geringer Entfernung sich befinden, oder bei stark von einer grellen Sonne beleuchteten Landschaften und Gebäuden.

Die aplanatischen Objective, an deren Spitze wir das Triplet anführen, umfassen einen minder grossen Winkel, aber erfordern keine Diaphragmen über $F/30$, auch geben sie mehr künstlerisch dargestellte photographische Abdrücke, in welchen der Vordergrund und der Horizont entsprechend in einander übergehen, und wo der Himmel mit Wolken erscheint, wenn sich solche über dem Horizonte befinden. Ist das Licht unzureichend, so wendet man diese Objective mit einem grösseren Diaphragma an, wodurch die Feinheit des Bildes nicht wie bei den nicht aplanatischen Objectiven zerstört, sondern nur auf einen geringeren Umfang der Brennpunktebene beschränkt wird. Solche Objective können zu Porträts im Freien, zu Gruppen und zu Reproduktionen lebender oder natürlicher Gegenstände mit ihrer ganzen Öffnung verwendet werden, ein Vortheil, welcher ihre Anwendung unschätzbar macht. Endlich ist der Winkel, den sie umfassen, da er zwischen 50 bis 60 Grade misst, mehr als genügend, weil, wenn derselbe beträchtlicher wäre, die Wirkung der Perspective ohne Zweifel sehr über-raschend, aber wenig angenehm für das Auge sein würde.

Nach unserer Meinung ist also der Gebrauch der nicht aplanatischen Objective, wie z. B. des einfachen Objectives, der Kugellinsen, der Doubletlinsen von M. Ross und der Linsen von Steinheil, zu verwerfen (ausgenommen einige specielle Fälle, die wir oben angegeben haben), und man hat sich der aplanatischen Objective zu bedienen, unter welchen das Triplet-Objectiv, sich als das beste erweist, da seine Bilder frei von jeder Distortion oder Verzeichnung sind. Für Porträts ist das einzig mögliche Objectiv das Doppelobjectiv von Petzval, aber wir können voraussagen, dass man diese Form, bald für eine neue von Steinheil in München erfundene Combination verlassen wird, eine Combination frei von sphärischen und chromatischen Abweichungen in paralleler und schiefer Richtung zur Achse, frei von Verzeichnung und Astigmatism, und überdies die Krümmung der Bildfläche auf ein viel geringeres Mass reduzierend*). Dieses Objectiv, die Frucht mühevoller und scharfsinniger Berechnungen, wird nicht erman- geln, wie es dasselbe auch in jeder Beziehung verdient, die Aufmerksamkeit aller Photographen auf sich zu ziehen.

Es ist nicht genug gute Objective zu besitzen, sondern man muss sich derselben auch zu bedienen wissen, was unter hundert Photographen neun und neunzig nicht verstehen. Wenn man sich eines Objectivs schlecht bedient, so erzeugt man Porträts mit falscher Perspective, Monumente und Häuser, welche in die Strasse fallen etc. Wir werden in einem eigenen Kapitel zeigen, wie ein Objectiv, und unter welchen Umständen es angewendet werden muss.

Der zweite Theil dieses Buches handelt von den Vergrößerungen. Wir untersuchen in demselben das Geschichtliche der

*) Der Autor dieses Werkes besitzt eines dieser neuen Objective, was er der Gefälligkeit des H. Steinheil verdankt; diese Objective sind bis jetzt aber noch nicht in den Handel gebracht.

Vergrößerungsapparate, ihre Theorie, ihre Einführung, ihre Handhabung, so wie endlich die Anwendung des Heliostaten und der künstlichen Beleuchtung bei diesen Apparaten.

Wir stellen in diesem Werke genau das Princip fest, dass die Ursache des Mangels an Schärfe bei den Bildern, welche durch die meisten Vergrößerungs-Apparate erzeugt werden, dem Abweichungskreis der Condensatoren zuzuschreiben ist, welche das Vergrößerungs-Cliché beleuchten, und welcher die Wirkung hat, Beugungswülste oder mehrfache Linien an allen scharf begrenzten Umrissen des vergrößerten Bildes hervorzubringen. Indem man diesen Abweichungskreis wegschafft, sei es durch Anwendung von Condensatoren von geringem Durchmesser, sei es durch Anwendung von aplanatischen Condensatoren, so bringt man auch dadurch die wulstartigen Beugungserscheinungen weg, und die vergrößerten Bilder sind dann von einer bewunderungswürdigen Schärfe.

Dieses ist der Hauptinhalt unseres Werkchens, welcher in der That nur als ein Auszug aus einem vollständigen Lehrbuche angesehen werden kann; wir hoffen jedoch, dass dasselbe für den Dilettanten, den Photographen von Profession, den Physiker, den Optiker, und im Allgemeinen für alle jene Personen von Nutzen sein wird, welche sich für die Fortschritte der heutigen Optik interessiren.

Gent, den 1. März 1866.

Dr. D. van Monckhoven.

INHALTS-VERZEICHNISS.

ERSTER THEIL.

Ueber photographische Objective.

Kapitel I.

Einleitung. 1—18.

Vom Lichte. — Optik. 1. — Lichtquellen und ihre Intensität. 2. — Chemische Wirkung des Lichtes. 3. — Fortpflanzung des Lichtes in gerader Linie. 4. — Schatten und Halbschatten. 5. — Bilder durch kleine Oeffnungen erzeugt. Wirkungen der Diffraction oder Beugung. 6. — Undurchsichtige, halbdurchsichtige und durchsichtige Körper. 7. — Absorption des Lichtes in durchsichtigen Mitteln. 7. — Reflection oder Zurückwerfung des Lichtes. 11. — Spiegel und ihre reflectirende Kraft. 12. — Spiegelträger oder Hand-Heliostaten. 13. — Heliostaten. 17.

Kapitel II.

Von der Brechung des Lichtes. 18—25.

Brechung des Lichtes. 18. — Gesetz der Lichtbrechung. 19. — Ueber den Brechungsindex. 19. — Brechung in durchsichtigen Platten mit parallelen Flächen. 20. — Brechung in Prismen. 21. — Graphische Darstellung des gebrochenen Strahles durch ein Prisma. 22. — Berechnung des gebrochenen Strahles. 23.

Kapitel III.

Optische Farbenlehre. 25—38.

Das Sonnenspectrum. 25. — Streifen des Sonnenspectrums. 29. — Chemische Wirkung des Spectrums. Ausserprismatische oder unsichtbar gebrochene Strahlen. 30. — Von der Farbe der Körper. 31. — Zerstreuung

des Lichtes. 32. — Der Zerstreuungscoefficient. 33. — Der Zerstreuungswinkel. 34. — Achromatische Prismen. 34. — Photographischer Achromatismus oder Actinismus. 37.

Kapitel IV.

Von den Linsen. 38—67.

Abtheilung I. Begriffsbestimmungen in Bezug auf die Linsen.

Sammellinsen und Zerstreuungslinsen. 38. — Hauptachse und optischer Mittelpunkt der Linsen. 38.

Abtheilung II. Fabrication der Linsen.

Fabrication des Glases für optische Zwecke. 39. — Flint-Glas. 42. — Crown-Glas. 43. — Ueber die Schalen zum Schleifen der Linsenflächen. 43. — Douciren und Poliren der Linsenflächen. 45. — Centrirung und Einfassung der Linsen. 48.

Abtheilung III. Gesetze der conjugirten oder gepaarten Brennpunkte und Grösse der Bilder im Brennpunkt der Linsen.

Aehnlichkeit zwischen Linsen und Prismen. 51. — Berechnung der Brennpunktentfernung der Linsen. Hauptbrennpunkt und Nebenbrennpunkt. 52. — Formeln für die Distanz des Hauptbrennpunktes der Linsen, für die mit der Achse parallel einfallenden Strahlen. 55. — Brennpunkt der Linsen. 57. — Ueber die Brennpunktebene. 60. — Bestimmung der absoluten Brennpunktdistanz der Linsen durch Versuche. 61. — Bestimmung der conjugirten Brennpunkte und der Bildgrösse. 62.

Kapitel V.

Von den Abweichungen. 67—117.

Definition der Abweichungen. 67.

Abtheilung I. Sphärische Abweichung.

Sphärische, transversale und longitudinale, positive und negative Abweichung. 68. — Die sphärische Abweichung variirt mit der Oeffnung und dem Brechungsindex des Glases, aus welchem die Linse gemacht ist. 70. — Minimum der sphärischen Abweichung. 71. — Wegschaffung der sphärischen Abweichung durch das Diaphragma. 72. — Wegschaffung der sphärischen Abweichung einer Linse durch eine zweite Linse von entgegengesetztem Zeichen. 72. — Sphärische Abweichung für die zur Achse schief auffallenden Strahlenkegel. Die Coma oder Bärte. 74. — Wegschaffung der Abweichung für die zur Achse schiefen Strahlenkegel. 77. — Die Wirkung der sphärischen Abweichung bei den photographischen Objectiven und wie dieselbe festgestellt werden kann. 78. — Die sphärische Abweichung dient dazu, um die photographischen Objective in zwei wesentlich unterschiedene Classen abzutheilen. 79.

Abtheilung II. Die chromatische Abweichung.

Der optische und der chemische Focus. 80. — Wegschaffung der chromatischen Abweichung. 82. — Wegschaffung der chromatischen und sphärischen Abweichungen, bei Linsen von grosser Oeffnung. 85. — Chromatische Abweichung für die gegen die Achse schief stehenden Strahlenbüschel. 86. — Lage des chemischen Brennpunktes im Verhältniss zu dem optischen. 89.

Abtheilung III. Abweichung wegen der Form des Bildes oder Krümmung der Bildfläche.

Von dem gekrümmten Bild. 89. — Von der Focustiefe. 90. — Einfluss der Focustiefe auf die Krümmung der Bildfläche. 93. — Das Diaphragma. 94. — Wegschaffung der Abweichung der Form. 97.

Abtheilung IV. Abweichung wegen der Dicke der Linse oder „die Verzeichnung.“

Von der Verzerrung oder Verzeichnung der Bilder. 102. — Aufhebung der Abweichung wegen der Linsendicke. 105.

Abtheilung V. Von der Astigmatation oder Abweichung wegen der Stellung der Linsen.

Praktisches Verfahren zur Erläuterung der Astigmatation. 108. — Theoretische Erklärung der Astigmatation. 108. — Verminderung der Astigmatation auf das Minimum. 110. — Berechnung des ersten und zweiten Brennpunktes der Astigmatation. 110.

Kapitel VI.

Beschreibung der photographischen Objective. 117—150.

Eintheilung der Objective in nicht aplanatische und aplanatische. 117.

Abtheilung I. Die nicht aplanatischen Objective.

Das einfache Objectiv (für Landschaften). 119. — Neues einfaches Objectiv von Dallmayer. 126. — Das Kugel-Objectiv oder die Kugellinse. 130. — Die Panoramalinse von Sutton, 134. — Das Periscop von Steinheil. 136. — Das Doppel-Objectiv von Thomas Ross. 139.

Abtheilung II. Die aplanatischen Objective.

Das Orthoscop. 140. — Das Doppel-Objectiv für Portraits. 141. — Die Triplettlinse. 147.

Kapitel VII.

Von der Anwendung der photographischen Objective. 150—160.

Die Camera. 151. — Das Einstellen. 151. — Berechnung der Expositions-Dauer. 153. — Untersuchung des chemischen Focus des Objectivs. 155. — Von der Anwendung des Objectivs zu Portraits. 156. — Land-

schafts-Aufnahmen. 158. — Aufnahme von Monumenten. 158. — Reproduction von Kupferstichen, Zeichnungen, geographischen Karten, Gemälden, photographischen Abdrücken etc. 159.

ZWEITER THEIL.

Die Vergrößerungs-Apparate.

Kapitel I.

Die Erzeugung des zur Vergrößerung bestimmten Negativs. 162—169.

Abtheilung I. Von dem optischen Apparate zur Erzeugung eines sehr kleinen und vollkommenen Negativs.

Einfluss der Focuslänge des Objectivs. 162. — Einfluss des Objectiv-Durchmessers. 163. — Apparate, welche zur Aufnahme von Portrait-Negativs geeignet sind. 164. — Apparate für Landschafts-Negative geeignet. 164. — Automatische Camera von Bertsch. 165.

Abtheilung II. Von dem photographischen Process.

Von dem Glase. 165. — Die Manipulation. 166.

Kapitel II.

Geschichte und Beschreibung der Vergrößerungs-Apparate. 169—177.

Abtheilung I. Der Apparat von Woodward und seine Modificationen.

Veränderungen, welche an der Woodward'schen Solar-Camera vorgenommen wurden. 171. — Solar-Camera ohne Reflector. 173. — Solar-Camera von Liébert. 174.

Kapitel III.

Theorie der Bildung des vergrößerten Bildes in der Woodward'schen Camera. 177—185.

Theorie von Claudet. 177. — Beobachtungen von Bertsch. 178. — Beobachtungen von A. Thouret. 181. — Theorie von Foucault. 182.

Kapitel IV.

Die Unvollkommenheiten des Woodward'schen Apparates. 185—198.

Beugungswülste, welche durch den Abweichungskreis des Condensators herbeigeführt werden. 185. — Unvollkommenheit des Objectivs. 195. — Befestigung des Negativs. 198.

Kapitel V.

Von dem dialytischen Apparat. 199—207.

Ueber den Unterschied, welcher zwischen dem dialytischen Apparat und der gewöhnlichen Solar-Camera besteht. 199. — Kurzgefasste Beschreibung des dialytischen Apparates. 199.

Kapitel VI.

Beschreibung und Herrichtung des dialytischen Apparates und im Allgemeinen aller Vergrößerungs-Apparate. 207—223.

Von den für den Apparat bestimmten Räumlichkeiten. 207. — Beschreibung des Reflectors (Spiegelträger). 209. — Die Aufstellung des Reflectors. 213. — Beschreibung der Solar-Camera. 214. — Die Aufstellung der Solar-Camera. 217. — Der Negativträger. 218. — Beschreibung des Rahmens, auf welchen das vergrößerte Bild reflectirt wird; der Copir-Rahmen. 220. — Aufstellung des Copirrahmens. 222.

Kapitel VII.

Die Handhabung des Vergrößerungs-Apparates. 223—227.

Handhabung des Reflectors. 223. — Einsetzung des Negativs. 224. — Handhabung des Objectivs und des Copirrahmens, sowie Einstellung des vergrößerten Bildes. 225.

Kapitel VIII.

Die Aufstellung des Vergrößerungs-Apparates, um im Winter damit arbeiten zu können. 227—228.

Abänderungen, welche man an den einzelnen Theilen des Apparates zu diesem Zweck vornehmen muss. 227.

Kapitel IX.

Aufstellung des transportablen dialytischen Apparates. 228—230.

Beschreibung des Apparates. 228. — Handhabung des Apparates. 229.

Kapitel X.

Die Anwendung der Heliostaten bei den Vergrößerungs-Apparaten. 230—245.

Heliostat von August. 230. — Heliostat von Léon Foucault. 231. — Heliostat von Fahrenheit, verbessert durch D. von Monckhoven. 235. — Handhabung des Heliostaten. 241. — Stellung des Heliostaten. 241.

Kapitel XI.

Aufstellung des Heliostaten mit dem Vergrößerungs-Apparate. 246—261.

Abtheilung I. Der gegen den Horizont geneigte Apparat.

Beschreibung des Apparates. 246. — Der eigentliche Heliostat. 247.
— Das Untergestell. 247. — Der optische Apparat. 248. — Die Richtung
des Apparates. 249. — Handhabung des Apparates. 250.

Abtheilung II. Heliostat mit zwei Spiegeln.

Anwendung des Heliostaten bei den Apparaten mit gewöhnlichem
Reflector. 252. — Vorarbeit bei der Aufstellung des Heliostaten. 153. —
Aufstellung des Heliostaten. 254.

*Abtheilung III. Andere Einrichtung des Apparates mit einem Heliostaten
mit zwei Spiegeln.*

Beschreibung des Apparates. 256. — Richtung des Apparates. 258.
— Handhabung des Apparates. 260. — Aufstellung des Apparates. 260.

Kapitel XII.

Apparat für paralleles Sonnenlicht von Bertsch. 261—264.

Kapitel XIII.

Vergrößerung auf indirectem Wege, mittelst Sonnen- oder zerstreuten
Lichtes. 264—268.

Unzugänglichkeit dieser Methode im Vergleich zu der auf directem
Wege. 264. — Uebertragung des Original-Negativs in ein Positiv durch
Transparenz. 265. — Vergrößerung des Positivs mit Hülfe des Vergrösse-
rungs-Apparates. 266. — Vergrößerung des Positivs in der Camera. 267.

Kapitel XIV.

Anwendung des künstlichen Lichtes bei den Vergrößerungs-
Apparaten. 268—273.

Nothwendigkeit, dass das Licht bei einer kleinen Beleuchtungsfläche
die grösste Intensität besitze. 268. — Aufstellung des optischen Appa-
rates. 270. — Wahl des photographischen Processes. 272.



PHOTOGRAPHISCHE OPTIK.

I. THEIL.

UEBER PHOTOGRAPHISCHE OBJECTIVE.

KAPITEL I.

EINLEITUNG.

Vom Lichte. — Optik. — Wenn wir unsere Hand einer Wärmequelle nähern, so empfinden wir ein eigenthümliches Gefühl, das wir Wärme nennen; wenn in unserem Ohr eine Empfindung erregt wird, so sagen wir, dieselbe sei durch einen Ton oder ein Geräusch erzeugt; ebenso, wenn wir die Farbe oder die Umrisse eines Gegenstandes unterscheiden, so kommt dies daher, dass dieser Gegenstand uns Licht zusendet, denn im Finstern würde uns das Vorhandensein desselben entgehen. Bei Tage hingegen sehen wir leicht alle Gegenstände, welche der Zufall oder unser eigener Wille uns entgegenführt, indem alsdann Alle uns Licht zusenden, während diese nämlichen Körper des Nachts verschwinden. Daraus folgt mit Bestimmtheit, dass sie nicht durch sich selbst leuchten, sondern dass sie ihr Licht aus einer Quelle entlehnen, welche alle Welt als Sonne kennt. In der That, einige Stunden vor Aufgang dieses Gestirns fangen wir an, alle Gegenstände, wenn auch undeutlich, wahrzunehmen, je mehr sich aber die Stunde des Sonnenaufgangs nähert, desto besser unterscheiden wir, mit Genauigkeit alles, was uns umgibt; endlich, wenn die glänzende Scheibe am Horizont erscheint, überfluthet ihr Licht mit voller Intensität alle Theile des Raumes,

in welchem wir uns befinden. Man begreift also, dass nothwendigerweise zwischen der Sonne und zwischen uns, eine Art Verbindung besteht, deren Vermittler unser Auge ist und das Mittel, durch welches diese Verbindung hergestellt wird, nennen wir Licht.

Wie wir so eben gesagt haben, hören die Gegenstände auf der Oberfläche unsers Erdballs, mit dem Verschwinden der Sonne unter dem Horizont, auf sichtbar zu sein, da aber das Licht uns dieselben zugleich so verschieden zeigt, muss dieses auch verschiedener Veränderungen oder Modificationen fähig sein. Die Sonne ist weiss und dessen ungeachtet erscheinen uns die Bäume grün, der Himmel blau und die Gebäude in hundertfältigen Farben; ist es also nicht klar, dass, wenn das weisse Licht der Sonne nicht alle diese Farben in sich schliessen würde, wir dieselben auch nicht gewahr werden könnten? Man nennt die Lehre von allen jenen Erscheinungen, welche das Licht betreffen, „Optik.“

Lichtquellen und ihre Intensität. — Die Sonne leuchtet mit einem ihr eigenthümlichen Glanze, die irdischen Gegenstände mit einem erborgten Glanze; das will jedoch nicht sagen, dass es auf der Oberfläche der Erde nicht ebenfalls selbstleuchtende Körper gäbe; dies zu glauben wäre ein grosser Irrthum, denn die materiellen Substanzen werden leuchtend, sobald ihre Temperatur genugsam erhöht ist. Die Gasflammen z. B., welche des Nachts die Strassen unserer grossen Städte erleuchten, glänzen von einem Licht, das ihnen eigenthümlich zugehört, denn sie sind sowohl bei Tage wie des Nachts sichtbar, und zwar sind sie es so lange, bis die Ursache, welche sie erzeugt, aufhört. Künstliche Lichter sind übrigens fähig, eben so gut photographische Bilder zu erzeugen, als das Sonnenlicht, oder das Licht der durch dieses Gestirn erleuchteten Körper, doch wird ihre Intensität verhältnissmässig sehr schwach, ihre Wirkung auf die Substanzen, eine nur sehr langsame sein.

Unter den künstlichen Lichtquellen, von denen die Photographen Gebrauch machen, wenn ihnen das Sonnenlicht mangelt (z. B. bei den Reproduktionen von dem Innern einer Grotte, von

Kirchengewölben etc.), wollen wir in erster Linie die Flamme nennen, welche durch das Verbrennen eines Magnesiumdrahtes hervorgebracht wird. Diese Flamme ist von beträchtlichem Glanz und sendet namentlich eine grosse Anzahl chemischer Strahlen aus, von denen wir sogleich sprechen werden.

Eine feste Magnesiumstange die man durch das Calciniren von Magnesium-Nitrat erhält und welche man an die Stelle der Kalk- oder Kreidestange des Drummond'schen Lichtes setzt, strahlt gleichfalls ein sehr lebhaftes Licht aus, das demjenigen ganz vergleichbar ist, welches durch das Verbrennen des Magnesiums erzeugt wird. Das elektrische Licht, obwohl von beträchtlichem Glanze, bringt auf die lichtempfindlichen Flächen wenig Wirkung hervor, jedoch das Licht, welches man durch die Quecksilberlampe von Way erhält, obwohl weniger lebhaft, als jenes der Kohlenspitzen bei der gewöhnlichen elektrischen Lampe, wirkt auf die präparirten Flächen viel intensiver.

Chemische Wirkung des Lichtes. — Bei einer noch jungen Pflanze, die in einen Keller gestellt wird, bemerkt man in dem Maasse, als sie sich entwickelt, dass sich alle ihre Stengel, nicht gegen die Oeffnungen, wo die Luft eindringt, richten, sondern vielmehr gegen diejenigen, wo das Licht in den Keller scheint. Noch mehr, die Blätter dieser Pflanze, anstatt grün zu sein, wie in unsern Gärten, sind weiss oder blassgelb, aber sobald man sie der Sonne aussetzt, werden ihre Blätter in dem Zeitraum von wenigen Stunden, durch den Einfluss des Sonnenlichtes grün geworden sein.

Chlorgold in Aether aufgelöst und dann den Sonnenstrahlen ausgesetzt, zersetzt sich nach und nach und es schlägt sich metallisches Gold nieder. Weisses Chlorsilber schwärzt sich am Lichte, indem Chlor frei wird.

Dies sind einige Beispiele von der chemischen Wirkung des Lichtes. Die Wirkung entsteht nicht durch eine Erhöhung der Temperatur, denn wenn man z. B. Chlorsilber in eine Flüssigkeit legt, in welche man einen Thermometer taucht, bemerkt man keine Veränderung der Temperatur, überdiess bleibt dieses Salz auch weiss, wenn man es in der Dunkelheit erhitzt. Das

Licht ist mithin im Stande, eine wahrhaft chemische Wirkung hervorzubringen. Die Zahl der lichtempfindlichen Substanzen ist ausserordentlich gross und es ist sogar mit einigem Schein von Wahrheit vorauszusetzen, dass vielleicht nicht eine einzige Substanz in der Natur existirt, die nicht durch das Licht affizirt wird. Diese Veränderung ist nicht immer wahrnehmbar, aber sehr häufig verändern sich die chemischen Eigenschaften. So scheint das Quecksilbernitrat, wenn es dem Lichte ausgesetzt wird, beim ersten Blick seine Eigenschaft nicht zu verändern; die Wirkung des Lichtes offenbart sich jedoch durch die chemischen Reactionen, es sind Quecksilbersalze auf einer niedrigeren Stufe der Verbindung, welche dort ein Bild erzeugen, wo das Licht eingewirkt hat. Dasselbe lässt sich auch vom Asphalt oder Judenpech sagen, welches sich im Lichte derart ändert, dass es seine Löslichkeit in den gewöhnlichen Auflösungsmitteln verliert.

Unter jenen Körpern, die sich sehr schnell zersetzen, wenn man das Sonnenlicht auf sie wirken lässt, nennen wir folgende: Goldsalze, Silbersalze, Quecksilbersalze, Chromsalze, Uransalze und eine grosse Anzahl organischer Substanzen. Die Silbersalze zersetzen sich alle mehr oder weniger schnell, wenn man sie den Sonnenstrahlen aussetzt. Fast alle diese Salze sind weiss, aber es gibt deren auch rothe, gelbe, grüne, doch bewahrt diese Ausnahmefarbe sie nicht vor Zersetzung.

Das Merkwürdigste ist, dass es nicht der leuchtende Theil des Lichtes ist, welcher in den Beispielen, die wir soeben angeführt haben, chemisch wirkt, denn ein lichtgelbes Glas, welches sehr gut die leuchtenden Strahlen durch sich hindurch gehen lässt, hält im Gegensatz, das chemisch wirkende Licht auf, nämlich dasjenige, welches auf Chlorgold und Chlorsilber zersetzend einwirkt. Im Gegentheil, ein sehr dunkel violettes Glas, durch welches man kaum durchzusehen im Stande ist, hält die chemischen Strahlen fast gar nicht zurück, so zwar, dass das Chlorsilber unter einem weissen Glase, fast eben so schnell sich schwärzt, als unter einem violetten, aber durchaus nicht unter einem gelben Glase.

Fortpflanzung des Lichtes in gerader Linie. — Das Licht geht in gerader Linie, wesshalb wir auch einen Gegenstand

nicht mehr gewahr werden, sobald ein Hinderniss sich zwischen diesen Gegenstand und unser Auge stellt.

Ein leuchtender Punkt a (Fig. 1) sendet leuchtende Strahlen ab , ac , ad nach allen Richtungen. Ein Büschel cab ist aus mehreren Strahlen ab , ac zusammengesetzt, er geht von dem leuchtenden Punkte a aus und diese Strahlen bilden unter sich einen sehr kleinen Winkel cab . Ein Strahlenbündel bad ist aus mehreren Büscheln zusammengesetzt.

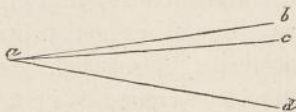


Fig. 1.

In einem Büschel bac betrachtet man gewöhnlich die graden ab , ac , welche denselben begrenzen, als parallel, weshalb der Winkel bac sehr klein sein muss, z. B. unter einer halben Bogenminute.

Jeder Punkt eines erleuchteten Gegenstandes sendet Lichtstrahlen nach allen Richtungen aus, auch kann dieser Gegenstand von einer grossen Anzahl Personen zugleich gesehen werden.

Schatten und Halbschatten. — Ein undurchsichtiger Körper, welchen man vor ein leuchtendes Strahlenbündel stellt, verhindert ihn, durch dasselbe durchzugehen; es entsteht daraus ein Schatten, der den ganzen Raum einnimmt, welcher durch das aufgefangene Strahlenbündel erleuchtet worden wäre. Setzt man z. B. die Hand den Sonnenstrahlen in geringer Entfernung von einer Mauer aus, so sieht man den Schatten der Hand an der Mauer; in dem Maasse jedoch, als man die Hand von der Mauer entfernt, sind auch die Conturen des Schattens weniger scharf begrenzt, dies kommt daher, weil die Sonne kein leuchtender Punkt, sondern eine Scheibe von beträchtlichem Umfange ist, wovon jeder Punkt einen Schatten erzeugt. Der eigentliche Schatten der Hand ist jener Theil des Schattens, wo gar kein Strahl der Sonne hindringt und der Halbschatten ist jene verwaschen begrenzte Contur, die den Schatten umgibt.

Lässt man in einem verfinsterten Zimmer einen Sonnenstrahl durch ein kleines viereckiges oder wie immer geformtes Loch fallen, so wird ein nahe vor das Loch gestellter Schirm, das Bild des Loches im Schattenriss aufnehmen, entfernt man jedoch

den Schirm, so verschwindet das Bild des Loches im Halbschatten und das vollkommen runde Bild der Sonne erscheint an der Stelle desselben.

Bilder durch kleine Oeffnungen erzeugt. Wirkungen der Diffraction oder Beugung. — Jeder Lichtstrahl, der auf ein Hinderniss fällt, erzeugt dort ein Bild, er erleuchtet es also. So ist es mit jedweder Vereinigung von Strahlen. Ein leuchtender Gegenstand, die Flamme einer Kerze z. B., kann betrachtet werden, als bestände sie aus einer unendlichen Menge leuchtender Punkte, wovon jeder, unserem Auge ein Lichtbündel zusendet, so dass das Bild der Flamme sich in unserem Auge abbildet. Ebenso auch ein äusserer Gegenstand, z. B. eine Kirche (Fig. 2) kann als von einer unendlichen Menge leuchtender Punkte gebildet angesehen werden, wovon jeder auf alle umgebenden Gegenstände, seine Strahlen aussendet.

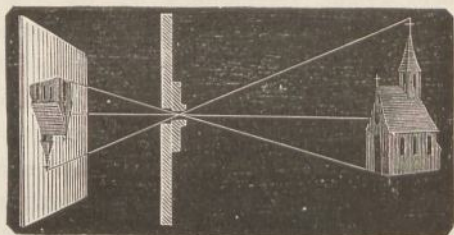


Fig. 2.

Und in der That stellen wir uns nun dieser Kirche gegenüber, und zwar in einem verfinsterten Zimmer, in dessen Fensterbalken, in angemessener Richtung, ein kleines Loch gebohrt ist, so werden wir jetzt das Bild der Kirche umgekehrt an der, dem Loch gegenüber befindlichen Wand, erscheinen sehen, denn die Strahlen, die von der Spitze des Thurmes ausgehen, gehen durch das Loch hindurch und erleuchten den Schirm mit der ihnen eigenthümlichen Farbe, ebenso diejenigen Strahlen, die von der Mauer der Kirche ausgehen u. s. w. Das Bild der Kirche zeichnet sich also umgekehrt an der entgegengesetzten Wand ab. Wäre das in den Fensterbalken gebohrte Loch sehr gross, so würde jeder Punkt der gegenüber befindlichen Wand von einer grossen Zahl verschiedener und, bezüglich des äussern Gegenstandes, unter sich entfernter Punkte erleuchtet sein; alle diese Bilder würden dann über einander fallen und das Bild

verwaschen erscheinen. Je kleiner daher das Loch ist, desto schärfer begrenzt, aber auch desto lichtärmer oder desto dunkler ist das Bild, und umgekehrt, je grösser das Loch ist, desto verschwommener, aber auch desto heller wird das Bild erscheinen. Die Grösse des Bildes hängt sichtlich von der Entfernung der Kirche vom Loche ab und ebenso von der Entfernung des Schirmes, der das Licht aufnimmt.

Wenn der äussere Gegenstand sehr hell und wenn die Oeffnung der dunklen Kammer sehr klein ist, wenn man z. B. in einer Camera obscura das Bild der Sonne durch ein sehr dünnes Kupferblatt, in welches man mit Hilfe einer feinen Nadel ein Loch gebohrt hat, auffängt, so bemerkt man, dass dieses Bild nicht mehr scharf begrenzt, sondern von einer Reihe farbiger Ringe umgeben ist, welche die Contur undeutlich machen. Diese Erscheinung hat den Namen *Beugung des Lichtes* erhalten.

Undurchsichtige, halbdurchsichtige und durchsichtige Körper. — Ein Körper ist undurchsichtig oder lichtdicht wenn er die Lichtstrahlen, die ihn treffen, nicht durchlässt, und durchsichtig, wenn er dieselben frei durchgehen lässt. Es gibt keine absolut undurchsichtigen und keine absolut durchsichtigen Körper, denn wenn man aus den ersteren dünne Blättchen anfertigt, so lassen diese immer einen Theil des Lichtes, der sie trifft, hindurch, und die zweiten halten bei grosser Dicke einen Theil des durchgehenden Lichtes auf, was man die *Absorption des Lichtes im durchsichtigen Mittel* nennt. Halbdurchsichtig nennt man unvollkommen durchsichtige Körper. Von den Metallen sagt man, dass sie opak oder undurchsichtig sind; das Glas, Silicate, krystallisirte Substanzen, die Flüssigkeiten und Gase, sind im allgemeinen durchsichtig; organische Stoffe mit nicht krystallinischem Gefüge, wie das Holz in dünnen Schichten, das Horn, die Goldschlagerhaut etc. sind halbdurchsichtig oder durchscheinend.

Absorption des Lichtes in durchsichtigen Mitteln. —

Wenn ein Strahlenbündel auf die Fläche eines durchsichtigen Mittels fällt, so wird ein Theil des Bündels zurückgeworfen, und zwar desto mehr, je mehr der einfallende Strahl gegen die Fläche des Mittels geneigt ist, ein anderer Theil zerstreut sich

im Innern des Mittels, ein dritter endlich wird durchgelassen. Stellt man sich nun den einfallenden Strahl senkrecht auf der Fläche des Mittels vor, so hängt die Absorption fast gänzlich von der mehr oder weniger durchsichtigen Natur des Mittels, von seiner Dicke und seiner Färbung ab. Was das Glas betrifft, welches man als fast farblos betrachten kann, so hat Bouguer gefunden, dass auf eine Dicke von 6 Spiegelplatten, die übereinandergelegt eine Gesamtdicke von nur 26 Millimeter haben, die Abschwächung des Lichtes in einem Verhältniss von 10 zu 3 statt hat. Es wird also nur ein dritter Theil des Lichtes durchgelassen, aber in diesem Falle hängt der grosse Lichtverlust hauptsächlich von der Reflexion ab, welche durch die 12 Flächen des Mittels stattfindet.

Die Luft selbst hält einen gewissen Theil des von der Sonne ausgestrahlten Lichtes zurück. Bouguer gibt uns die Tabelle für die Lichtintensität der Sonne in verschiedener Höhe; die Zahl 10,000 würde die Intensität der Sonne repräsentiren, wenn die Luft absolut durchsichtig wäre.

SONNEN-HÖHE.	INTENSITÄT.	SONNEN-HÖHE.	INTENSITÄT.
0°	6	20°	5474
1°	7	25°	6136
2°	192	30°	6613
3°	454	40°	7237
4°	802	50°	7624
5°	1201	70°	8016
10°	3149	90°	8123
15°	4535		

Diese Tabelle ist sehr belehrend, indem sie uns den ungeheuern Unterschied zeigt, welcher zwischen der Intensität der Sonne im Sommer und im Winter stattfindet. So ist in Paris am 21. Juni die Höhe der Sonne zu Mittag ungefähr $64^{\circ} 17'$, ihre Intensität beträgt also in runden Zahlen 7,800. Im Winter am 21. December ist diese Höhe $17^{\circ} 43'$, ihrer Intensität entspricht also nur mehr die Zahl 5,000, daher beträgt die Intensität des Sonnenlichtes im Winter nur mehr $\frac{2}{3}$ von derjenigen, welche

im Sommer stattfindet. Man setzt hier einen sehr reinen Himmel voraus. Wenn man jedoch bedenkt, dass im Winter in unserem Klima der Himmel meistens nebelig ist, so kann man sehr leicht den grossen Unterschied erklären, zwischen der Intensität dieses glänzenden Gestirnes in den Wintermonaten und in den Sommermonaten.

Wir haben gesehen, dass die chemischen Lichtstrahlen, d. h. jener Theil des Lichts (blau und violett), der auf die lichtempfindlichen Flächen wirkt, von dem helleuchtenden (orangen, gelben und grünen) Theil des Lichtes sich unterscheidet. Man hat ein sehr schlagendes Beispiel davon, wenn man die Absorption des chemischen Lichtes in einem sehr durchsichtigen Mittel, bezüglich des helleuchtenden Lichtes z. B. im Glase, aufsuchte. Man findet erstens, dass die mehr oder minder vollkommene Glätte oder Politur der Oberfläche einen grossen Einfluss auf die Absorption ausübt. Je vollkommener die Politur ist, um so weniger beträchtlich ist die Absorption, wenn alle übrigen Umstände gleich sind. Durch diese schon bekannten Thatsachen erklärt sich, dass ein Glas mit matter Oberfläche, einen grossen Theil der chemischen Lichtstrahlen aufhält und es kommt in dieser Beziehung eine unvollkommen polirte Fläche, einer sehr leicht mattirten Fläche gleich.

Zweitens. Die Absorption hängt bedeutend von der Färbung des Mittels ab. Daher kommt es, dass ein vollkommen farbloses Glas, wie leichtes Flintglas z. B., 2 bis 3 Mal so viel Licht durchgehen lässt, als das schwere Flintglas, welches gelblich ist, und $1\frac{1}{4}$ mal so viel als gewöhnliches Crown Glas, welches grünlich ist.

Wenn die durchsichtigen Platten sehr farblos sind, so lassen sie fast alle das chemische Licht gleich durch, deshalb geben auch Linsen von derselben Form, aus Quarz, Steinsalz, Flintglas, Crown Glas, keinen Unterschied bezüglich des Durchlassens der chemischen Strahlen.*)

*) Der Verfasser dieses Werkes hat durch Herrn Secretan Linsen von 1 Zoll im Durchmesser und 6 Zoll Brennweite von Flintglas, Crown Glas, farblosem Quarz und farblosem Steinsalz anfertigen lassen und hat

Die Dicke des Mittels übt einen grossen Einfluss auf die Absorption der chemischen Strahlen aus (derjenigen, welche auf photographische Flächen wirken). Das von Bouguer entdeckte Gesetz gilt hier, so wie für die Absorption der strahlenden Wärme, die Intensitäten des durchgelassenen Lichtes bilden nämlich eine geometrisch abnehmende Reihe, wenn die Dicken eine arithmetisch aufnehmende oder steigende Reihe bilden.

Wenn die Absorption einfach proportional der Dicke eines Mittels wäre, so würde eine sehr dicke Platte von einem solchen Mittel, sehr undurchsichtig sein. Nehmen wir z. B. das Meerwasser. Wenn ein Meter Meerwasser den zwanzigsten Theil des einfallenden Lichtes absorbirt, so würden zwanzig Meter die zwanzigfache Menge desselben, d. h. die Gesammtheit dieses Lichtes absorbiren und somit müsste in dieser Tiefe, im Meere eine vollständige Finsterniss herrschen. Dies verhält sich jedoch nicht so. Wenn der erste Meter Wasser einen Theil des Lichtes von 20 einfallenden Theilen absorbirt, so werden 19 Theile bleiben, die durch das Mittel durchgehen. Der zweite Meter wird nur den zwanzigsten Theil von diesen 19 Theilen absorbiren, es werden daher 18,05 übrig bleiben, der dritte Meter wird nur ein zwanzigstel von den 18,05 Theilen des durch den zweiten Meter durchgegangenen Lichtes absorbiren u. s. f., so zwar, dass, wären selbst hundert tausend, ja eine Million von Wassermeter, vom Lichte zu durchdringen, so würde dennoch immer eine gewisse Quantität durchgelassenen Lichtes übrig bleiben, was in der That der Erfahrung entspricht.

Es folgt daraus, dass bei einer durchsichtigen sehr dicken Platte es immer die ersten Schichten sind, welche den grössten

sie verglichen, indem er sie Alle zusammen in eine Kammer fassen liess und dadurch Bilder derselben äusseren Gegenstände auf ein und derselben lichtempfindlichen Fläche erhielt. Diese vier photographischen Bilder waren an Intensität nahezu vollkommen gleich. Wenn nun also dieselben Mittel, wie Allen Miller es bewiesen hat, eine verschieden absorbirende Kraft über gewisse Strahlen von sehr starker Brechungsfähigkeit (und weit über das Violett hinaus) ausüben, so will das nicht sagen, dass sie die Strahlen von geringerer Brechungsfähigkeit ebenfalls absorbiren, wie z. B. die blauen, indigo-farbenen, violetten Strahlen etc. und schwächen diese Thatsachen in Nichts das Resultat unserer Erfahrungen.

Theil des auffallenden Lichtes absorbiren, die nachfolgenden absorbiren viel weniger.

Es folgt noch ferner daraus, dass, wenn zwei durchsichtige Platten vorhanden sind, wovon die eine doppelt so dick als die andere ist, die erstere nicht das Doppelte des einfallenden Lichtes von dem absorbiren wird, was die zweite absorbiren würde. Im Gegentheil, die Absorption wird fast gleich sein, wenn die Dicke der Platten nicht einige Centimeter überschreitet und wenn sie farblos sind.

Reflexion oder Zurückwerfung des Lichtes. — Eine Fläche ist dann eine reflectirende, wenn sie das einfallende Licht, von dem sie getroffen wird, mehr oder weniger zurückwirft. Alle Körper sind also mehr oder weniger reflectirend, jedoch bezeichnet man mit dem Namen einer reflectirenden Fläche, die spiegelnden oder polirten Flächen; allein ein Lichtstrahl, wenn er eine vollkommen polirte Fläche trifft, wird auch nur zum Theil reflectirt; ein Theil wird durch das Mittel, woraus der spiegelnde Körper besteht, absorbirt, ein anderer wird zerstreut, ein dritter durchdringt das Mittel, wenn es durchsichtig ist, und ein letzter endlich, wird zurückgeworfen.

Die Lehre von der Zurückwerfung des Lichtes von polirten Flächen, heisst "Katoptrik." AB (Fig. 3) sei eine reflectirende Ebene, RO sei ein einfallender Lichtstrahl, welcher sie trifft; dieser wird wieder nach OR zurückgeworfen, und zwar in derselben Ebene des einfallenden Strahles, welcher auf der reflectirenden Ebene senkrecht steht, wo dann zugleich der Winkel ROA gleich ist dem Winkel ROB . Die Normale NO ist ferner eine gerade, auf der Fläche AB senkrecht stehende Linie, welche mit dem einfallenden Strahl RO und dem zurückgeworfenen Strahl RO gleiche Winkel bildet und das Einfallslot genannt wird.

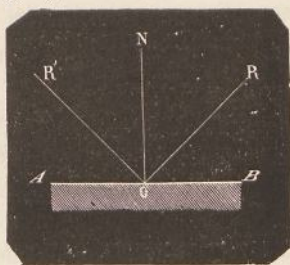


Fig. 3.

Auf diese Art kann man den Gang des zurückgeworfenen Lichtes, bei was immer für geometrischen Flächen bestimmen,

allein dieses Studium liegt der Optik der photographischen Instrumente gänzlich fern.

Spiegel und ihre reflectirende Kraft. — Eine metallische polirte Fläche wird Spiegel genannt. Die Menge des von der Fläche eines Spiegels zurückgeworfenen Lichtes hängt von drei Umständen ab; von dem Grade der Vollkommenheit seiner Politur, von seiner eigenthümlichen Farbe und von dem Einfallswinkel der Lichtstrahlen, die ihn treffen.

Je vollkommener die Politur ist, um so weniger Verlust an Licht entsteht durch den Act des Zurückwerfens. Da die metallischen Flächen sich sehr schwer poliren lassen und überdies in der Luft sehr schnell erblinden, so setzt man an ihre Stelle häufig polirte mit Quecksilber, oder noch besser mit Silber belegte Glasplatten. In diesem Falle nimmt das Metall dieselbe bewundernswerthe Politur an, die man dem Glase so leicht zu geben im Stande ist.

Von der Farbe des Metalls hängt grösstentheils die Farbe des zurückgeworfenen Strahles und seine Intensität ab. Das Kupfer daher, welches sich schwer polirt und dessen Farbe roth ist, wirft nur unvollkommen die Lichtstrahlen zurück und theilt ihnen seine röthliche Färbung mit, ebenso das Gold, seine gelbliche Färbung. Von allen Metallen ist das Silber das weisseste, weshalb auch mit Silber belegte Gläser, sich für Spiegel am meisten eignen. Nach Steinheil werfen diese 90 Procent der einfallenden Strahlen, die sie treffen, zurück, während die mit Quecksilber belegten Spiegel nur 65 Procent zurückstrahlen. Ueberdies die einzige Anwendung, die man in der Photographie von den Spiegeln macht, besteht darin, die Sonnenstrahlen in die Vergrößerungsapparate zu reflectiren und da die Sonne sehr schnell, die mit Quecksilber belegten Spiegel zerstört, deren Quecksilber sich in Tröpfchen sammelt, so ist der Vortheil ganz auf Seite der mit Silber belegten Spiegel.

Endlich, je schiefer das Licht auf eine zurückstrahlende Fläche fällt, je weniger verliert es durch die Zurückwerfung an Intensität, ja noch mehr, wenn es bezüglich der zurückstrahlenden Fläche unter einem sehr spitzen Winkel auffällt, so wird es fast

gänzlich zurückgeworfen. Man hat einen sichtlichen Beweis davon, wenn man einen weissen Gegenstand ansieht, der durch eine hochpolirte rothe Kupferplatte oder eine Goldplatte zurückgespiegelt wird. Dieser Gegenstand erscheint dann roth oder gelb, aber neigt man die Platten derart, dass die zurückstrahlende Ebene gegen das Object gerichtet ist, so zwar, dass die von diesem letzteren ausgehenden Strahlen die Platte streifen, dann ist dieser Gegenstand nicht mehr von der Farbe der Platte gefärbt, er ist weiss. Dies kommt daher, dass das ganze vom Object ausgehende Licht zurückgeworfen wird, welches auch die Farbe der zurückstrahlenden Platte sei, es findet dann eine totale Reflexion statt.

Allgemein bildet man sich ein, dass je senkrechter die Lichtstrahlen auf eine reflectirende Fläche fallen, desto vollständiger werden dieselben auch zurückgeworfen, es findet jedoch gerade das Gegentheil statt. Wenn man z. B. durch 100 die Intensität der unter einem Winkel von 60° bis 90° (d. h. fast senkrecht) auf einen mit Quecksilber belegten Spiegel fallenden Sonnenstrahlen darstellt, so ist die Intensität der zurückgeworfenen Sonnenstrahlen 60, es hat daher in dem Act der Zurückstrahlung ein Verlust von 40 Procent stattgehabt; wenn im Gegentheil die Sonnenstrahlen mit dem Spiegel einen Winkel von nur 5 Graden ausmachen, so beträgt die Intensität der zurückgeworfenen Strahlen 70, es ist nur ein Verlust von 30 Procent vorhanden. Bei mit Silber belegten Spiegeln ist, wie wir oben gesagt haben, der Verlust viel geringer.

Spiegelträger oder Hand-Heliostaten. — Die Instrumente, welche bei den optischen Apparaten dazu dienen die Sonnenstrahlen nach einer bestimmten Richtung zurückzuwerfen, bezeichnet man mit dem Namen Spiegelträger oder Hand-Heliostaten.

Hier ist die Beschreibung zweier Modelle, deren man sich am häufigsten bedient.

BCDE (Fig. 4) ist eine viereckige Bronze- oder Eisenplatte, welche man mittelst der Schrauben *J* und *I* an dem Fensterbalken eines verdunkelten Zimmers befestigt. In dieser Platte befindet sich eine runde Oeffnung, welche eine ebenfalls runde

Scheibe enthält, die auf ihrer Peripherie verzahnt und in deren Centrum eine kreisrunde Oeffnung angebracht ist. Damit diese Scheibe an ihrem Platze gehalten wird und nicht fallen kann, bedeckt man sie mit einer anderen, die an der viereckigen Platte festgemacht wird. Ein, mit einem Knopfe *F* versehenes Getriebe greift in die kreisrunde Scheibe ein und macht, dass man dieselbe drehen kann.

An der kreisrunden drehbaren Scheibe ist eine kleine Gabel befestigt, die man bei dem Buchstaben *a* sieht. Der Spiegel *A* ist an einem kleinen gezahnten Rade *a*, dessen Achse durch die Gabel gehalten wird, befestigt. Ein Getriebe, dessen Knopf mit *G* bezeichnet ist, wirkt auf das kleine gezahnte Rad *a* derart, dass man dem Spiegel alle nur möglichen Neigungen gegen die Platte *BCDE* geben kann, und da es andererseits durch den Knopf *F* gestattet ist, die Scheibe zu drehen, an welcher der Spiegel befestigt ist, so folgt daraus, dass der Spiegel jede beliebige Lage annehmen kann.

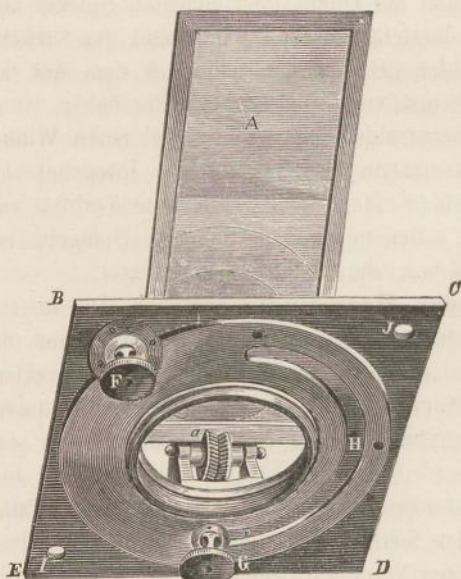


Fig. 4.

Dieses Instrument wird, wie gesagt, an dem Balken des dunklen Zimmers befestigt und indem man gleichzeitig die Knöpfe *F* und *G* dreht, kann man die Sonnenstrahlen durch die Oeffnung des Centrum in das verdunkelte Zimmer senden und dem zurückgeworfenen Strahl die gewünschte Richtung geben, welche meistens horizontal ist.

Die kreisrunde Oeffnung, welche den zurückgeworfenen Strahlen den Durchgang gestattet, muss einen Durchmesser haben, welcher der Breite des Spiegels gleich ist, was aber die Länge betrifft, die dieser letztere haben soll, um einen Cylinder von Sonnenstrahlen zurückzuwerfen, welcher seinerseits dem Durchmesser der Oeffnung gleich kommt, so hängt diese Länge von der Lage des Fensterbrettes und von der Höhe der Sonne am Horizonte ab. Die angemessenste Lage ist diejenige, wenn der Fensterbalken gegen Süden steht, — gegen Norden in jenen Zonen, die in der südlichen Hemisphäre gelegen sind, z. B. in Ostindien, am Cap der guten Hoffnung etc. Die Höhe der Sonne hängt von dem Breitengrade des Ortes ab, und je höher der Breitengrad ist, desto länger muss der Spiegel sein. In unseren Klimaten (40° zu 60° Breite) genügt es, dass diese Länge, der dreifachen Länge des Durchmessers der Oeffnung gleich sei, damit im Frühling und Sommer (vom 1. März bis 30. September) die vom Spiegel zurückgeworfenen Strahlen die Oeffnung ausfüllen; aber im Winter, besonders bei 50° bis 60° Breite, ist diese Länge gänzlich unzureichend, und selbst ein Spiegel, der 10 mal länger wäre, als die oben angegebene Dimension, würde noch zu kurz sein.

Der unter Fig. 5 dargestellte Spiegelträger ist für den Winter angemessener, aber er erfordert eine ganz eigenthümliche Anordnung; er benöthigt in einem Garten oder auf einer Terasse eines eigens gebauten Zimmers, welches bei der Benützung entsprechend verdunkelt werden kann.

Dieses Zimmer muss sehr niedrig sein, so dass die Sonnenstrahlen, selbst im Winter, über das Dach, welches dasselbe bedeckt, hinübergehen; der Giebel des Daches muss gegen Süden gerichtet sein, während die niedrigste Partie, die kaum 6 Fuss vom Boden sich erheben darf, nach Norden sieht.

Die optischen Apparate werden dann nicht mehr gegen Süden, sondern gegen Norden gerichtet und man stellt den hier beschriebenen Heliostaten oder Spiegelträger 2 oder 3 Meter von der Nordseite des Gebäudes auf.

Der Spiegel *L* sei viereckig oder besser kreisrund. Sein Durchmesser muss doppelt so gross, als jener der Linse sein, auf welche die Sonnenstrahlen zurückgeworfen werden. Dieser in Holz gefasste Spiegel, ist mittelst vier Schrauben an den Füßen des gezahnten Halbcirkels *K* befestigt, dessen Achse (horizontal) sich zwischen zwei vertikalen Eisenständern dreht.

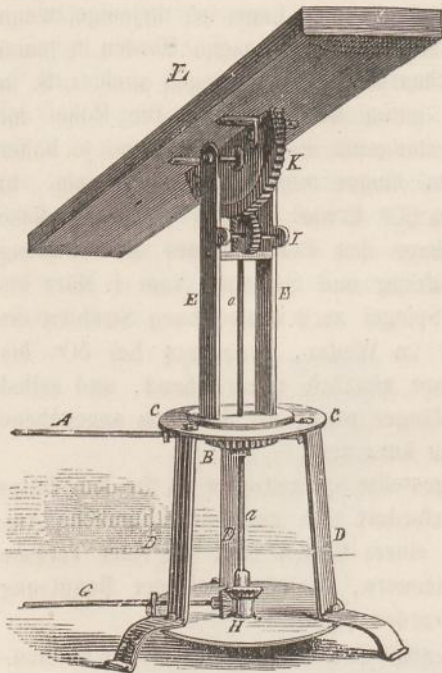


Fig. 5.

oder hölzernen Füßen *D*, welche die beiden Platten verbinden. Die Stange *a* endet an ihrem unteren Theil mit einem kleinen, kegelförmigen Rade (Kegelrad), dessen untere Spitze sich in einer an der Platte *H* befestigten Lagerhülse dreht. Die horizontale Stange *G* reicht mit dem einen Ende in das verfinsterte Zimmer, wo sie in einen Schlüsselkopf endet, den man mit

Ein kleines gezahntes Rad *I* greift mit seinen Zähnen in den Halbcirkel ein und ist ein wenig seitwärts gestellt, denn die Stange *a* muss die vertikale Achse des Spiegelfusses einnehmen und es werden vermittelst der endlosen Schraube, welche an dem oberen Ende der Stange *a* angebracht ist, das kleine Rad *I* und in Folge dessen, der Halbcirkel *K* ihre Bewegung erhalten.

Der Fuss des Instrumentes besteht aus der Eisenplatte *cc*, welche in der Mitte einen oben und unten drehbaren Einsatz hat, ferner aus der gusseisernen Platte *H* und aus drei eisernen

der freien Hand bewegen kann; das andere Ende dieser Stange welches man in der Figur über dem Buchstaben *H* gezeichnet findet, endigt mit einem gezahnten konischen Rade, welches in das konische Rad der Stange *a* eingreift, um die eingeleitete Bewegung fortzupflanzen; indem man also die Stange *G* dreht, theilt man diese drehende Bewegung auch der Stange *a* mit und in Folge dessen auch den Rädern *I* und *K*, derart, dass der Spiegel eine Bewegung in der verticalen Ebene erhält.

Die beiden Ständer *E*, welche den Spiegel stützen oder tragen, sind auf einer sich drehenden Platte befestigt, deren Rand auf dem oberen Theil der Platte *cc* aufliegt, welche eine centrische, kreisrunde Oeffnung darstellt, die der Hälfte ihres ganzen Durchmessers gleichkommt. Die Platte, welche die Ständer *E* trägt, kann sich also frei auf der Platte *cc* drehen, man legt an ihrem unteren Theil eine andere Platte *B* an, deren gezahnter Umfang in die endlose Schraube eingreift, die sich am Ende der Stange *A* befindet und welche in das dunkle Zimmer zurückreicht. Die Fläche oder Scheibe *c* wird nun mit sanfter Reibung zwischen den innern Rand der oberen Scheibe und der Fläche des gezahnten Kreises *B* hineingedrückt, so dass das System der Ständer *EE* feststeht. Die eingesetzten Scheiben lassen übrigens die Stange *a* frei durchgehen. Ausser der Bewegung in der verticalen Ebene hat also der Spiegel auch noch eine Bewegung in der horizontalen Ebene, so dass er bis zu einem gegebenen Punkt alle nur denkbaren Lagen oder Richtungen annehmen kann.

Da der zurückstrahlende Theil des Spiegels gegen die Sonne gerichtet ist, so genügt es der Stange *A* und *G* aus dem Innern der Kammer, eine angemessene Bewegung mitzuthemen, um die Sonnenstrahlen nach dem optischen Apparat horizontal zurückzuwerfen.

Heliostaten. — Die Heliostaten im engern Sinne des Wortes sind Spiegelträger, welche ihre Bewegung durch eine Uhr in solcher Art erhalten, dass die zurückgeworfenen Sonnenstrahlen unveränderlich eine bestimmte Richtung einhalten.

Da die genaue Beschreibung derjenigen Instrumente deren Gebrauch in der Photographie wichtig ist, einen ziemlich beträcht-

lichen Theil dieses Buches einnimmt, so haben wir ein specielles Kapitel darüber geschrieben, welches man in jener Abtheilung finden wird, die von den Vergrößerungen handelt. (Siehe den Inhalt.)

KAPITEL II.

VON DER BRECHUNG DES LICHTES.

Die Lehre von der Fortpflanzung des Lichtes in den durchsichtigen Mitteln, heisst Dioptrik. Dieses sehr schwere Studium erstreckt sich über alle erdenklichen Mittel, seien sie krystallisirt oder amorph, d. h. gestaltlos oder nicht krystallisirt, durchsichtig oder lichtdicht, flüssig, fest oder gasartig. Wir haben jedoch in diesem Werkchen, nur eine Klasse transparenter Mittel in Erwägung zu ziehen und diese sind: die nicht krystallisirten Mittel und vor allem das Glas.

Brechung des Lichtes. — Durch den Uebergang aus einem Medium in ein anderes bricht sich das Licht oder es ändert seine Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Wenn es normal, d. h. senkrecht auf die trennende Fläche zweier Mittel fällt, so setzt es im zweiten Mittel seinen Weg in grader Linie fort, obwohl es im physikalischen Sinne gebrochen ist, d. h. seine Geschwindigkeit geändert hat, wenn es aber schief auffällt, ändert es wirklich die Richtung und weicht von seiner frühern geraden Richtung ab. Nehmen wir z. B. den Fall an, dass man einen Stab zur Hälfte in's Wasser taucht (Fig. 6.) so erscheint die eingetauchte Hälfte gegen jene, die sich ausserhalb des Wassers befindet, gebrochen.

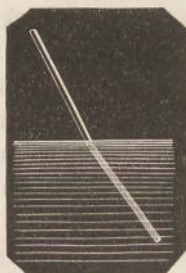


Fig. 6.

Der Punkt, welchen der einfallende Strahl auf der Fläche des lichtbrechenden Mittels trifft, heisst Einfallspunkt oder Eintrittspunkt. Jenen Punkt, bei welchem der Strahl das lichtbrechende Mittel verlässt, nennt man den Austrittspunkt. Die Winkel, welche der einfallende und

der gebrochene Strahl mit der normalen, auf der Fläche des brechenden Mittels senkrechten Linie d. i. mit dem Einfallslothe bilden, heissen der Einfallswinkel und der Brechungswinkel.

Gesetz der Lichtbrechung. — 1. Der einfallende Strahl, der gebrochene Strahl und das Einfallslothe befinden sich in derselben Ebene. 2. Wenn die beiden brechenden Mittel dieselben bleiben, so ist das Verhältniss des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels für einen nicht mehr zerlegbaren Lichtstrahl constant, welcher auch immer der Einfallswinkel sei. Dieses Gesetz wird das Descartes'sche Gesetz genannt. Geben wir ein Beispiel:

Ein Lichtstrahl RO (Fig. 7.), der von der Luft in's Wasser übergeht, wird in der Ebene des einfallenden Strahles nach OR gebrochen. Wenn wir bei dem Eintrittspunkt O , wo der einfallende Strahl RO das Wasser berührt, eine senkrechte oder normale AB auf die Linie mn , welche die Oberfläche des Wassers darstellt, errichten, so werden wir finden, dass der gebrochene Strahl sich derselben genähert hat. Umgekehrt, ein Strahl RO , der vom Wasser in die Luft übergeht, bricht sich nach der Richtung OR , die von der normalen Linie AB sich entfernt. Für die Luft und das Wasser ist also das Verhältniss der Sinusse der Winkel ROA und ROB ein constantes, der Einfallswinkel ROA mag wie immer beschaffen sein.

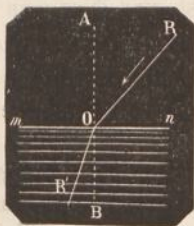


Fig 7.

Ueber den Brechungsindex. — Wenn wir anstatt des Wassers uns des Terpentinöls, des Aethers, oder anderer Flüssigkeiten bedienen, so werden wir immer für ein und dieselbe Flüssigkeit ein constantes Verhältniss zwischen dem Sinus des Einfallswinkels und dem Sinus des Brechungswinkels finden, aber dieses Verhältniss ist, je nach der Natur der Flüssigkeit, verschieden; es ist z. B. für den Aether viel grösser, als für das Wasser; daher sagt man, dass der Aether viel strahlenbrechender sei, als das Wasser.

Dieses Verhältniss hat den Namen Brechungsindex oder Brechungsverhältniss erhalten. — Einen je grösseren Brechungs-

index ein Mittel also besitzt, d. h. mit anderen Worten, je strahlenbrechender es ist, um so mehr lenkt es den schief einfallenden Lichtstrahl von seiner ursprünglichen Richtung ab.

Die Lehrbücher der Physik*) und besonders die Lehrbücher der Optik enthalten die verschiedenen Methoden, mittelst welcher man die Brechungsverhältnisse der durchsichtigen Substanzen messen kann, weshalb wir hier in die Beschreibung der Methoden nicht näher eingehen wollen, nur wollen wir erwähnen (und wir werden es später auch sehen), dass die Brechung des weissen Lichtes immer von einer Dispersion, d. h. von einer Zerstreuung oder Zerlegung der Lichtstrahlen begleitet ist, und dass man für gewöhnlich den Strahl, welcher dem gelben Lichte entspricht, für den eigentlich gebrochenen Strahl ansieht. Wir werden, wie gesagt, auf diese Gegenstände zurückkommen.

Hier folgt eine Tabelle der Brechungsverhältnisse einiger Substanzen.

Luftleerer Raum	0,000
Diamant	2,47 bis 2,75
Flintglas**)	1,57 „ 1,63
Bergkrystall	1,547
Gobainglas (crown)***)	1,53
Eis	1,31
Wasser von 0°	1,333
Wasser von 20°	1,332

Brechung in durchsichtigen Platten mit parallelen Flächen. — Fig. 8 sei *A* eine strahlenbrechende Platte mit parallelen Flächen, eine Spiegelplatte z. B. und *R* sei ein Strahl des einfallenden Lichtes, der dieselbe trifft. Wenn die Platte nicht vorhanden wäre, würde der Strahl seinen Weg in gerader Linie verfolgen, sobald er aber beim Glase ankommt, erleidet er eine Ablenkung, nähert sich der senkrechten Linie *N*, von welcher er sich beim Herausgehen aus der Platte von Neuem

*) Siehe Daguin, *Traité de physique*, tome IV. pag. 105 (2 édition).

**) Es existirt auch ein Flintglas mit verändertem Bleizusatz, dessen Brechungsindex noch höher ist als 1,63.

***) Der Brechungsindex des Crownlasses variirt, je nach der Zusammensetzung desselben, meistens ist er über 1,5.

entfernt. Da nun das, als Beispiel angeführte Glas, parallele Flächen hat, so folgt daraus, dass die beiden Senkrechten N und N' ebenfalls parallel sind. Die abweichende Richtung beim Heraustreten aus dem Glase ist, wie man es also leicht begreifen kann, ganz genau gleich der abweichenden Richtung beim Eintritt in das Glas und der Strahl R bleibt daher mit dem Strahl R' parallel; wenn man also einen Lichtstrahl durch eine strahlenbrechende Platte mit parallelen Flächen hindurchgehen lässt, so wird dieser Strahl seine Richtung beibehalten, wenn er auch aus seiner ursprünglichen Lage etwas gewichen, d. h. parallel mit sich selber verrückt ist.

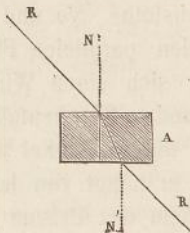


Fig. 8.

Es ist klar, wenn ein Lichtstrahl senkrecht auf das Glas auffallen würde, z. B. von A aus, so würde er nicht abgelenkt werden, sondern mit der Normalen N zusammenfallen.

Anstatt einer Spiegelscheibe kann man ebenso gut eine Krystallplatte oder Steinsalzplatte, oder eine Platte irgend eines anderen durchsichtigen Stoffes nehmen, indem man sich aber dieser Stoffe bedient, wird bei derselben Dicke und derselben Neigung der Platte, in Beziehung auf den einfallenden Strahl, die abweichende Richtung eine verschiedene sein, weil die strahlenbrechende Kraft dieser Substanzen eine verschiedene ist.

Brechung in Prismen. — Nehmen wir jetzt den Fall von strahlenbrechenden Mitteln mit ebenen, unter sich geneigten Flächen; solche Mittel werden Prismen genannt.

So sei z. B. (Fig 9.) CAB ein Prisma und R_o ein einfallender Lichtstrahl; in das Prisma ein tretend wird dieser Strahl nach oo' abgewichen (wenn er nicht senkrecht auf die Fläche AC fällt), dann,

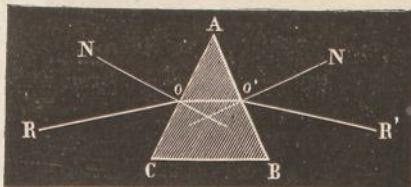


Fig. 9.

aus dem Prisma austretend, wird er von Neuem in der Richtung $o'R$ abweichen. Die beiden abweichenden Richtungen beim Eintritt und Austritt sind identisch in Beziehung auf die Senkrechten oder Einfallslothe No und $N'o'$, wie in dem Beispiel von der Platte mit den parallelen Flächen, allein da hier die Flächen AC , AB unter sich einen Winkel bilden, so werden die zwei Strahlen Ro und $o'R$ ebenfalls unter sich einen Winkel bilden, doch wird dieser Winkel nicht dem Prismenwinkel CAB gleich sein, denn er hängt von der strahlenbrechenden Kraft des Stoffes, aus welchem das Prisma gemacht ist, und zugleich von der Grösse des Winkels CAB dieses Prisma ab. Die Prismen lenken also die einfallenden Strahlen, welche eine ihrer Seitenflächen treffen, gegen ihre Grundfläche ab.

Graphische Darstellung des gebrochenen Strahles durch ein Prisma. — Diese Darstellung ist sehr leicht, wenn man den Brechungsindex des Stoffes kennt, aus dem das Prisma gemacht ist. Stellen wir uns z. B. das Prisma aus Spiegelglas mit dem Brechungsindex 1,5 gemacht vor. Dieser Brechungsindex ist absolut zu verstehen, d. h. in Beziehung auf den luftleeren Raum, oder, da der Lichtstrahl meistens früher durch die Luft gegangen ist, so müsste man auch dem Brechungsindex dieser Letzteren Rechnung tragen, wenn er nicht so schwach wäre, dass man ihn deshalb meistens vernachlässigt.

Man zeichne auf Bristolpapier den Winkel A (Fig. 10.), welcher die Spitze des Prisma bildet. Beim Eintrittspunkt o ziehe man die grade Linie No senkrecht auf die Gerade AC , welche den Durchschnitt einer der Seitenflächen des Prisma darstellt. Ro sei der einfallende Lichtstrahl, welcher mit der senkrechten Linie No einen bestimmten Winkel bildet. Von was

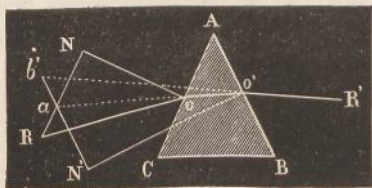


Fig. 10.

immer für einem Punkt R des einfallenden Strahles, fällt man auf die Normale No , die senkrechte Linie NR , welche den Sinus des Einfallswinkels bildet.

Man theile die Linie RN in zwei Theile aR und Na , und zwar so, dass Na zu NR im Verhältniss der Einheit zum Brechungsindex steht. Da in unserem Beispiele dieses Verhältniss 1:1,5 oder 2:3 angenommen ist, so muss Na gleich genommen werden zwei Drittel NR . Man ziehe dann die gerade Linie ao , welche die Richtung des gebrochenen Strahles darstellt.

Bei o' , dem Durchschnittspunkt der verlängerten ao mit AB , der Durchschnittslinie der zweiten Seitenfläche des Prisma errichte man die Gerade $N'O'$ senkrecht auf AB . Von was immer für einem Punkt a des gebrochenen Strahles ao' fällt man auf die zweite Senkrechte $N'o'$ die senkrechte Linie aN' , welche wieder der Sinus dieses Einfallswinkels ist. Man verlängere diesen Sinus bis zu b' derart, dass $aN' = 2$ und $N'b' = 3$ ist, ziehe die Gerade $b'o'$ und verlängere dieselbe nach R' , wo dann $o'R'$ die Richtung des austretenden Strahles bezeichnet.

Die Erklärung dieser Zeichnung ist einfach. Man muss für die Fläche AB das umgekehrt machen, was man für die Fläche AC gemacht. Nun ist RN der Sinus des Einfallswinkels, Na der Sinus des Brechungswinkels. Man kennt ihr Verhältniss, es ist der Brechungsindex; schneidet man also die Linie NR in zwei Theile Na und NR , deren Längen diesem Verhältnisse entsprechen, so stellt ao' zweifellos den Brechungsstrahl dar. Man macht es, wie gesagt, ebenso, doch umgekehrt, um den Austrittsstrahl $o'R'$ geometrisch darzustellen.

Berechnung des gebrochenen Strahles. — MN (Fig. 11) sei der einfallende Strahl, welcher mit dem Einfallslot BND den Einfallswinkel i bildet; NP der gebrochene Strahl macht den Winkel $PNC = r$ mit demselben Einfallslot; PQ der Austrittsstrahl bildet den Winkel $EPQ = r'$ mit der normalen Linie PE auf der zweiten Fläche; es sei $NPC = i''$ der Einfallswinkel von NP mit dem Einfallslot; a sei der Winkel des Prisma und n der Brechungsindex; der verlängerte Einfallsstrahl MN wird den nach rückwärts verlängerten Ausfallsstrahl PQ bei F schneiden und der Winkel GFQ dieser zwei Strahlen wird der Ablenkungswinkel d sein, den man berechnen muss.

In dem Dreieck PFN ist nun die Summe $FNP + FPN$ dem äusseren Winkel d gleich; mithin ist $d = FNP + FPN = (i - r) + (r' - i'') = (i + r') - (r + i'')$; allein der Winkel DCP

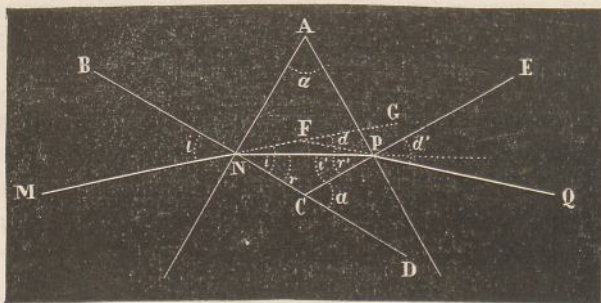


Fig. 11.

der beiden normalen Linien ist gleich dem Winkel α des Prisma; überdies ist in dem Dreiecke NPC die Summe $r + i''$ gleich dem äusseren Winkel α ; man hat also

$$d = i + r' - \alpha \dots (1).$$

Andererseits geben die Strahlenbrechungsgesetze:

$$\sin r' = n \sin (\alpha - r) \dots (2).$$

$$\sin r = \frac{\sin i}{n} \dots (3).$$

Die Formeln (1), (2) und (3) sind allgemeine und dienen, die Ablenkung was immer für eines Einfallsstrahles zu berechnen, welcher in einer auf der Kante des Prisma senkrechten Fläche liegt. Da nun der Einfallswinkel i und der Brechungsindex n bekannt sind, so wird man mittelst der Formel (3) den Winkel r bestimmen, kennt man diesen und den Winkel α des Prisma, so wird man r' mit Hilfe der Formel (2) berechnen können und aus diesen wird man d durch die Formel (1) kennen lernen.

Wenn der Winkel α sehr klein ist und wenn der Einfallstrahl ungefähr senkrecht auf der Halbirungslinie dieses Winkels steht, dann ist i auch ein sehr kleiner Winkel; in der Formel (3) kann das Verhältniss der Sinusse auch durch das Verhältniss der Bögen ersetzt werden und man hat dann $r = \frac{i}{n}$; aus dem-

selben Grunde gibt die Formel (2) $r' = n(a - r) = n(a - \frac{i}{n}) = na - i$; und folglich wird die Formel (1) sich folgendermassen darstellen:

$$d = i + r' - a = i + (na - i) - a = (n - 1)a$$

Wenn der Winkel sehr klein ist, wenn aber der Einfallstrahl nicht nahezu senkrecht auf der Halbierungslinie des Winkels steht, sondern schief, so hört der Winkel i auf, sehr klein zu sein und das einfachste Mittel d zu berechnen, ist dann der Gebrauch der Formeln (1), (2) und (3).

KAPITEL III.

OPTISCHE FARBENLEHRE.

Bis jetzt haben wir den Gang des Lichtes in den durchsichtigen Mitteln einzig und allein nur aus dem geometrischen Gesichtspunkte betrachtet, als wenn ein einfallender Lichtstrahl auch nur einfach gebrochen würde. Das ist wahr, wenn der einfache Strahl homogen, d. h. nur von einer einfachen oder gleichmässigen Farbe ist (wir werden gleich sehen, was man unter dieser Bezeichnung versteht); wenn aber der einfallende Strahl aus weissem Licht besteht, so erhält man anstatt eines einzigen gebrochenen Strahles, nach dem Act der Lichtbrechung, eine unendliche Menge von gebrochenen Strahlen, welche Erscheinung Dispersion oder „Zerstreuung“ genannt wird.

Das Sonnenspectrum. — In ein entsprechend verdunkeltes Zimmer lässt man mittelst eines Handheliostaten oder Spiegelträgers und durch ein kreisrundes Loch von einem Centimeter Durchmesser ein horizontales Bündel von Sonnenstrahlen a (Fig. 13) eintreten. Das runde Bild der Sonne wird sich an der, dem Fensterbalken gegenüber befindlichen Wand bei a' (a' in der Fig. 12) abbilden.

Wenn man in irgend einem Querschnitt des Strahles aa' ein Glasprisma b in der durch die Figur angezeigten Richtung

stellt, so werden wir anstatt eines einzigen Bündels Sonnenstrahlen, das gebrochen würde, bei cd' (cd in Fig. 12) ein ver-



Fig. 12.

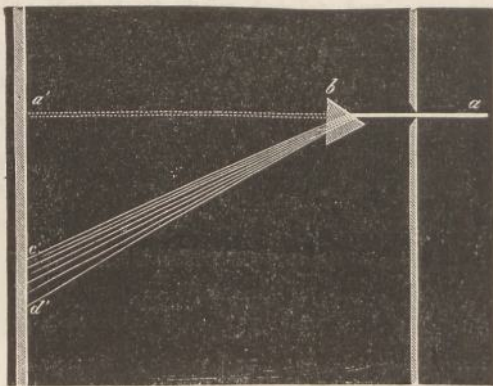


Fig. 13.

längertes und gefärbtes Bild, das man Sonnenspectrum oder Farbenbild der Sonne nennt, erhalten. Dieses Farbenbild besteht aus folgenden Farben, von oben angefangen: roth, orange-gelb, gelb, grün, blau, indigo und violett. Da das Roth weniger abgelenkt wird, als das Violett, so sagt man, es sei weniger brechbar.

Jede dieser Farben nennt man „einfach“; wenn man eine davon isolirt, d. h. sie durch das Loch einer geschwärzten und zu diesem Zweck durchbohrten Kupferplatte hindurchgehen lässt, so wird das durchgelassene Strahlenbündel, durch ein zweites Prisma gehend, nicht weiter in Strahlen zerlegt, sondern es wird die ursprüngliche Farbe beibehalten.

Die gefärbten Strahlen, welche aus dem Prisma austreten, sind ungleich brechbar, d. h., wenn sie mit demselben Einfallswinkel auf die Fläche eines strahlenbrechenden Mittels fallen, so wird jeder in diesem Mittel eine verschiedene Richtung verfolgen. In dem Beispiel also von der Brechung des Einfallstrahles in einem durchsichtigen Mittel, wie es Seite 19 angegeben ist, würde, wenn RO ein rother Strahl ist, von welchem OR den gebrochenen Strahl darstellt, dieser Strahl OR sich mehr der senkrechten Linie OB oder dem Einfallslothe nähern, als wenn RO

ein violetter Strahl wäre, weil die violette Farbe brechbarer als die rothe ist.

Wenn man die physikalische Zusammensetzung des Sonnenspectrums oder vielmehr die Wirkung desselben auf die lichtempfindlichen Substanzen sorgfältig studiren will, so muss man, um ein angemessenes Farbenbild zu erzeugen, folgende Anordnungen treffen.

In den Fensterbalken eines vollständig verdunkelten Zimmers (Fig. 14) setzt man vertical zwei Kupferlamellen mit rechtwinkliger sehr enger Oeffnung (doch nicht unter einem Millimeter breit) und ungefähr 2 bis 3 Centimeter hoch. Man macht übrigens die zwei Lamellen, welche die Spalte bilden, beweglich, damit man sie von einander ent-

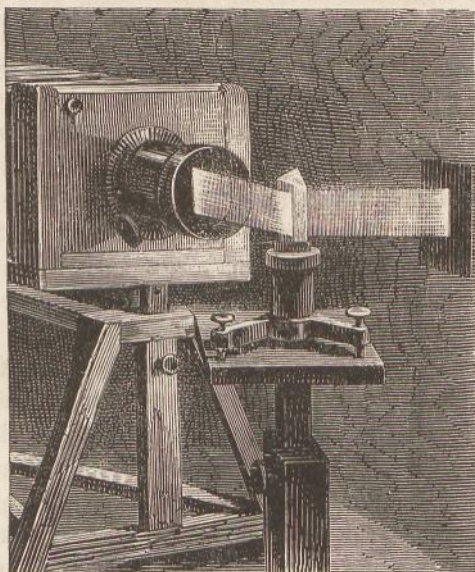


Fig. 14.

fernen oder einander nähern kann, je nachdem das Farbenbild mehr oder weniger intensiv sein soll.

Die Sonnenstrahlen werden horizontal durch diese rechtwinkelige Oeffnung, durch einen ebenen, mit Silber belegten und auf der äusseren Fläche polirten Spiegel, zurückgestrahlt. Im Nothfall kann auch ein gewöhnlicher Spiegel, angewendet werden, allein dann wird eine Partie der chemischen Lichtstrahlen bei ihrem Durchgang durch das Spiegelglas absorbirt.

Senkrecht auf den eintretenden Strahl, stellt man ein Prisma, dessen Durchschnitt ein gleichseitiges Dreieck bildet, auf. Das Prisma kann aus Flintglas, Quarz oder jedweder anderen durch-

sichtigen Materie bestehen und ist dasselbe auf einem, mit drei Schrauben versehenen Fussgestelle befestiget. Das leuchtende Band soll nun, nahe an der Kante, auf eine der Prismenflächen fallen.

Man überzeugt sich von der verticalen Stellung des Prisma, wenn man die Höhe des Farbenbildes über dem Fussboden, mit der Höhe des Spaltes im Fensterladen, über demselben, vergleicht; diese zwei Höhen müssen gleich sein.

Wenn man das Prisma um seine Achse dreht (und es ist so construirt, dass eine solche Bewegung leicht ermöglicht wird) so sieht man das Farbenbild sich dem Lichtstrahl aa' (Fig. 13) mehr nähern und es kommt bald der Augenblick, wo es sich von demselben entfernt, selbst wenn man das Prisma im umgekehrten Sinn dreht. Es gibt also eine Stellung des Prisma, Minimum der Ablenkung*) genannt, welche zu realisiren oder zu treffen wichtig ist, weil sonst die Farben des Sonnenbildes mit weissem Lichte gemischt sein würden.

Dieses so erhaltene Farbenbild hat keinen bestimmt begrenzten Umriss, wenn man es aber in einem photographischen Apparate**) durch ein Doppelobjectiv, wie es Fig. 14 zeigt, aufnimmt, so kann man die Spalte mitten durch das Prisma hindurch scharf einstellen, wo sie eine rechtwinkelige Form annimmt. Wenn man nun das Getriebe des Objectivs bewegt, so kann man die verschiedenen Farben nach und nach, scharf einstellen, da sie alle einen verschiedenen Brennpunkt haben.

Die Camera, welche das Licht aufnehmen soll, muss sich hinreichend verkürzen und verlängern lassen und muss auf einem Stativ stehen, welches die nöthige Bewegung erlaubt, um die Camera horizontal aufstellen zu können. Der Rahmen mit dem

*) In diesem Falle ist der Zerstreungswinkel so gering, als möglich, und das Sonnenspectrum so kurz als möglich. Um diese Stellung des Prisma zu verwirklichen, müssen der Einfallstrahl Ro (Fig. 9) und der Ausgangsstrahl $o'R'$ mit der Halbierungslinie des Prismenwinkels A gleiche Winkel bilden.

**) Wir setzen hier voraus, dass der Leser mit dem praktischen Verfahren der Photographie vertraut sei.

matten Glase muss ungefähr 10 Centimeter in der Höhe und 50 in der Breite haben.

Das Prisma muss sich immer so nahe wie möglich an dem Objectiv befinden.

Je mehr das Objectiv und das Prisma sich der Spalte nähern, um so länger und breiter wird das Lichtbild und je mehr sie sich davon entfernen, desto kürzer und heller wird es. Es folgt daraus, dass wenn man einmal Erfahrungen über die chemische Wirkung des Spectrums auf sehr lichtempfindlichen Substanzen machen will, man sich der ersteren Anordnung bedienen soll und bei wenig lichtempfindlichen hingegen, der zweiten. Im ersteren Falle muss das Bild 3 oder 4 Decimeter Länge haben, im zweiten Falle 1 Decimeter, und zugleich wird man sogar die Spalte des Balkens ein wenig erweitern müssen.

Die verschiedenen Farben des Sonnenspectrums sind mehr oder weniger ausgebreitet, je nach der zerstreuen Kraft des angewendeten Prisma. Wir haben die Hauptfarben, aus denen das Spectrum besteht, schon bezeichnet und erwähnen nur noch, dass Sir John Herschl, denselben noch zwei andere hinzugefügt hat, welche zu beobachten sehr schwer sind, die man aber dennoch sieht, wenn die Camera gehörig verdunkelt ist; es sind ausser dem Roth noch das Carmoisinroth und ausser dem Violet das Grau oder das lavendelfarbige Violet.

Streifen des Sonnenspectrums. — Wenn man ein auf die beschriebene Weise erzeugtes Lichtbild mit Aufmerksamkeit betrachtet, so bemerkt man in der Richtung nach der Höhe, eine grosse Menge schwarzer Streifen, welche von Wollaston und Frauenhofer entdeckt worden sind. Diese Streifen haben für das Sonnenlicht und für dieselbe strahlenbrechende Substanz immer dieselbe bezügliche Ordnung, was sehr wichtig ist, da sie dazu dienen, genau diese oder jene Partie des Spectrums zu bezeichnen.

Da der Uebergang von einer Farbe zur anderen unmerklich ist, so ist die Bezeichnung gelb, roth etc. eine unbestimmte, man kann sie aber genau bestimmen, wenn man den Streifen oder die Gruppe von Streifen bezeichnet, welche den Platz jener Partie des Spectrums scharf charakterisiren, den man eben bezeichnen will.

Man findet bei M. Secretan, Optiker, Pont neuf zu Paris, eine lithographische und colorirte Figur des Farbenbildes oder Sonnenspectrums, welche alle Hauptstreifen oder schwarzen Linien desselben nebst deren Bezeichnung darstellt. — Diese Tafel, welche mehr als einen Meter lang ist, und die nur sechs Francs kostet, ist Allen Jenen unentbehrlich, welche Optik studiren.

Chemische Wirkung des Spectrums. Ausserprismatische oder unsichtbar gebrochene Strahlen. — Wir haben von der chemischen Wirkung des Lichtes schon Seite 3 gesprochen.

Wenn man Chlorsilberpapier einige Zeit der Wirkung des unbeweglich gehaltenen Sonnenbildes aussetzt, und wenn man von Zeit zu Zeit, zwischen das Lichtbild und das Prisma, ein mattes Glas gibt (wodurch man die nach und nach stattfindende Wirkung des Lichtes wahrnehmen kann, was man sonst nicht beobachten könnte), so bemerkt man, dass die Wirkung im Indigoblau und Violet anfängt, dann sich über das Blau verbreitet und selbst bis über das Violet hinaus, dorthin, wo das Auge kein Licht mehr erkennt. Im Rothen, Orangefarbigem, Gelben und Grünen, hört die Wirkung gänzlich auf und das Chlorsilberpapier bleibt dort weiss

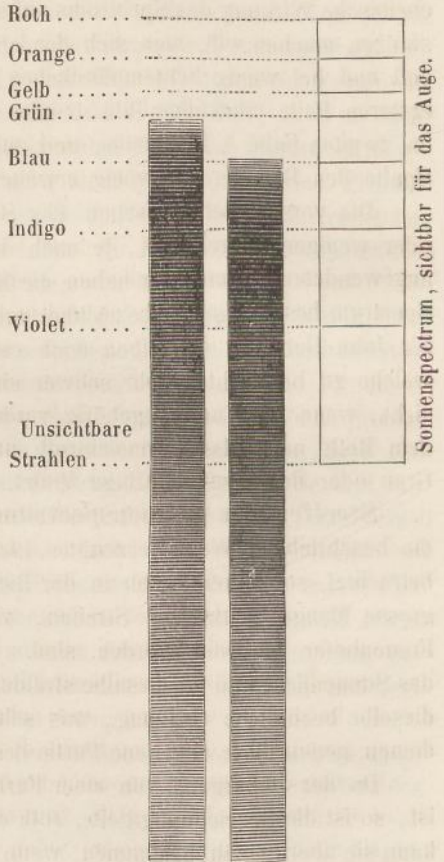


Fig. 15.

bleibt dort weiss

Wenn man an die Stelle des Chlorsilberpapiers, ein Bromsilberpapier setzt, so erstreckt sich die Wirkung auch noch ein Wenig in das Gebiet des grünen Strahles. In Fig. 15 stellt sich diese Erfahrung dar. Das Rechteck zur rechten Hand stellt die sieben Farben des Sonnenbildes mit ihren Namen auf der linken Seite mit Buchstaben bezeichnet, vor. Das schwarze Rechteck zur Linken zeigt uns ein Bild auf Bromsilberpapier und das folgende Rechteck auf Chlorinsilberpapier, welche Papiere vorher eine sehr lange Zeit der Wirkung des Spectrums ausgesetzt worden sind.

Die meisten lichtempfindlichen Substanzen verhalten sich auf ähnliche Weise. Diese Erfahrung ist für die photographische Optik von der höchsten Wichtigkeit. Erstens zeigt sie, dass die hellsten Farben des Spectrums, diejenigen, welche in der Natur am meisten verbreitet sind, als Roth, Orange gelb, Gelb und Grün, keine Wirkung auf die lichtempfindlichen Substanzen ausüben, und dass weniger helle Farben hingegen, als: Blau, Indigo und Violet eine sehr lebhafte Wirkung auf diese Substanzen äussern (das Maximum ist im Indigoblau) und endlich, dass in dem Sonnenlichte Farben, die für unser Auge unsichtbar sind, existiren, welche aber auf die angeführten Substanzen eine sehr lebhafte Wirkung äussern. Diese unsichtbaren Strahlen nennt man auch Ausserprismatische Strahlen.

Von der Farbe der Körper. — Die durch das Sonnenlicht erleuchteten Naturkörper zeigen uns alle erdenklichen Farben. Dies kommt daher, weil das Sonnenlicht oder das Licht der Wolken, welches die Körper trifft, auf deren Flächen zerlegt wird; sie absorbiren alle einfachen Strahlen, aus denen das weisse Licht gebildet ist, ausgenommen diejenigen, welche sie als die ihnen eigenthümliche Farbe zurückstrahlen. Die weissen Körper werfen alle auffallenden Strahlen zurück, welche sie treffen, die dunkeln oder schwarzen Körper absorbiren sie alle.

Die farbigen Körper, absorbiren jedoch auch nur einen Theil der Strahlen, die sie treffen, denn ein grosser Theil des weissen Lichtes, welches sie beleuchtet, wird in zerstreutem Zustande und ohne zerlegt zu werden, reflectirt. In diesem Falle befinden sich namentlich die rothen, gelben und grünen Körper und,

Dank dieser Eigenschaft, erzeugen sie sich auch auf der photographischen Fläche wieder. *) Die blauen und violetten Körper hingegen werfen beinahe gar kein weisses Licht zurück und sind im Gegentheil sehr photogenisch oder aktinisch. **)

Die blaue und violette Farbe sind sogar so photogenisch, dass sie sich auf den photographischen Flächen, fast so wiedergeben, als wären sie weiss, die rothe und gelbe Farbe sind es hinwider so wenig, dass sie sich wie schwarz reproduzieren. Es gibt jedoch ein Mittel um diese Erscheinung zu modificiren und so herzustellen, dass die Reproduction der Farben mit der Wahrheit übereinstimmender wird. (Siehe: Monckhoven traité général de Photographie, 5 édition, pag. 28.)

Zerstreuung des Lichtes. — Wir haben den Ausdruck „Zerstreuung des Lichtes“ schon Seite 25 definirt. Die Zerstreuung der brechenden Mittel misst man nach der Länge des Farbenbildes, welches sie erzeugen. So sagt man, dass Flintglas weit mehr das Licht zerstreue, als Crown Glas, weil das Farbenbild, welches durch dasselbe erzeugt wird, länger ist, als das des Crown Glases.

Da Gelb, die hellste Farbe des Sonnenspectrums ist, so ist sie diejenige, welche an Intensität sich auch am meisten dem weissen Lichte nähert. Gelb ist daher auch die Farbe des Strahles, den man als Brechungsstrahl beim Messen der brechenden Kraft in durchsichtigen Mitteln, gewählt hat, wenn der einfallende Strahl weiss ist. Alle Brechungsindices, die man auf den Tabellen angegeben findet, wären daher zu hoch, wenn man den rothen Strahl als den gebrochenen annimmt und alle wären zu niedrig, würde man den violetten Strahl als den gebrochenen betrachten, weil auf die unendliche Menge von gebrochenen

*) Wir adoptiren diesen Ausdruck, um damit die Jod-, Brom- und Chlorinsilberflächen zu bezeichnen, deren sich die Photographen bedienen und welche, wie man weiss, sehr lichtempfindlich sind, indem sie durch das Licht geschwärzt werden.

**) Ein Ausdruck, dessen die Photographen sich bedienen, um damit anzuzeigen, dass die Lichtstrahlen eine lebhafte Wirkung auf die photographische Fläche ausüben.

Strahlen, welche aus einem weissen Strahl hervorgehen, das rothe Licht dasjenige ist, welches am wenigsten und das violette, welches am meisten gebrochen wird.

Allein die numerische Grösse, deren Indices zu hoch für das Roth und zu niedrig für das Violet sind, variirt auch mit der Natur des Mittels, auf welches sich der Brechungsindex bezieht, da die verschiedenen Mittel die Farben des Sonnenspectrums mehr oder weniger auseinanderstreuen.

NUMMER.	BEZEICHNUNG DER SUBSTANZEN.							DICHTHEIT.	BRECHUNGS- INDEX.
1	Schweres Flintglas v. Guinand m. Borax							3,417	1,72339
2	Flintglas von Frauenhofer							2,135	1,63913
3	Flintglas von Bontemps							2,011	1,62847
4	Flintglas, ord., von Guinand							3,610	1,62730
5	Flintglas von Guinand mit Borax							4,322	1,62696
6	Venetianisches Glas							2,713	1,53445
7	Crown glas von Guinand mit Borax ...							2,362	1,53455
8	Crown glas von Dollond							2,484	1,53113
9	Glas von Maës mit Borax und Zink...							2,835	1,52401
10	Crown glas von Bontemps.....							2,447	1,51921

NUMMER.	n_h	n_g	n_f	n_e	n_d	n_c	n_b
1	1,7637	1,7486	1,7320	1,7234	1,7144	1,7070	1,7049
2	1,6679	1,6573	1,6454	1,6391	1,6324	1,6272	1,6256
3	1,6558	1,6457	1,6346	1,6285	1,6222	1,6172	1,6154
4	1,6542	1,6443	1,6331	1,6273	1,6209	1,6160	1,6144
5	1,6539	1,6439	1,6328	1,6270	1,6205	1,6158	1,6140
6	1,5480	1,5433	1,5355	1,5344	1,5309	1,5284	1,5273
7	1,5478	1,5430	1,5374	1,5345	1,5311	1,5285	1,5275
8	1,5444	1,5393	1,5341	1,5311	1,5277	1,5247	1,5240
9	1,5466	1,5325	1,5271	1,5240	1,5207	„	„
10	1,5322	1,5275	1,5222	1,5192	1,5160	1,5134	1,5124

Diese Tabelle gibt für die zehn Glasarten die Brechungsindices der sieben Strahlen des Spectrums, wie Frauenhofer sie beobachtet hat.

Der Zerstreungscoefficient oder einfach die Farbenzerstreuung eines Mittels zeigt sich durch den Unterschied zwi-

schen dem Brechungsindex der rothen Farbe (oder auch der gelben in der photographischen Optik) und dann der violetten (des Indigoblau in der photographischen Optik).

In den Lehrbüchern der Physik bezeichnet man den Brechungsindex mit dem Buchstaben n . Wenn man den Brechungsindex der einzelnen Farben, bezüglich der Farbenzerstreuung bestimmen will, so bezeichnet man die, für die Bestimmung des Brechungsindex ausgewählte Farbe, durch einen kleineren Buchstaben an der Seite des Buchstaben n ; es bezeichnen, z. B. n_r, n_b, n_v die Brechungsindices von roth, blau und violett, oder will man noch mehr Genauigkeit haben, so setzt man neben den Buchstaben n den klein geschriebenen Buchstaben, welcher zu jenen schwarzen Streifen des Farbenbildes gehört, denen dieser gebrochene Strahl entspricht.

Wir werden später sehen, zu welchem Zwecke das nothwendig ist. Von den beiden vorhergehenden Tabellen geben die erste die Brechungsindices von 10 Glasgattungen, die zweite den veränderlichen Index, welcher für jede Glasgattung sich auf den an der Seite des Buchstaben n bezeichneten Streifen des Farbenbildes bezieht.

Der Zerstreungswinkel ist der Winkel, unter welchem die verschiedenen Strahlen sich ausbreiten. Unter der zerstreuen- den Kraft versteht man das Verhältniss zwischen der Zerstreung und dem gewöhnlichen, um 1 verminderten Brechungsindex.

Die Formel heisst also:
$$\frac{n_v - n_r}{n_j - 1}$$

Achromatische Prismen. — Ein Prismensystem ist achromatisch, wenn es die weissen Lichtstrahlen ablenkt, ohne sie zu färben.

Man stellt ein achromatisches Prisma (Fig. 16) her, wenn

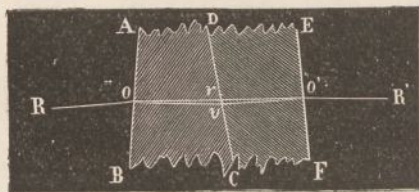


Fig. 16.

man mit einem Prisma von Crownglass $ABCD$, ein Prisma von Flintglas $CDEF$, dessen Winkel und Beschaffenheit passend gewählt sind, mit einander verbindet. Stellen wir uns in einem solchen

System einen weissen Einfallsstrahl RO vor, der auf die Fläche AB des Crownglasprisma auffällt, so wird der gebrochene Strahl sich vervielfältigen und or wird der rothe Brechungsstrahl und ov der violette Brechungsstrahl sein. Beim Eintritt in das Flintglasprisma wird der violette Strahl die Richtung vo' und der rothe die Richtung ro' nehmen, so zwar, dass der austretende Strahl $o'R$ farblos sein wird.

Es ist zu bemerken, dass das zusammengesetzte Prisma für den Strahl RO oder für alle Strahlen desselben Einfallswinkels achromatisch sein wird, aber es würde es nicht mehr sein für Strahlen, welche einen anderen Einfallswinkel haben.

Wir wollen nun die Winkel suchen, welche zwei Prismen haben müssen, damit ihre Vereinigung ein achromatisches Prisma bilde. Da diese Untersuchung indessen nur eine Einleitung zu der Lehre von den achromatischen Linsen bildet, so wollen wir annehmen, dass der Winkel a dieser Prismen klein genug ist, um dass die Ablenkung D , welche sie auf die Einfallsstrahlen hervorbringen, gleich sei: $(n - 1)a$, wo n den Brechungsindex des Stoffes, aus dem jedes Einzelne gemacht ist, bezeichnet. Ferner nehmen wir an, dass die Strahlen beide Prismen, ungefähr senkrecht auf die Ebene der Halbirungsfläche des Winkels a durchdringen.

Wir haben für die Ablenkung D der rothen Farbe in den zwei verbundenen Prismen:

$$D = (n_r - 1)a + (n'_r - 1)a',$$

n_r ist der Brechungsindex vom Roth des ersten Prisma, dessen Winkel a ist, n'_r ist der Brechungsindex vom Roth des zweiten Prisma, dessen Winkel a' ist.

Für die Ablenkung D des Violet hat man:

$$D' = (n_v - 1)a + (n'_v - 1)a'.$$

Da diese Ablenkungen gleich sein müssen, so erhält man:

$$(n_r - 1)a + (n'_r - 1)a' = (n_v - 1)a + (n'_v - 1)a',$$

woraus

$$[1] \dots \frac{a'}{a} = \frac{n_r - n_v}{n'_v - n'_r}.$$

Der Winkel a ist bekannt, weil er willkürlich gewählt werden kann, a' wird aber negativ sein (d. h., dass das zweite Prisma bezüglich des ersten, eine umgekehrte Lage haben muss), denn $n_r - n_v$ ist negativ, während $n'_v - n'_r$ positiv ist.

Wenn die zerstreuende Kraft dieser beiden Prismen nur wenig verschieden wäre, so würde ihre Vereinigung eine Platte mit nahezu parallelen Flächen bilden, welche die Lichtstrahlen kaum ablenken würde, was vermieden werden muss.

Die Gleichung, welche die Ablenkung des rothen Strahles ausdrückt, lässt sich auch in folgender Form schreiben:

$$\frac{D}{(n_r - 1) a} = 1 + \frac{n'_r - 1}{n_r - 1} \frac{a'}{a}$$

Wenn wir nun in Betracht ziehen, dass die Erfahrung beweist, dass das Gelb sich in dem Sonnenbilde immer sehr dem Rothen nähert, und dass daher n_r nahezu gleich n_g ist, so kann man schreiben:

$$\frac{D}{(n_r - 1) a} = 1 + \frac{n'_g - 1}{n_g - 1} \frac{a'}{a}$$

Setzen wir statt $\frac{a'}{a}$ seinen obigen Werth und bezeichnen durch p und p' die zerstreuenden Kräfte $\frac{n_v - n_r}{n_g - 1}$ und $\frac{n'_v - n'_r}{n'_g - 1}$ der beiden Prismen, so bekommt man:

$$[2] \dots D = a (n_r - 1) \left(1 - \frac{p}{p'}\right).$$

Dieser Werth D würde ebenfalls gleich null sein, wenn die zerstreuenden Kräfte p und p' gleich oder doch nur wenig verschieden wären; aber in der Praxis wählt man Gläser, welche die Erfahrung für diesen Zweck passend erscheinen lässt, nämlich: ein farbloses, sehr wenig zerstreues, aber stark lichtbrechendes Crownglas und ein leichtes*) sehr farbloses und ziemlich stark zerstreues Flintglas.

*) Schweres Flintglas würde zusagender sein, aber es ist gewöhnlich gelb gefärbt, was man vor allem Anderen, bei den photographischen Objectiven vermeiden muss.

Die oberwähnten Formeln geben also: die erste [1] den betreffenden Winkel der beiden Prismen, die zweite [2], die Ablenkung, welche ihre Verbindung auf die Einfallsstrahlen ausüben wird; ein weisser Strahl wird nahezu weiss aus einem solchen zusammengesetzten Prisma hervorgehen, welches alsdann achromatisch sein wird.

Photographischer Achromatismus oder Actinismus. —

Für die Photographie müssen die obigen Formeln einer leichten Modification unterworfen werden, denn die beiden Strahlenarten, die man zusammenfallen machen muss, sind nicht das Roth und Violet, sondern das Gelb, welches die vorherrschende Farbe des Lichtbildes ist, und das Indigoblau, in welchem sich das Maximum der chemischen Wirkung des Farbenbildes befindet. Die zerstreuenen Kräfte müssen also folgendermassen dargestellt werden:

$$\frac{n_i - n_g}{n_g - 1} \text{ und } \frac{n'_i - n'_g}{n'_g - 1}$$

und die erste Formel [1] wird heissen:

$$\frac{a'}{a} = \frac{n_i - n_g}{n'_i - n'_g}$$

Dieses zwingt die Optiker, für ihre photographischen Instrumente, besondere Crowngläser und Flintgläser zu wählen und zwar andere, als diejenigen, welche man für Herstellung astronomischer Objective anwendet.

In keinem Fall wird der berechnete Achromatismus jemals vollkommen genau sein, weil man die Brechungsindices und die zerstreuenen Kräfte auf das Strengste kennen müsste, was die für diesen Zweck gebräuchlichen Verfahrungsarten nicht erlauben. Ueberdies müsste der Winkel des Prisma unendlich klein sein (und dieses hat immer einen verhältnissmässig grossen Winkel) und endlich haben die Einfallsstrahlen keine auf die Halbirungsfläche des Winkels der Prismen constant senkrechte Richtung. Der Optiker modificirt aber durch praktische Versuche die aus der Berechnung hervorgegangenen Resultate.

Mit zwei Prismen kann man nur zwei Farben achromatisiren oder höchstens drei, wenn man Flint- und Crownglas gut wählt;

denn um einen vollständigen Achromatismus zu erlangen, müssten die Zerstreuungsverhältnisse der Substanzen, aus denen die Prismen gebildet werden, in allen Theilen des Farbenbildes gleich sein und bis jetzt sind solche Substanzen nicht entdeckt worden; jedoch zwei an Winkel und Stoff passend gewählte Prismen, sind für die Praxis hinlänglich ausreichend.

KAPITEL IV.

VON DEN LINSEN.

Abtheilung I. *Begriffsbestimmungen in Bezug auf die Linsen.*

Sammellinsen und Zerstreuungslinsen. — Linsen sind durchsichtige von sphärischen Flächen begrenzte Medien.

Die Linsen theilen sich in zwei, sehr von einander unterschiedene Klassen. Die erste Klasse umfasst die Sammellinsen, die in der Mitte dicker sind, als an den Rändern; die zweiten sind die Zerstreuungslinsen, welche im Gegentheil in der Mitte dünner sind, als an ihren Rändern.

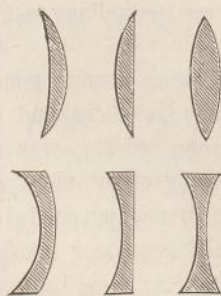


Fig. 17.

Fig. 17 stellt den Durchschnitt der verschiedenen Linsengattungen vor; die drei oberen sind Zerstreuungslinsen, die drei unteren Sammellinsen. Die erste (jene zur Linken) ist bi-concave, die zweite plan-concave, die dritte nennt man Zerstreuung-Meniskus. Die vierte ist bi-convex; die fünfte plan-convex, die sechste ist ein Sammel-Meniskus.

Hauptachse und optischer Mittelpunkt der Linsen. — Die gerade Linie aa' (Fig. 18), welche die Mittelpunkte der Krümmungen a und a' der sphärischen Flächen einer Linse verbindet, ist die Hauptachse der Linse. Wenn eine der Flächen

der Linsen eben oder flach ist, so geht die Hauptachse durch den Mittelpunkt der Krümmung der sphärischen Fläche und steht auf der ebenen Fläche senkrecht.

Für jede Linse gibt es einen Punkt, der in der Hauptachse so liegt, dass jeder Einfallsstrahl, der durch denselben hindurchgeht, keine Ablenkung erleidet. Dieser Punkt ist der optische Mittelpunkt der Linse.

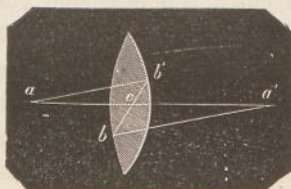


Fig. 18.

Um den optischen Mittelpunkt einer Linse (Fig. 18) aufzufinden, zieht man zwei Radien, welche schief gegen die Hauptachse aa' stehen, aber unter sich parallel sind, nämlich die Radien ab' und $a'b$; man verbindet nur die beiden Endpunkte dieser Radien b und b' durch eine gerade

Linie, welche die Hauptachse in dem Punkte c schneiden wird und dieser ist der optische Mittelpunkt.

Ist die Linse ein Meniskus, so verlängert man die Gerade bb' bis zu dem Punkt, wo sie die Hauptachse schneidet, welcher dann der optische Mittelpunkt sein wird.

Dieselbe Construction gibt auch den optischen Mittelpunkt der bi-concaven und der Zerstreuung-Menisken. Was die plan-convexen und plan-concaven Linsen betrifft, so wird der optische Mittelpunkt durch den Durchschnittspunkt der sphärischen Fläche mit der Hauptachse bestimmt.

Man nennt eine secundäre Achse eine Gerade, die durch den optischen Mittelpunkt der Linsen hindurchgeht und einen mehr oder minder grossen Winkel mit der Hauptachse bildet.

Abtheilung II. *Fabrikation der Linsen.**)

Fabrikation des Glases für optische Zwecke. — Was man vor allem Andern braucht, um gute Linsen zu machen,

*) Prechtl. Praktische Dioptrik. Wien 1828.

Smith. Treatise on optics. Ouvrage traduit en français (1767).

Laboulaye. Dictionnaire des arts et manufactures, Tome II, article verre.

Herschel. Traité d'optique, traduit par Quételet.

Herschel. The telescope. Encyclopédie britannique, 1861.

H. Rapin. La lunette d'approche. Lausanne, 1861.

ist ein sehr homogenes, von Streifen oder Wellen freies, vollkommen farbloses und durchsichtiges Glas. Die Blasen, Schlieren, und selbst der Staub im Glase, fangen doch nur einen, ihrem Umfange entsprechenden Theil des Lichtes auf, während die Wellen, die ein gewisses Zeichen von einer unvollkommenen Mischung der Substanzen sind, aus denen das Glas zusammengesetzt ist, eine ungleiche Strahlenbrechung erzeugen. Diese Wellen sind denen vergleichbar, die durch eine Mischung von zwei Lösungen von ungleicher Dichtigkeit erzeugt werden, wie z. B. durch Mischung von Gummiwasser und reinem Wasser Alkohol und Wasser etc. Das beste Mittel um zu erproben, ob eine Linse aus wellenfreiem Glase besteht, ist, dieselbe in einen Holzrahmen zu fassen, den man an dem Fensterbalken eines verdunkelten Zimmers oder an die Vorderwand einer Camera obscura so befestigt, dass die Linse das Tageslicht aufnimmt. Bringt man nun das Auge in den Focus der Linse, so wird man die geringsten Streifen oder Wellen gewahr. Man kann auch die Adern entdecken, wenn man das Glas sehr schief in einem verdunkelten Zimmer und einem sehr schwachen Licht gegenüber, ansieht.

Die Durchsichtigkeit des Glases ist eine sehr wesentliche Bedingung für eine Linse. Wenn es wolkig erscheint, so ist es unbrauchbar. Es muss auch farblos sein. Gewisse Gläser sind ferner gelblich (besonders Flintglas), röthlich oder grünlich (wie das Crownglas) und halten daher einen beträchtlichen Theil der chemischen Lichtstrahlen auf, besonders ist dies bei gelblichen und röthlichen Gläsern der Fall.

Es ist sehr schwierig, Glasscheiben von grosser Dimension und ganz frei von Wellen zu erhalten; doch hat man heut zu Tage einen grossen Theil dieser Schwierigkeiten überwunden und man findet für den Gebrauch der Photographie, Crownglasscheiben um den Preis von 3 bis 6 Francs das Kilogramm und Flintglasscheiben um den Preis von 14 Francs per Kilogramm*) von

*) Bei Herrn Sauter, Fabrikant de Phares, avenue Montaigne zu Paris, auch bei Chance und Comp. zu Birmingham. Die französischen Fabrikanten bedienen sich allgemein des Glases aus der ersten Fabrik,

Dimensionen von 1 bis 6 Zoll im Durchmesser. Das ordinärste Crown Glas kostet 3 bis 6 Francs das Kilogramm, aber dann ist es grünlich und enthält immer einige Wellen, besonders bei Scheiben von grossem Umfange.

Bontemps und Guinand sind die beiden Fabrikanten optischer Gläser, welche in diesem Industriezweig die meisten Fortschritte gemacht haben.

Die Tiegel, deren man sich zum Schmelzen des optischen Glases bedient, müssen von vorzüglicher feuerfester Erde gemacht sein und können eine Glasmasse von ungefähr 250 Kilogramme aufnehmen, sie sind bedeckt, um das Hineinschlagen des Rauches zu vermeiden und haben ungefähr die Form von Retorten mit kurzem Halse.

Der Ofen ist gewölbt und kann bis zu einer sehr hohen Temperatur erhitzt werden. Der wohl zugedeckte Schmelztiegel wird anfangs im Ofen weiss glühend gemacht, dann, wenn die Kohle keinen Rauch mehr gibt, bringt man in denselben nach und nach 10, 20, 40 Kilogramme Masse und jedesmal verschliesst man den Tiegel wieder, um den Rauch zu vermeiden, (indem man nur dann einträgt, wenn die Kohle keinen Rauch mehr gibt). Nach Verlauf von 8 bis 10 Stunden ist das Eintragen beendet. Wenn der Tiegel durch 4 Stunden weissglühend gemacht worden ist, rührt man die Substanz einige Minuten mit einem Schaft von feuerfester Erde um, dessen oberstes Ende an einer Eisenstange befestigt ist. Von Stunde zu Stunde und sechsmal wiederholt, beginnt man das Umrühren wieder, immer dabei den Rauch vermeidend. Endlich vermindert man das Feuer, damit die Blasen der geschmolzenen Masse auf die Oberfläche steigen.

Nach Verlauf von 2 Stunden setzt man den Ofen 5 Stunden hindurch von Neuem in volle Thätigkeit, wodurch das Glas seine Flüssigkeit wieder erhält. Man rührt es hierauf 2 Stunden hindurch und nimmt den Schaft aus dem Tiegel hinweg, welcher letzteren man, sowie auch die verschiedenen Oeffnungen des

die englischen Fabrikanten des Glases aus der zweiten Fabrik; allein viele fremde Optiker nehmen gegenwärtig die Gläser aus Frankreich, deren Preis niedriger und deren Masse vollkommen ist.

Ofens, verstopft, dann lässt man Alles auskühlen, was ungefähr 8 Tage dauert. Der Tiegel wird hierauf weggenommen, zerbrochen und die Glasmasse in Stücke zertheilt. Die Operation für das Flint- und Crown Glas ist dieselbe.

Die zertheilten Stücke der Glasmasse werden untersucht und sorgfältig ausgelesen. Die reinsten gehören für astronomische Objective, die folgende Qualität für die photographischen Objective, eine dritte für die gewöhnlichen Linsen und der Rest ist der Abfall, den man folgendermassen zusammenschmilzt.

Die Fragmente werden in einer Art von Muffel wieder weich gemacht und man fertigt davon viereckige Platten von verschiedener Dicke an (gewöhnlich von $\frac{1}{2}$ zu 2 Zoll).

Die für astronomische Objective bestimmten Platten werden in gusseisernen Schalen mittelst feuchtem Sand durch Reiben abgeschliffen, bis man ihnen ungefähr die durch die Theorie bezeichnete Form, gegeben hat. Was die anderen Platten betrifft, so werden sie am Feuer wieder erweicht und in, mit Sand bedeckten, thönernen oder eisernen Modeln so umgeformt (gesenkt oder gepresst), dass man ihnen wenigstens annäherungsweise die Form gibt, die sie haben sollen. Es können sich aber bei dieser Operation leicht Fäden und Wellen in dem Glase bilden, weshalb viele Optiker das Abschleifen in einer Form vorziehen. Für grosse Linsen, die man als Condensatoren von Vergrößerungsapparaten anwendet, nimmt man seine Zuflucht zum Guss, da die Wellen bei diesen Linsen keine sehr nachtheiligen Folgen haben.

Hier folgt die Composition der Gläser von Guinand und Bontemps.

FLINT - GLAS.

	Bontemps.	Guinand.
Weisser Kieselsand	261	225
Mennige	261	225
Potasche (1. Qualität)	60	52
Borax	18	4
Salpeter		3
Mangan		1
Arsenige Säure		1
Abfall oder Fritte von einem vorhergehenden Guss		89

CROWN-GLAS.

	Bontemps (1846). Guinand (1840).	
Weisser Kieselsand	360	400
Kohlensaures Kali		160
Kohlensaure Soda	150	
Kohlensaurer Kalk	84	
Borax		20
Mennige		20
Manganperoxyd		1
Arsenik	6	

Bontemps hat gefunden, dass das Crownglas der Verderbniss durch Abschuppen oder Abblättern unter dem Einfluss der Feuchtigkeit, weniger unterworfen ist, wenn man bei seiner Composition Borax an die Stelle der kohlensauren Soda setzt, doch muss es nicht im Uebermaasse geschehen, sonst findet dieselbe Unannehmlichkeit statt.

Endlich haben Faraday, Dutiron und mehrere andere Gelehrte und Industrielle, Versuche über schweres Flintglas, sowie über stark strahlenbrechendes Crownglas gemacht, um zu sehen, ob die Beziehungen zwischen den verschiedenen Farben ihrer Farbenbilder gleich seien, aber diese, für die Optik der astronomischen Gläser sehr interessanten Versuche haben sich für die photographischen Optiker weniger nützlich erwiesen, doch haben ihnen das gewöhnliche Crownglas im Verein mit Flintglas, vortreffliche Resultate geliefert. Man nimmt nur sehr selten zu schwerem Flintglas seine Zuflucht, da es gewöhnlich eine sehr gelbliche Färbung hat, die man vor allem Anderen in der Photographie vermeiden muss.

Ueber die Schalen zum Schleifen der Linsenflächen. —

Wenn man die Linsen annäherungsweise in die Form gebracht hat, die sie haben sollen, sei es durch Guss oder Senkung in Formen, sei es durch Schleifen mit feuchtem Sand in convexen oder concaven Schalen von Gusseisen, so muss man sie alsdann in die genaue Form bringen, welche durch die Theorie berechnet, oder durch die Praxis angezeigt ist, und zu diesem Zweck schleift man sie mit feinem Schmirgel in sphärischen Schalen von Kupfer oder Messing, von bestimmten Krümmungs-

Halbmessern, die Schalen sind etwas grösser, als die zu schleifende Linse, weil sonst die Fläche des Linsenrandes nicht sphärisch würde.

Man gibt diesen Schalen eine hinlängliche Stärke, damit sie der Biegung widerstehen. Wenn sie klein sind, giesst man sie aus einem Stücke von hinreichender Dicke, wenn sie aber gross sind, z. B. 6 bis 8 Zoll im Durchmesser haben, so macht man sie nur $\frac{1}{2}$ Zoll dick und verkittet sie fest in einem dicken Stein oder in einer zweiten Schale von Gusseisen etc.

Ehe man die Schale anfertigt, macht man ein Modell aus Holz, welches als Gussform dient, dann vollendet man das gegossene Stück auf der Drehbank.

Man muss nothwendigerweise den Schalen die Krümmungshalbmesser geben, welche die Linsenflächen haben sollen. Zu diesem Zweck zeichnet man mit Hilfe eines Stangenzirkels, auf eine sehr ebene Kupferplatte (die man mit dem Hammer bearbeiten — planiren — muss) einen Kreisbogen von doppelter Länge des Durchmessers der Schale und bearbeitet mit einer Feile die Bogenkrümmung, um ein sehr genaues Maass oder eine genaue Leere zu haben; man macht davon zwei Exemplare, ein concaves und ein convexes, worauf man, nachdem man das eine an einen Tisch befestigt hat, das andere gegen dieses mit Schmirgel reibt. Auf diese Art schleift man ein Maass oder eine Leere durch die andere, was beiden die richtige Krümmung gibt, die sie haben sollen.

Diese Maasse hält man an die Schalen (wovon die eine convex, die andere concav ist), während man sie an der Drehbank bearbeitet; eine Operation, welche den Schalen, annäherungsweise den Krümmungshalbmesser gibt, den sie haben sollen. Sind die Schalen auf diese Weise vorbereitet, so schleift man sie, eine in der andern mit Schmirgel, bis sie sich überall berühren, was sie, so vollkommen als möglich sphärisch macht. Es ist nothwendig eine concave und eine convexe Schale zu haben; denn während des Schleifens der Linse mit Hilfe einer der Schalen kommt diese etwas aus der Form und man muss sie alsdann mit der andern Schale neuerdings schleifen, um ihr die ursprüngliche Krümmung wieder zu geben.

Die aus dem grössten herausgearbeitete Linse wird mit-
telst weichem Pech, das in einzelnen Tropfen auf eine ihrer
Flächen geträufelt wird, an eine runde, auf der Drehbank be-
arbeitete Messingplatte befestigt, so dass das Glas sich an die
Platte so gut als möglich anpasst. Das Glas und die Platte
müssen vorher gut erwärmt werden. Die Platte hält das Glas
und verhindert, dass es sich nicht unter dem Druck der Hand
biegt. Ehe man mit den Operationen fortfährt, schleift man
den Rand des Glases derart, dass man dieses vollkommen kreis-
rund macht, was dadurch geschieht, dass man es auf der Dreh-
bank befestigt und mit einem Stein schleift.

Von da an erst fangen die zartesten Operationen der Lin-
senfabrikation an.

Douciren und Poliren der Linsenflächen. — Die Schale,
sei sie concav oder convex (je nachdem die zu schleifende
Linsenfläche convex oder concav sein soll) wird, nachdem man
sie auf einem sehr starken Block befestigt hat, mit einem feinen
befeuchteten Schmirgelpulver bestrichen. Die auf der obigen
Messingplatte befestigte Linse wird mit der rechten Hand ge-
nommen (oft befestigt man auch an der Platte einen Stil, um
das Ganze leichter handhaben zu können) und in der Schale*
herumgeführt, indem man stärker oder weniger stark drückt.
Das Glas wird in der Schale 5 oder 6 Mal im Kreise herum-
geführt und 2 oder 3 Mal in verschiedenen Richtungen. Man
muss sehr Acht haben, dass man nicht über den Rand der
Schale hinausfährt, welche aus diesem Grunde ein wenig grösser
als das Glas sein soll, auch muss man den Schmirgel immer
feucht erhalten. Nach einiger Zeit, die nach dem Umfang der
zu schleifenden Fläche verschieden ist, und wenn das Glas alle
Punkte der Schalenfläche gut berührt, so wechselt man den
Schmirgel, um ihn durch einen noch feineren zu ersetzen und
man fährt mit dem Douciren fort, bis das Korn der Fläche
ganz fein und gleichmässig ist. Es ist nothwendig, die Schale
(welche wir als eine concave voraussetzen) mit der convexen
wieder zurecht zu schleifen um ihr die richtige Krümmung
wieder zu geben. Dieses Zurechtschleifen muss besonders

dann sehr oft wiederholt werden, wenn die Arbeit einmal vorzuschreiten beginnt. Endlich bedient man sich nach dem Schmirgel eines sehr feinen Bimssteinpulvers, welches das Korn noch feiner macht und womit das Poliren beginnt. In diesem Moment löst man die Linse von ihrer Platte mit der Spitze eines Federmessers los und bearbeitet die andere Fläche auf gleiche Weise. Ehe man anfängt, muss man mittelst der Drehbank untersuchen, ob die Linse auf der Platte centrisch aufgekitet sei, oder ob dies wenigstens nahezu der Fall ist, was man unter Anderm durch Untersuchung des Randes der Linse erkennen kann, welcher in diesem Falle die gleiche Dicke haben muss.

Die Linse bekommt nach dem Schleifen vollkommen sphärische Krümmungen und nun fängt die wahrhaft schwierige Arbeit des Polirens an, für welche man sehr geschickte Arbeiter haben muss, da das Poliren sehr häufig die sphärische Krümmung der Flächen der Linse, wieder zerstört.

Es gibt mehrere Polirverfahren, von denen wir hier eine kurze Andeutung geben wollen. Man presst eine Mischung von geschmolzenem Pech und Colophonium zu gleichen Theilen durch sehr feines Linnen, hierauf erhitzt man die Schale leicht und gibt von dieser Mischung (die so weit abgekühlt sein muss, dass sie ihre erste Leichtflüssigkeit verloren hat) so viel hinein, dass die Schale bis zu einer Dicke von 3 — 4 Millimeter bedeckt ist. Man streicht das Pech mittelst der zweiten Schale, welche zu diesem Zweck sehr kalt und rein sein muss, in gleicher Schichte auf, taucht dann die erste Schale in kaltes Wasser, damit das Pech hart werde, breitet auf der Fläche ein wenig sehr feines Englischroth aus und polirt die Linse auf dieselbe Art, wie oben beim Glätten beschrieben wurde, vorsichtig und langsam, bis man fertig ist. Man muss Acht haben, dass das Glas sich nicht erhitzt und mit der Hand einen gleichmässigen Druck, auf die ganze Linsenfläche ausüben, sonst würden gewisse Partien der Fläche sich früher poliren, als die anderen und die Gesamthfläche würde dadurch ihre Kugelgestalt verlieren. Um diesen Fehler zu vermeiden, führen gewisse Optiker rund um die Linse, welche sie in dem Pech auf dem Block befestigen,

Segmente von demselben Krümmungshalbmesser hinzu, so dass die Linse das Centrum einnimmt und dass die Zwischenräume der Segmente den Ueberschuss von Englischroth absorbiren. Man erhält auf diese Art eine sehr annähernd sphärische Fläche, aber die Arbeit dauert länger.*)

Wenn man nach obiger Methode (jedoch ohne noch Segmente hinzuzufügen) arbeitet, so muss man in das Pech einige Furchen schneiden und zwar immer in Entfernungen von je $\frac{1}{2}$ Zoll, ungefähr eine Linie breit und sich senkrecht kreuzend. Alles überschüssige Roth häuft sich dort an und ebenso alle Pechstückchen, welche sich zufällig loslösen.

Man muss, sowie beim Glätten der Schale, ihre Krümmung bewahren, indem man von Zeit zu Zeit die eine Schale in die andere einfügt und sie mit ein wenig sehr feinem Schmirgelpulver, welches man später mit Wasser wieder entfernt, nachschleift.

Eine andere Methode des Polirens besteht darin, dass man auf der Schale ein Blatt feuchtes Papier ausbreitet, welches man dort dadurch adhären macht, dass man die andere correspondirende Schale einfügt und es leicht mit Englischroth behandelt. Hierauf polirt man die Linse in dieser Papierschale. Man behauptet, dass die deutschen Optiker anstatt des Papiere, sich eines sehr feinen Tuches bedienen und dass sie dadurch eine sehr vollkommene Politur erzielen.

Was auch immer für eine Methode man zum Poliren anwendet, so wird die Linse doch keine absolut sphärische Fläche mehr haben, wenn man nicht eine Reihe Vorsichtsmaassregeln anwendet, welche jedoch die Linse sehr vertheuern würden und deren sich nur die Optiker erster Klasse, für die Polirung astronomischer Objective bedienen.

Die sphärische Krümmung der polirten Linse, wie schon oben erwähnt, ist hinreichend correct für den Gebrauch in der Photographie, wo die Bilder nicht durch stark wirkende Oculare

*) Der Verfasser hat diese Methode bei M. Ross in London praktisch ausüben gesehen.

vergrössert werden müssen, wie dies bei den Fernröhren der Fall ist.

Um endlich die Biegung des Glases während des Glättens und Polirens zu vermeiden, lässt man den Rand der Linsen immer von einer gewissen Dicke.

Linsen mit convexen Flächen sind am leichtesten, die sammelnden und zerstreuenden Menisken hingegen, sind am schwersten anzufertigen. Derlei Linsen erhält man sogar sehr schwierig mit correcten Flächen, wie z. B. die drei Linsen, welche das einfache Objectiv von Dallmeyer und das Kugelobjectiv von Harrison bilden, von denen wir später sprechen werden.

Centrirung und Einfassung der Linsen. — Wenn die Mittelpunkte der zwei Linsenflächen sich auf einer und derselben Geraden befinden, die senkrecht auf einer Ebene steht, welche durch den Umfang der Linsen gelegt wird, so ist diese centritt und ihre Dicke an den Rändern ist an allen Stellen dieselbe.

Für Linsen unter zwei Zoll im Durchmesser befestigt man die Linse auf der Drehbank so fest und central, als es nur möglich ist, mit Mastix (Pech). Indem man sie dreht, beobachtet man durch Reflexion an den zwei Flächen, das Bild einer entfernten Kerzenflamme, die beiden durch die zwei Flächen erzeugten Bilder dürfen sich während der Drehung nicht verrücken. Wenn die Befestigung des Mittelpunktes unvollkommen ist, so wird eines der Bilder, oder auch beide, einen Kreis beschreiben. Man muss dann die Linse so lange bis zur vollkommenen Centrirung verschieben, d. h. so lange, bis die Bilder unbeweglich stehen bleiben; hierauf schleift man den Rand der Linsen mit Kupfer und Schmirgel mit fester Auflage rund.

Wenn die Linse mehr als zwei Zoll im Durchmesser hat, so befestigt man sie ebenfalls auf der Drehbank an einem Support, welcher mit zwei Stellschrauben versehen ist, die senkrecht unter sich und zugleich senkrecht auf der Achse der Drehbank stehen. An der Drehbank selbst befestigt man ferner einen Tasterzirkel, dessen Schenkel von ungleicher Länge sind, derart, dass der Rand der Linse zwischen den kürzeren Schenkeln durchläuft, während die beiden anderen Schenkel mit einer

Feder versehen sind, welche sie aus einander hält. Wenn man nun die Linse dreht, so werden die Enden des Zirkels sich entfernen oder sich nähern, wenn die Linse nicht centriert ist. Man dreht dann an den Stellschrauben so lange, bis der Zirkel, die Gleichheit der Dicke des Randes anzeigt.

In dieser Lage macht man die Linse kreisrund, indem man ihr eine schnelle Rotationsbewegung gibt und sie an den Rändern langsam (ohne Stöße, die sie aus der Lage bringen könnten) schleift. In diesem Falle ist die Linse centriert.

Auf dieselbe Art bearbeitet man sowohl die Sammellinsen, als die Zerstreuungslinsen, und da man meistens eine Sammellinse mit einer Zerstreuungslinse in einem und demselben Ringe fasst, so gibt man ihnen denselben Durchmesser, indem man dabei Acht hat, dass die Ränder rechtwinkelig auf dem Umfang stehen, d. h. nämlich, dass sie parallel mit der Achse der Linse sind.

Oft liegen die zwei Linsen fest an einander und sie müssen in diesem Falle eine gemeinschaftliche Fläche haben. Man erhitzt sie zu diesem Zwecke, giesst ein wenig Canadabalsam auf die concave Fläche und indem man die convexe Fläche darauflegt, drückt man die beiden Linsen gegeneinander, so dass der Ueberschuss an Balsam ausläuft. Nach der Erkaltung halten die zwei Linsen fest an einander (denn um sie aus einander zu bringen, müsste man sie erhitzen) und sie bilden nunmehr nur eine einzige Linse.

Zuweilen haben die beiden Linsen keine gemeinschaftliche Fläche, man legt dann zwischen dieselben ganz nahe am Rande in gleichen Distanzen drei kleine Blättchen aus Zinnfolie ein, welche sie trennen; oft bedient man sich dazu auch eines Kupferringes. Das Objectiv, welches die Photographen „Objectiv mit zusammengesetzten Gläsern“ oder auch „Doppelobjectiv“ nennen, gibt uns ein Beispiel von den zwei Arten der Linsenfassung; die vorderen, Linsen, welche dem zu reproducirenden Gegenstand zugekehrt sind, sind zusammen gekittet, während die zwei letzteren in ihrer gemeinsamen Fassung durch einen Ring getrennt bleiben.

Wenn die Linse in ihrem Kupferring derart befestigt ist, dass sie nicht herausfallen kann, ohne dass man mit einem Messer den umgebogenen Kupferrand aufbügelt, so sagt man, dass sie eingebügelt sei, d. h. gefasst, wie man Edelsteine zu fassen pflegt. Meistens ist sie jedoch durch einen zweiten Ring festgehalten, den man leicht herausschrauben kann.

Abtheilung III. *Gesetz der conjugirten oder gepaarten Brennpunkte und Grösse der Bilder im Brennpunkt der Linsen.*

In diesem Kapitel wollen wir den Gang der Lichtstrahlen durch die Linsen untersuchen, um aber diese Untersuchung nicht unnütz zu erschweren, müssen wir zwei Voraussetzungen machen, die wir später wieder fallen lassen werden, was daher der Leser nicht aus den Augen verlieren darf.

Die erste Voraussetzung besteht darin, dass die Einfallstrahlen aus einfachem Licht bestehen (denn wie wir früher gesehen haben, ist die Brechung eines Strahles von weissem Licht immer von Zerlegung begleitet), und die zweite besteht darin, dass die Linsen an ihrem mittleren Theil, eine unendlich schwache, ja fast gar keine Dicke haben*), oder mit anderen Worten, dass die Krümmungshalbmesser der Flächen, in Beziehung auf deren Durchmesser, sehr gross sein müssen.

*) So wenigstens stellt man sich, mit Hilfe der Abstraction, gewöhnlich die Sache in allen Lehrbüchern der Physik vor, allein es ist dies sehr irrig, wenn man die Menisken in Betracht zieht, deren Krümmungshalbmesser sehr kurz und deren Durchmesser, obwohl die Dicke schwach, doch sehr beträchtlich ist. Fig. 19 stellt uns in der That einen convergirenden oder Sammelméniskus dar, wo CR und $C'E'$ die Krümmungshalbmesser sind. Wenn nun CC' klein ist, so wird die Dicke der Linse auch klein sein, und könnte als null betrachtet werden, wenn die Linse bi-convex wäre. Wenn man jedoch auf diese Linse die gewöhnlichen Formeln anwendet, welche die Brennpunktentfernung, den Ausdruck ihrer Abweichung etc. bestimmen, so findet man einen verhältnissmässig beträchtlichen Fehler. Die Definition „unbedeutende Dicke“ ist irrhümlich, der Sinus versus ab des Krümmungshalbmessers kann in Bezug auf diesen Strahl als null angesehen werden, besonders in den Rechnungen bezüglich der Abweichungen.

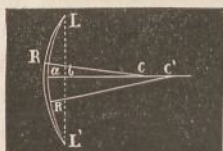


Fig. 19.

„unbedeutende Dicke“ ist irrhümlich, der Sinus versus ab des Krümmungshalbmessers kann in Bezug auf diesen Strahl als null angesehen werden, besonders in den Rechnungen bezüglich der Abweichungen.

Aehnlichkeit zwischen Linsen und Prismen. — Um den Gang der Lichtstrahlen in den Linsen zu studiren, setzt man immer voraus, was übrigens auch richtig ist, dass ein unendlich kleiner Theil, der durch den Einfallsstrahl getroffenen Linse, durch eine tangirende Ebene ersetzt werden kann.

Man kann also eine Sammellinse oder eine convergirende Linse ansehen, als wäre sie von zwei Prismen gebildet, die an der Basis vereinigt sind, und die Zerstreuungslinse oder divergirende Linse, als würden diese beiden Prismen mit ihren Schneiden verbunden sein. So z. B. kann eine bi-convexe Linse *A* (Fig. 20) zweien an der Basis verbundenen Prismen

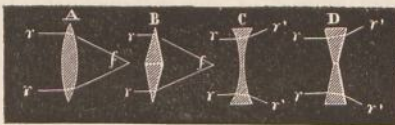


Fig. 20.

(*B*) gleichgestellt werden, eine bi-concave Linse *C* zweien an der Schneide vereinigten Prismen (*D*); woraus ferner begreiflich wird, dass die erstere (und

im Allgemeinen alle Sammellinsen) die einfallenden Strahlen *rr*, welche sie treffen, bei *f* einander nähert und dass die zweite sie nach *r'* von einander entfernt, weil wir wissen, dass die Prismen alle Einfallsstrahlen, welche durch sie hindurchgehen, gegen die Basis ablenken.

Um den Gang eines Lichtstrahles *RD* (Fig. 21), welcher zu der Achse *CC'* parallel, auf eine Linse *MN* (welche als Beispiel

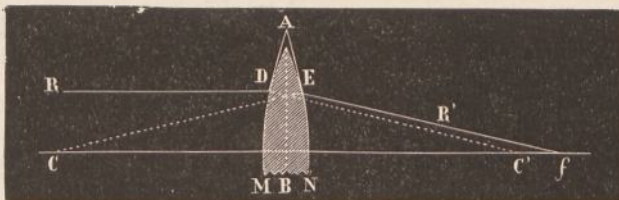


Fig. 21.

bi-convex sein soll, deren Dicke wir aber vernachlässigen) fällt, geometrisch zu finden, zieht man den Krümmungshalbmesser *DC'* der Fläche *M* und den Krümmungshalbmesser *CE* der Fläche *N*, und es werden die beiden Krümmungshalbmesser mit der Achse *CC'*

gleiche Winkel bilden. Senkrecht auf diese Krümmungsradien errichte man die Tangenten DA und EA . Wir haben jetzt nicht mehr die Linse, sondern das Prisma A in Betracht zu ziehen. Da nun der Winkel A unendlich klein ist (wir nehmen nämlich die Linse als sehr klein an), so wird die Ablenkung, die er auf den Einfallsstrahl hervorbringt, welcher senkrecht auf der Halbierungslinie AB steht, gleich sein $(n-1)A$. Der Austrittsstrahl ER' wird mithin die Achse bei dem Punkte f durchschneiden.

Wenn man anstatt eines Einfallstrahles RD irgend einen andern (aber immer mit der Achse parallelen) wählt, der mehr oder weniger von dem Centrum der Linse entfernt ist, so sieht man, wenn man jedesmal den Winkel A sich verzeichnet, dass alle Austrittsstrahlen die Achse der Linse in demselben Punkt f durchschneiden, welcher Punkt daher den Hauptbrennpunkt der Linse bildet.

Berechnung der Brennpunktsentfernung der Linsen. Hauptbrennpunkt und Nebenbrennpunkt. — Es sei AB die sphärische, unendlich kleine Trennungsfäche zweier Medien

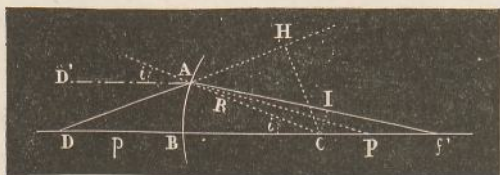


Fig. 22.

von denen das rechts von AB stärker bricht, als das links davon. D sei ein leuchtender Punkt, von dem ein Einfallsstrahl DA ausgeht. Verbinden wir das Krümmungszentrum C der Fläche AB , mit den Punkten A und D , so wird CD die Achse und AC das Einfallslot sein, welchem der gebrochene Strahl sich nähern und wonach er die Achse bei f' durchschneiden wird. Suchen wir somit das Verhältniss von DB zu Bf' .

Fällen wir zu dem Zweck von dem Punkte C , auf den Einfallsstrahl DA und auf den gebrochenen Strahl Af' , die Senkrechten CH und CI , betrachten wir ferner den Bogen AB als eine gerade, was wir thun können, da wir denselben als unendlich klein angenommen haben, so werden die rechtwinkligen Dreiecke

DAB und DHC ähnlich sein, da sie den Winkel D gemeinschaftlich haben, und es verhält sich:

$$DC : DA = CH : AB$$

Bezeichnet man ferner die Entfernung des leuchtenden Punktes D von der sphärischen Fläche AB mit dem Buchstaben p , so wird $DB = DA = p$ sein, weil der Winkel f' unendlich klein ist; ebenso $CB = AC = R$ (Krümmungshalbmesser der sphärischen Fläche) und die Proportion erhält die Form:

$$p + R : p = CH : AB,$$

Die ähnlichen Dreiecke $f'IC$, $f'AB$ (da sie rechtwinkelig sind und f' gemeinschaftlich haben) ergeben:

$$f'C : f'A = IC : AB \text{ oder } f'A = f'B$$

(da f' wie D sehr klein ist), und $f'B = p'$ (Brennweite von AB). Daraus folgt:

$$p' - R : p' = IC : AB.$$

Dividirt man diese zwei Proportionen, Glied für Glied, durch einander, so erhält man: $\frac{p + R}{p' - R} : \frac{p}{p'} = \frac{CH}{CI} : 1$. CH und CI sind die respectiven Sinusse des Einfallswinkels und des Brechungswinkels, ihr Verhältniss ist daher der Brechungsindex n ;

mithin $\frac{p + R}{p' - R} = \frac{p \cdot n}{p'}$, woraus man sofort erhält

$$\frac{1}{p} + \frac{n}{p'} = \frac{n - 1}{R} \dots [1].$$

Wir sehen also, dass, welches auch der Einfallswinkel des Strahles DA sei, da wir ihn willkürlich gewählt haben, $f'B$ oder p' immer denselben Ausdruck hat, denn in der vorstehenden Gleichung kommt der Einfallswinkel nicht vor, daher alle von einem leuchtenden Punkt ausgehenden und auf die unendlich kleine sphärische Fläche eines lichtbrechenden Mittels auffallenden Strahlen, nach einem gemeinschaftlichen Punkt gebrochen werden, welcher **Brennpunkt** heisst.

Wir haben den einfallenden Strahl DA schief gegen die Achse CD vorausgesetzt, hätten wir ihn aber parallel dieser Achse, z. B. gleich DA angenommen, so würden wir als ge-

brochenen Strahl AP anstatt AF gefunden haben und der Punkt P bestimmt sodann den Hauptbrennpunkt der Fläche.

In diesem Falle wird $p' (BP) = \frac{nR}{n-1} \dots [2]$.

Untersuchen wir jetzt den Fall bei einer Linse, die wir als bi-convex mit gleichen Krümmungen und nicht sehr dick voraussetzen, damit wir ihre Dicke vernachlässigen können, ferner habe sie eine sehr kleine Oeffnung, genau so, wie wir es im vorhergehenden Falle angenommen haben. Die gleichen Buchstaben der Fig. 22 sollen dieselben Bedeutungen haben.

Es seien $AB, A'B'$ die beiden Flächen der Linse; C, C' die Mittelpunkte der Krümmung; $CA = C'A'$, die Krümmungshalbmesser $= R$, Df die Achse, DA ein einfallender Strahl, der von einem in der Achse liegenden Punkte D ausgeht; der gebrochene Strahl wird, wie in dem obigen Falle Af sein und wir werden, wenn wir das Mittel rechts von AB unbegrenzt voraussetzen, haben:

$$[1] \dots \frac{1}{p} + \frac{n}{p'} = \frac{n-1}{R}.$$

Aber der gebrochene Strahl trifft auf seinem Wege die Fläche $A'B'$ bei A' , wird dort gebrochen, und durchschneidet die Achse bei f' . Stellen wir uns nämlich das Mittel zur Linken von $A'B'$ als unbegrenzt vor, so wird f' den leuchtenden Punkt vorstellen, $f'A'$ den einfallenden Strahl und $A'A$ den gebrochenen Strahl; die Verlängerung von $A'A$ wird die Achse in f durchschneiden. Man wird also haben: $\frac{1}{f'B'} - \frac{n}{B'f} = \frac{n-1}{R}$.

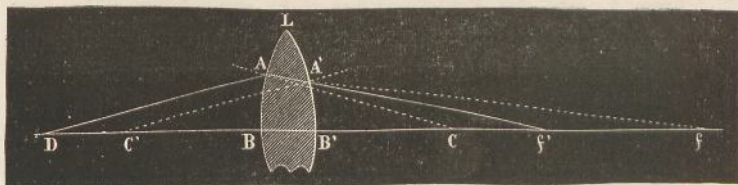


Fig. 23.

Es sei $f'B' = p'$ und vernachlässigen wir BB' , weil wir die Dicke der Linse als unendlich klein vorausgesetzt haben, so

erhalten wir, wenn wir die beiden Gleichungen, Glied für Glied addiren:

$$[3] \dots \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{n-1}{R} + \frac{n-1}{R'} = \frac{(n-1)(R+R')}{RR'}$$

Es ist klar, dass p und p' , d. h. die Entfernung des leuchtenden Punktes D von der Linse und die Brennpunktdistanz von dieser letzteren, durchaus nicht von dem einfallenden Strahle DA abhängen, sondern einzig und allein von dem Krümmungshalbmesser R und R' der Linse und von dem Brechungsindex des Stoffes, aus dem sie gebildet ist, — was zu beweisen war.

Wenn der einfallende Strahl DA parallel zu der Achse ist, so ist p unendlich und p' stellt die Hauptbrennpunktdistanz der Linse dar und in diesem Falle wird p' oder f

$$f = \frac{RR'}{(n-1)(R+R')}$$

Formeln für die Distanz des Hauptbrennpunktes der Linsen, für die mit der Achse parallel einfallenden Strahlen. — Kennt man den Brechungsindex n des Stoffes, aus dem die Linse gemacht ist, sowie ihre Krümmungshalbmesser R und R' , so ist die Entfernung ihres Hauptbrennpunktes f , für die verschiedenen Formen der Linsen durch die nachfolgenden Formeln gegeben. Wir müssen jedoch hier erwähnen, dass der Werth von f nur annäherungsweise bestimmt ist, weil wir hier auf die Dicke der Linse keine Rücksicht genommen haben. Für eine grössere Annäherung sehe man: Treatise of the reflexion and refraction of light, von Henry Coddington, Cambridge 1829, Seite 21 u. s. f.

N. B. Die Brennpunktentfernung f wird von dem optischen Centrum der Linse (siehe pag. 39) an gerechnet.

[1] Bi-convexe Linse ($R > R'$ oder $R' > R$).

$$f = \frac{RR'}{(n-1)(R+R')}$$

[2] Gleichschenkligh-convexe Linse ($R = R'$).

$$f = \frac{R}{2(n-1)}$$

- [3] Plan-convexe Linse R oder $R' = \infty$.

$$f = \frac{R}{(n-1)}$$

- [4] Convergirender oder Sammelmiskus ($R' > R$).

$$f = \frac{-RR'}{(n-1)(R-R')}$$

- [5] Bi-concave Linse ($R > R'$ oder $R' > R$).

$$f = \frac{-RR'}{(n-1)(R+R')}$$

- [6] Gleichschenkligh-concave Linse ($R = R'$).

$$f = \frac{-R}{2(n-1)}$$

- [7] Plan-concave Linse.

$$f = \frac{-R}{(n-1)}$$

- [8] Divergirender oder Zerstreuungsmiskus ($R > R'$).

$$f = \frac{-RR'}{(n-1)(R-R')}$$

Beispiele von diesen Brechungen: 1. Welche ist die Brennpunktsentfernung einer bi-convexen Linse, deren Krümmungshalbmesser respective 6 Meter und 1 Meter gross sind, wenn der Brechungsindex gleich 1,5 ist.

Die Formel 1 gibt uns: $f = \frac{6 \times 1}{(1,5-1)(6+1)} = \frac{6}{3,5} = 1^m 714$.

2. Welche ist die Brennpunktsentfernung eines convergirenden Miskus von denselben Krümmungshalbmessern und demselben Brechungsindex, wie in dem vorhergehenden Beispiel?

Man nimmt (Formel 4) $R' > R$, ferner $R' = 6$ und $R = 1$, sonst hätte man anstatt eines convergirenden Miskus einen divergirenden. (Man sehe das nachfolgende Beispiel).

$$f = \frac{-1 \times 6}{(1,5-1)(1-6)} = \frac{-6}{-2,5} = 2 \text{ 4.}$$

3. Welches würde die Brennpunktsentfernung eines divergirenden Miskus von demselben Krümmungshalbmesser und demselben Brechungsindex, wie oben, sein?

Man muss nehmen (Formel 8) $R > R'$, also $R = 6$ und $R' = 1$, und man hat

$$f = \frac{-6 \times 1}{(1,5 - 1)(6 - 1)} = \frac{-6}{2,5} = -2^m 4.$$

4. Man wünscht z. B. von einem Optiker eine bi-convexe Linse von 1^m 714 Brennpunktdistanz anfertigen zu lassen; die Krümmungshalbmesser sollen sich verhalten wie 1 zu 6. Welches würden alsdann diese Krümmungshalbmesser sein? Der Brechungsindex sei 1,5.

Da einer der Krümmungshalbmesser 6 Mal so lang, als der andere sein soll, so wird $R' = 6 R$.

In der Formel 1 setzt man für f seinen gegebenen Werth (1^m 714) und für R' seinen Werth $6 R$ und man hat

$$1^m 714 = \frac{R \times 6 R}{0,5 \times 7 R} = \frac{6 R}{3,5}$$

$$\begin{array}{l} \text{daraus folgt } 6 R \text{ od. } R = 1^m 714 \times 3,5 = 6^m \\ \text{und} \qquad \qquad \qquad R \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad = 1^m. \end{array}$$

5. Man besitzt z. B. eine bi-convexe Linse und man wünscht den Brechungsindex des Glases, aus dem sie gemacht ist, zu kennen. Hat man die Brennpunktdistanz der Linse gemessen, welche z. B. 1^m 714 sei, sowie auch ihre zwei Krümmungshalbmesser, welche respective 1 Meter und 6 Meter lang sind. Welchen Brechungsindex hat das Glas? (Formel 1).

$$1.714 = \frac{6 \times 1}{(n - 1)(1 + 6)} = \frac{6}{7n - 7},$$

daraus entsteht

$$(7n - 7) 1.714 = 6, \text{ daraus } n = \frac{3}{2} \text{ oder } 1,5.$$

Man sieht also, dass diese Formeln es erlauben, immer n , R und R' oder f zu finden, wenn zwei von drei Elementen bekannt sind. Diese Formeln können daher sehr häufig benützt werden.

Brennpunktdistanz der Linsen. *) — Nehmen wir einmal den einfachsten Fall, nämlich den: r seien Lichtstrahlen

*) Dieser Paragraph ist nur der elementare Ausdruck dessen, was wir in den vorhergehenden Absätzen oder Paragraphen geometrisch behandelt haben.

(Fig. 24), die von einem unendlich weit entfernten Punkte, z. B. von einem Sterne ausgehen und parallel zur Achse auf eine Sammellinse *A* auffallen. In diesem Falle werden alle austretenden Strahlen, gegen einen einzigen Punkt *f* der Achse convergiren, welcher der Hauptbrennpunkt der Linse genannt wird und wo sich das Bild des Punktes abbildet.

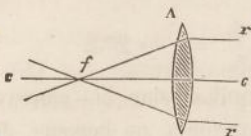


Fig. 24.

Umgekehrt, ein leuchtender Punkt *f* (Fig. 25), eine Kerze z. B., befinde sich in dem Hauptbrennpunkt einer convergirenden Linse oder Sammellinse *A*, er sendet divergirende Strahlen aus, welche sämmtlich, wenn sie durch die Linse hindurch gegangen sind, den Richtungen *r* folgend, parallel unter sich und parallel zur Achse austreten werden.

Der Hauptbrennpunkt einer convergirenden oder Sammellinse ist daher durch die Erfahrung, annähernd sehr leicht zu bestimmen; es ist hinreichend, die Linse den Sonnenstrahlen so auszusetzen, dass diese senkrecht auf ihre Fläche fallen, und dann die Entfernung zu messen, welche

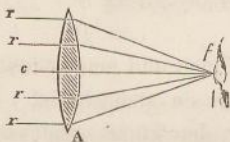


Fig. 25.

das Centrum der Linse von dem möglichst scharfen Sonnenbilde trennt, welches sie in ihrem Brennpunkte erzeugt (siehe Fig. 29). Es gibt jedoch dabei einen kleinen Fehler, welcher durch die Vernachlässigung der Dicke der Linse entsteht, besonders wenn diese ein convergirender Meniskus ist.

Wählen wir anstatt eines unendlich weit entfernten, leuchtenden Punktes einen solchen, welcher der Linse näher gerückt ist, aber immer in ihrer Achse liegt. In diesem Falle werden die von dem leuchtenden Punkt ausgehenden Strahlen nicht mehr parallel sein, sie gehen auseinander und fallen divergirend auf die Linse, deren Brennpunkt sich von nun an, um so weiter hinter der Linse bildet, als der Punkt sich mehr nähert. Befindet sich der leuchtende Punkt in einer Entfernung von der Linse, welche der doppelten Distanz des Hauptbrennpunktes gleich kommt, so wird sich sein Bild in einer genau gleichen

Entfernung hinter der Linse bilden. Nähert er sich mehr, so entsteht sein Bild in noch grösserer Entfernung und es kommt endlich ein Moment, wo der leuchtende Punkt sich in einer, der Distanz des Hauptbrennpunktes gleichen Entfernung der Linse befindet, und wo dann die Strahlen parallel unter sich austreten, und gar kein Bild mehr erzeugen.

Die Zerstreuungslinsen geben niemals ein Bild, in welcher Entfernung sich der leuchtende Punkt auch befinden möge.

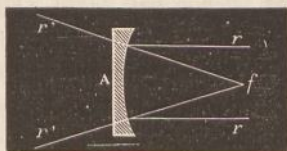


Fig. 26.

Es ist nämlich so (Fig. 26), dass Strahlen rr parallel zur Achse Af einer Linse A , nach r' zu, divergirend austreten. Es erzeugt sich also kein wirkliches Bild hinter der Linse. Verlängern wir die Strahlen r' bis sie die

Achse erreichen, wie es die Figur zeigt, so wird Af die Distanz des (imaginären oder negativen) Hauptbrennpunktes der Linse A sein.

Dieselbe Beziehung, welche zwischen der veränderlichen Brennpunktdistanz der convergirenden oder Sammellinsen und der Entfernung des leuchtenden Punktes besteht, existirt auch für die divergirenden oder Zerstreuungslinsen, nur dass der Brennpunkt anstatt sich rückwärts von der Linse zu bilden, sich faktisch nicht bildet. (Man sagt dann er bilde sich virtuel oder imaginär, d. h. blos dem Wesen nach.)

So wie die durch ein Prisma erzeugte Ablenkung eines Lichtstrahls, von dem Winkel dieses Prisma und von dem Brechungsindex des Stoffes, aus dem es gebildet ist, abhängt, ebenso hängt auch die Distanz des Brennpunktes einer Linse von dem Krümmungshalbmesser der sphärischen Flächen, welche dieselben einschliessen und von dem Brechungsindex des Stoffes ab. Es ist in der That klar, dass je kürzer diese Krümmungshalbmesser sind, um so kürzer wird auch die Brennpunktdistanz sein. Ebenso verhält es sich auch mit zwei Linsen von gleichen Krümmungen; diejenige, welche aus dem stärker brechenden Stoff geformt ist, wird auch die kürzere Brennpunktdistanz haben. (Siehe Fig. 31).

Ueber die Brennpunktebene. — Wenn wir anstatt eines einzigen leuchtenden Punktes in der Achse der Linse, einen Gegenstand CD (Fig. 27) von einer gewissen Dimension betrachten,

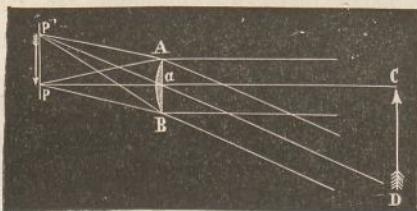


Fig. 27.

so finden wir nahezu dieselben Resultate, wenn dieser Gegenstand keinen sehr grossen Umfang hat. Denkt man sich einen Punkt D irgend eines unendlich weit entfernten Gegenstandes, welcher auf die Sammellinse AB einen Strahlenkegel schief zur Achse der Linse aC aussendet, so wird sein Bild in p' erzeugt, welches nahezu in derselben, auf die Achse aC senkrechten Ebene liegen wird, in welcher der Brennpunkt p der zur Achse der Linse parallel auffallenden Strahlen liegt, — welche ihrerseits von dem Punkt C des Objectes ausstrahlen. Die Ebene pp' ist die besagte Brennpunktebene.

Man sieht also, dass das Bild pp' umgekehrt hinter der Linse erscheint und seine Grösse hängt hauptsächlich von der Grösse CD , von der Entfernung aC des Objectes von der Linse und von der Brennpunktstanz pa der Letzteren ab, denn in beiden ähnlichen Dreiecken $pp'a$ und CDa hat man folgende Proportion:

$$CD : pp' = Ca : ap.$$

Eine je kürzere Brennpunktstanz eine Sammellinse hat (wenn der Gegenstand in einer constanten Entfernung bleibt) um desto kleiner wird das Bild dieses Gegenstandes sein. Je mehr sich der Gegenstand von der Linse AB entfernt, (wenn ihre Brennpunktstanz gegeben ist) desto kleiner wird ebenfalls, das Bild dieses Gegenstandes sein.

Zwischen der Brennpunktstanz einer Linse, der Entfernung des Gegenstandes von der Linse und der Grösse des Bildes entstehen also geometrische Verhältnisse, welche wir später studiren werden. Das Gesetz, welches die Beziehungen dieser Distanzen unter einander ausdrückt, heisst das Gesetz der conjugirten Brennpunkte.

Bestimmung der absoluten Brennpunktdistanz der Linsen durch Versuche. — Wir haben Seite 56 die Formeln gegeben, mit deren Hilfe man leicht die Distanz des Hauptbrennpunktes einer Linse bestimmen kann, und Seite 59 ein experimentelles Verfahren bezüglich desselben Gegenstandes, doch ist weder die eine noch die andere dieser Methoden hinlänglich genau, wenn es sich um ein System von Linsen handelt, deren Achse eine gemeinschaftliche ist, z. B. bei photographischen Objectiven. Man wendet dann folgende Methode an:

Es seien AB (Fig. 28) sehr entfernte, am Horizont befindliche Gegenstände, C das Objectiv, welches an eine Camera angeschraubt ist, die auf einem sehr ebenen Tische steht. Wenn man diese Gegenstände auf dem matten Glase scharf einstellt, so werden wir finden, dass z. B. die Gegenstände D und E die Grenze des Bildes auf dem matten Glase bilden. DCE ist der Winkel, welchen das Objectiv umfasst.

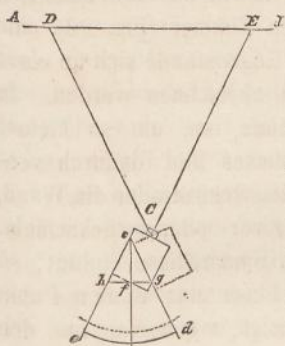


Fig. 28.

Man ziehe in der Mitte des matten Glases eine verticale Gerade auf demselben und wende die Camera so lange, bis der Punkt E auf diese Gerade fällt. Mit einem Bleistift, der längst der Seite der Camera obscura hingeführt wird, zieht man die gerade Linie ce . Nun dreht man die Camera gegen den Punkt D , bis dieser in die, auf das matte Glas gezogene Gerade fällt. Die Gerade cd wird nun so gezogen, wie man es mit der ce gemacht hat; wenn diese Gerade die Linie ce nicht durchschneidet, so muss man sie entsprechend verlängern. Es ist klar, dass der Winkel ecd dem Winkel DCE gleich sein muss. Wenn man also das Centrum eines Winkelmessers bei c anlegt, so liest man die Zahl der Bogengrade ed ab und dies ist der von dem Objectiv umfasste Winkel, welchen man auch den Gesichtswinkel des Objectives nennt. Seine absolute Brennpunktdistanz erhält man folgendermassen. Man misst auf einem matten Glase mit einem Zirkel die Entfernung der Punkte D

und E und nimmt davon die Hälfte, halbire den Winkel ecd durch eine Gerade cf , auf welchen man ein Winkelmaass anlegt, übertrage nun die halbe Distanz DE (die auf dem matten Glase gemessen wird) auf das Winkelmaass und macht fg gleich dieser halben Distanz und zwar senkrecht auf $c'f$, alsdann wird fc die wahre Brennpunktdistanz des Objectives sein, welche einmal gekannt, die Grösse der Bilder zu berechnen gestattet. (Grubb. British Journal of Photography).

Bestimmung der conjugirten Brennpunkte und der Bildgrösse. — Erinnern wir uns vor Allem an die Thatsache, dass wenn man in einem verdunkelten Zimmer (Fig. 22) eine kleine Oeffnung anbringt, die äusseren Gegenstände sich an einer weissen Wand, hinter dieser Oeffnung abzeichnen werden. Je grösser die Entfernung dieser Gegenstände ist, um so kleiner wird ihr Bild sein, man kann aber dieses Bild dadurch vergrössern oder verkleinern, dass man den Schirm oder die Wand, die dieses Bild aufnehmen soll, entweder vor- oder zurückschiebt. Wenn man aber in die Oeffnung eine Sammellinse einfügt, so bemerkt man, dass es hinter dieser Linse nur einen Punkt gibt, wo das Bild sich am schärfsten zeigt, wenn man nun den Schirm vor- oder rückwärts schiebt, ohne die Entfernung der Gegenstände zu verändern, so wird das Bild seine ursprüngliche Schärfe verlieren.

Wenn an die Stelle des fixen Gegenstandes, welcher in unserer Figur 2, Seite 6, durch eine Kirche dargestellt ist, eine bewegliche Figur, z. B. ein Mensch, welcher geht, gedacht wird, so kann man sich überzeugen, dass wenn dieser Mensch sich entfernt, das Bild, wenn es am schärfsten gezeichnet ist, sich der Linse nähert und kleiner wird, und dass umgekehrt, wenn der Mensch sich nähert, der Brennpunkt sich verlängert und das Bild an Grösse zunimmt.

Nun gibt es zwischen der Brennpunktdistanz der Linse, der Grösse des Bildes und der Entfernung des Gegenstandes vor der Linse sehr einfache Verhältnisse, vermittelt deren, wenn man zwei dieser Verhältnisse kennt, man das dritte immer finden kann. Es sei f die Distanz des Hauptbrennpunktes der Linse

(oder des combinirten Linsensystems), p die Entfernung des Gegenstandes von der Linse, p' die Brennpunktdistanz der Linse, wo das Bild sich scharf abzeichnet, so wird man folgende Gleichung haben.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

Hat das Objectiv 24 Centimeter Brennpunktdistanz, wenn die Entfernung des Gegenstandes von der Linse 400 Centimeter beträgt, so werden wir für die Brennpunktdistanz p' , wo das Bild sich scharf auf dem matten Glase abzeichnet, folgende Ausdrücke haben:

$$\frac{1}{24} = \frac{1}{400} + \frac{1}{p'}, \text{ oder } 400 = \frac{24 \times 400}{p'},$$

woraus $p' = 25,5$ Centimeter erhalten wird. Die Distanz des Hauptbrennpunktes wird sich also um 1,5 Centimeter verlängert haben.

Das Verhältniss der Grösse zwischen dem Bilde und dem Objecte wird gleich sein $p':p$ oder 25,5:400 d. h. annähernd $\frac{1}{16}^c$ seiner wirklichen Grösse.

Es ist daher immer leicht, wenn man die Brennpunktdistanz der Linse, deren man sich bedient, den Umfang des Gegenstandes und seine Entfernung von der Linse kennt, genau die Grösse des Bildes zu berechnen, oder wenn man das Problem umkehrt, und mit einem gegebenen Objectiv ein Bild von irgend einer bestimmten Grösse erhalten will, die Entfernung zu berechnen, in welcher man sich, von dem Gegenstande gemessen, mit der Linse aufstellen muss. Um jedoch für unseren Leser diese Mühe zu beseitigen, wollen wir aus der vortrefflichen Broschüre des Herrn Secretan, betitelt: „De la distance focale des systèmes optiques convergentes“ einen Auszug der folgenden Tabellen mit der Erklärung ihrer Anwendung geben.*)

*) Die Optiker geben gewöhnlich in ihren Katalogen, anstatt der wahren Brennpunktdistanz ihrer Objective, diejenige, welche gemessen wird von der Hinterfläche des Objectives zum Glase. Es liegt hierin kein sehr wesentlicher Fehler für das einfache Landschaftsobjectiv, aber alle anderen Objective muss man entweder messen, wie wir es oben angegeben haben, oder man muss zu jener Zahl, welche die Optiker angeben, noch die halbe Länge des Fassungsrohres der Linsencombination hinzu addiren.

	1/1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	1/10	1/15	1/20	1/25	1/30
0,10	{0,20 0,20	{0,30 0,15	{0,40 0,13	{0,50 0,13	{0,60 0,12	{0,70 0,12	{0,80 0,11	{0,90 0,11	{1,00 0,11	{1,10 0,11	{1,60 0,11	{2,10 0,11	{2,60 0,10	{3,10 0,10
0,15	{0,30 0,30	{0,45 0,23	{0,60 0,20	{0,75 0,19	{0,90 0,18	{1,05 0,18	{1,20 0,17	{1,35 0,17	{1,50 0,17	{1,65 0,17	{2,40 0,16	{3,15 0,16	{3,90 0,16	{4,65 0,16
0,20	{0,40 0,40	{0,60 0,30	{0,80 0,27	{1,00 0,25	{1,20 0,24	{1,40 0,23	{1,60 0,23	{1,80 0,23	{2,00 0,22	{2,20 0,22	{3,20 0,21	{4,20 0,21	{5,20 0,21	{6,20 0,21
0,25	{0,50 0,50	{0,75 0,38	{1,00 0,33	{1,25 0,31	{1,50 0,30	{1,75 0,29	{2,00 2,29	{2,25 0,28	{2,50 0,28	{2,75 0,28	{4,00 0,27	{5,25 0,26	{6,50 0,26	{7,75 0,26
0,30	{0,60 0,60	{0,90 0,45	{1,20 0,40	{1,50 0,38	{1,80 0,36	{2,10 0,35	{2,40 0,34	{2,70 0,34	{3,00 0,33	{3,30 0,33	{4,80 0,32	{6,30 0,32	{7,80 0,31	{9,30 0,31
0,35	{0,70 0,70	{1,05 0,53	{1,40 0,47	{1,75 0,44	{2,10 0,42	{2,45 0,41	{2,80 0,40	{3,15 0,39	{3,50 0,39	{3,85 0,39	{5,60 0,37	{7,35 0,37	{9,10 0,36	{10,85 0,36
0,40	{0,80 0,80	{1,20 0,60	{1,60 0,53	{2,00 0,50	{2,40 0,48	{2,80 0,47	{3,20 6,40	{3,60 0,45	{4,00 0,44	{4,40 0,44	{6,40 0,43	{8,40 0,42	{10,40 0,42	{12,40 0,41
0,45	{0,90 0,90	{1,35 0,68	{1,80 0,60	{2,25 0,56	{2,70 0,54	{3,15 0,53	{3,60 0,51	{4,05 0,51	{4,50 0,50	{4,95 0,50	{7,20 0,48	{9,45 0,47	{11,70 0,47	{13,95 0,47
0,50	{1,00 1,00	{1,50 0,75	{2,00 0,67	{2,50 0,63	{3,00 0,60	{3,50 0,58	{4,00 0,57	{4,50 0,56	{5,00 0,55	{5,50 0,55	{8,00 0,53	{10,50 0,53	{13,00 0,52	{15,50 0,52
0,55	{1,10 1,10	{1,65 0,83	{2,20 0,73	{2,75 0,69	{3,30 0,66	{3,85 0,44	{4,40 0,63	{4,95 0,62	{5,50 0,61	{6,05 0,61	{8,80 0,59	{11,55 0,58	{14,30 0,57	{17,05 0,57
0,60	{1,20 1,20	{1,80 0,90	{2,40 0,80	{3,00 0,75	{3,60 0,72	{4,20 0,70	{4,80 0,69	{5,40 0,68	{6,00 0,66	{6,60 0,66	{9,60 0,64	{12,60 0,63	{15,60 0,62	{18,60 0,62
0,65	{1,30 1,30	{1,95 0,98	{2,60 0,87	{3,25 0,81	{3,90 0,78	{4,55 0,76	{5,20 0,74	{5,85 0,73	{6,50 0,72	{7,15 0,72	{10,40 0,69	{13,65 0,68	{16,90 0,68	{20,15 0,67
0,70	{1,40 1,40	{2,10 1,05	{2,80 0,93	{3,50 0,87	{4,20 0,84	{4,90 0,82	{5,60 0,80	{6,30 0,79	{7,00 0,77	{7,70 0,77	{11,20 0,75	{14,70 0,74	{18,20 0,73	{21,70 0,72
0,75	{1,50 1,50	{2,25 1,13	{3,00 1,00	{3,75 0,94	{4,50 0,90	{5,25 0,88	{6,00 0,86	{6,75 0,84	{7,50 0,83	{8,25 0,83	{12,00 0,80	{15,75 0,79	{19,50 0,78	{23,25 0,77
0,80	{1,60 1,60	{2,40 1,20	{3,20 1,07	{4,00 1,00	{4,80 0,96	{5,60 0,93	{6,40 0,91	{7,20 0,90	{8,00 0,88	{8,80 0,88	{12,80 0,85	{16,80 0,84	{20,80 0,83	{24,80 0,83
0,85	{1,70 1,70	{2,55 1,28	{3,40 1,13	{4,25 1,06	{5,10 1,02	{5,95 0,99	{6,80 0,97	{7,65 0,96	{8,50 0,94	{9,35 0,94	{13,60 0,91	{17,85 0,89	{22,10 0,88	{26,35 0,88
0,90	{1,80 1,80	{2,70 1,35	{3,60 1,20	{4,50 1,12	{5,40 1,08	{6,30 1,05	{7,20 1,03	{8,10 1,01	{9,00 0,99	{9,90 0,99	{14,40 0,96	{18,90 0,95	{23,40 0,94	{27,90 0,93
0,95	{1,90 1,90	{2,85 1,43	{3,80 1,27	{4,75 1,19	{5,70 1,14	{6,65 1,11	{7,60 1,09	{8,55 1,07	{9,50 1,05	{10,45 1,05	{15,20 1,01	{19,95 1,00	{24,70 0,99	{29,45 0,98
1,00	{2,00 2,00	{3,00 1,50	{4,00 1,33	{5,00 1,25	{6,00 1,20	{7,00 1,17	{8,00 1,14	{9,00 1,13	{10,00 1,10	{11,00 1,10	{16,00 1,07	{21,00 1,05	{26,00 1,04	{31,00 1,03

	1/40	1/50	1/60	1/70	1/80	1/90	1/100	1/120	1/140	1/160	1/180	1/200
0,10	4,10 0,10	5,10 0,10	6,10 0,10	7,10 0,10	8,10 0,10	9,10 0,10	10,10 0,10	12,10 0,10	14,10 0,10	16,10 0,10	18,10 0,10	20,10 0,10
0,15	6,15 0,15	7,65 0,15	9,15 0,15	10,65 0,15	12,15 0,15	13,65 0,15	15,15 0,15	18,15 0,15	21,15 0,15	24,15 0,15	27,15 0,15	30,15 0,15
0,20	8,20 0,21	10,20 0,20	12,20 0,20	14,20 0,20	16,20 0,20	18,20 0,20	20,20 0,20	24,20 0,20	28,20 0,20	32,20 0,20	36,20 0,20	40,20 0,20
0,25	10,25 0,26	12,75 0,26	15,25 0,25	17,75 0,25	20,25 0,25	22,75 0,25	25,25 0,25	30,25 0,25	35,25 0,25	40,25 0,25	45,25 0,25	50,25 0,25
0,30	12,30 0,31	15,30 0,31	18,30 0,31	21,30 0,30	24,30 0,30	27,30 0,30	30,30 0,30	36,30 0,30	42,30 0,30	48,30 0,30	54,30 0,30	60,30 0,30
0,35	14,35 0,36	17,85 0,36	21,35 0,36	24,85 0,36	28,35 0,35	31,85 0,35	35,35 0,35	42,35 0,35	49,35 0,35	56,35 0,35	63,35 0,35	70,35 0,35
0,40	16,40 0,41	20,40 0,41	24,40 0,41	28,40 0,41	32,40 0,41	36,40 0,40	40,40 0,40	48,40 0,40	56,40 0,40	64,40 0,40	72,40 0,40	80,40 0,40
0,45	18,45 0,46	22,95 0,46	27,45 0,46	31,95 0,46	36,45 0,46	40,95 0,46	45,45 0,45	54,45 0,45	63,45 0,45	72,45 0,45	81,45 0,45	90,45 0,45
0,50	20,50 0,51	25,50 0,51	30,50 0,51	35,50 0,51	40,50 0,51	45,50 0,51	50,50 0,51	60,50 0,50	70,50 0,50	80,50 0,50	90,50 0,50	100,50 0,50
0,55	22,55 0,56	28,05 0,56	33,55 0,56	39,05 0,56	44,55 0,56	50,05 0,56	55,55 0,56	66,55 0,55	77,55 0,55	88,55 0,55	99,55 0,55	110,55 0,55
0,60	24,60 0,62	30,60 0,61	36,60 0,61	42,60 0,61	48,60 0,61	54,60 0,61	60,60 0,61	72,60 0,61	84,60 0,60	96,60 0,60	108,60 0,60	120,60 0,60
0,65	26,65 0,67	33,15 0,66	39,65 0,66	46,15 0,66	52,65 0,66	59,15 0,66	65,65 0,66	78,65 0,66	91,65 0,65	104,65 0,65	117,65 0,65	130,65 0,65
0,70	28,70 0,72	35,70 0,71	42,70 0,71	49,70 0,71	56,70 0,71	63,70 0,71	70,70 0,71	84,70 0,71	98,70 0,71	112,70 0,70	126,70 0,70	140,70 0,70
0,75	30,75 0,77	38,25 0,77	45,75 0,76	53,25 0,76	60,75 0,76	68,25 0,76	75,75 0,76	90,75 0,76	105,75 0,76	120,75 0,75	135,75 0,75	150,75 0,75
0,80	32,80 0,82	40,80 0,82	48,80 0,81	56,80 0,81	64,80 0,81	72,80 0,81	80,80 0,81	96,80 0,81	112,80 0,81	128,80 0,81	144,80 0,80	160,80 0,80
0,85	34,85 0,87	43,35 0,87	51,85 0,86	60,35 0,86	68,85 0,86	77,35 0,86	85,85 0,86	102,85 0,86	119,85 0,86	136,85 0,86	153,85 0,85	170,85 0,85
0,90	36,90 0,92	45,90 0,92	54,90 0,92	63,90 0,91	72,90 0,91	81,90 0,91	90,90 0,91	108,90 0,91	126,90 0,91	144,90 0,91	162,90 0,91	180,90 0,90
0,95	38,95 0,97	48,45 0,97	57,95 0,97	67,45 0,97	76,95 0,97	86,45 0,96	95,95 0,96	114,95 0,96	133,95 0,96	152,95 0,96	171,95 0,95	190,95 1,95
1,00	41,00 1,03	51,00 1,02	61,00 1,02	71,00 1,01	81,00 1,01	91,00 1,01	101,00 1,01	121,00 1,01	141,00 1,01	161,00 1,01	181,00 1,01	201,00 1,01

Die erste verticale Spalte enthält die Brennpunktdistanzen von 5 zu 5 Centimeter, von 10 bis 100 Centimeter. Was die zwischenliegenden Brennpunktdistanzen betrifft, so könnte man dieselben nach den oben angegebenen Regeln (siehe Seite 62) interpoliren oder berechnen. Die zweite verticale Spalte, welche an ihrem Kopfe die Bruchtheile $\frac{1}{1}$ trägt, gibt für gleiche Grösse von Object und Bild $= \frac{1}{1}$, zwei Zahlen: die erste ist die Entfernung des Objectes von der Linse, die zweite diejenige des matten Glases von eben dieser Linse. Die dritte verticale Spalte gibt dieselben Beziehungen, aber für die Bildgrösse $\frac{1}{2}$; die vierte Spalte gibt sie für das Verhältniss der Bildgrösse $\frac{1}{3}$ u. s. f.

Nehmen wir an, dass man mit einem Objectiv von 30 Centimeter Brennpunkt ein Porträt von $\frac{1}{6}$ Grösse machen wolle.

Die Zahl 30 der ersten verticalen Spalte verlassend, folge man der horizontalen Linie, bis man bei jener verticalen angekommen ist, an deren Kopf sich die Ueberschrift $\frac{1}{6}$ befindet; auf diese Art wird man zu der Abtheilung kommen, wo sich die zwei Zahlen 2,10 und 0,35 befinden. Die erste zeigt an, dass die Person 2 Meter, 10 Centimeter von dem Objectiv entfernt stehen muss, und die zweite lehrt uns, dass das in den Brennpunkt gestellte matte Glas ungefähr 35 Centimeter von dem Objectiv entfernt sein wird.

Die Resultate der Tabelle sind zum wenigsten, bis auf einen Centimeter genau. Noch grössere Genauigkeit würde unnütz sein, besonders für die Zahl, welche die Entfernung von dem matten Glase bezeichnet, da diese immer durch wirklich scharfes Einstellen bestimmt werden muss. Es ist immer gut, diese letztere Grösse voraus zu kennen, und wäre es auch nur, um zu wissen, ob das Local, wo man arbeitet, gross genug ist, um irgend eine bestimmte Reduction des Bildes, mit irgend einem Objectiv von bestimmter Brennweite vornehmen zu können.

Will man also wissen, welches die kleinste Reduction ist, die man mit einer Brennweite von 40 Centimeter, in einem Zimmer, dessen grösste Länge 4 Meter ist, vornehmen kann, so nehme man vor Allem für den Platz derjenigen Person, die man porträtiren will und für den Photographen, wenn er das Bild

auf dem matten Glase scharf einstellt, zusammen 1 Meter weg, und unsere 4 Meter werden sodann auf 3 Meter reducirt sein.

In der horizontalen Linie, welche mit dem Brennpunkte 40 correspondirt, suchen wir die Summe der zwei Zahlen jeder Spalte, so lange, bis wir ein Resultat finden, welches sich drei Metern am meisten nähert, und wir werden gar bald bei der Zahl 2,88 ankommen, welche in derjenigen verticalen Spalte sich befindet, die an ihrem Kopfe die Ueberschrift $\frac{1}{5}$ trägt.

Dieses wird die kleinste Bildgrösse sein, welche wir in einem solchen Locale und mit einem solchen Objective erhalten können.

KAPITEL IV.

VON DEN ABWEICHUNGEN.

Definitionen der Abweichungen. — Bis jetzt haben wir die Oeffnung der Linsen im Vergleich mit ihrer Brennweite und damit auch das Zusammentreffen aller durch diese Linse gebrochenen Strahlen nach demselben Punkte, als sehr klein vorausgesetzt; in der Praxis jedoch bedient man sich meistens solcher Linsen, die eine ziemlich grosse Oeffnung haben, und alsdann erhält man dieses Resultat nicht mehr, da die an den Rändern der Linse gebrochenen Strahlen sich in einem andern Punkte der Achse schneiden, als die Centrumsstrahlen, welche derselben näher liegen. Dadurch entsteht eine *Aberration* oder *Abweichung*, welche man die *sphärische* genannt hat, weil sie von der Kugelgestalt der Linse herrührt.

Wir haben ferner angenommen, dass die Strahlenbrechung in den Linsen nicht von Farbenzerstreuung begleitet sei; das ist nun abermals nicht der Fall; denn für jeden weissen einfallenden Strahl, gibt es verschiedene gebrochene (farbige) Strahlen, welche alsdann die Achse in verschiedenen Punkten treffen und dieses nennt man die *chromatische Abweichung*.

Wir haben ferner noch angenommen, dass das Bild der äusseren Gegenstände sich auf einer im Brennpunkte senkrecht

zur Axe errichteten Ebene bilde, während es sich in Wirklichkeit auf einer gekrümmten Fläche bildet. Diese Abweichung bezeichnet man mit dem Ausdruck: Krümmung der Bildfläche.

Wir haben die Linsen als unendlich dünn vorausgesetzt, und daher die Bilder in ihren Lineamenten übereinstimmend mit den Lineamenten der Objecte angenommen, allein die Linsen haben eine ziemliche Dicke, welche die Genauigkeit des Bildes an den Rändern alterirt; diese Abweichung heisst die Abweichung wegen der Linsendicke, oder gewöhnlicher die Distortion oder Verzeichnung.

Eine letzte Abweichung entsteht durch die Lage der Linse, bezüglich der ausserhalb ihrer Achse gelegenen Punkte, da die beiden Meridiane der Linse eine verschiedene Brennpunktstanz haben und diese Abweichung heisst Astigmatism.

Abtheilung I. *Sphärische Abweichung.*

Sphärische, transversale und longitudinale, positive und negative Abweichung. — Die parallelen Lichtstrahlen rr' (Fig. 29.) welche von den Rändern einer convexen Linse LL' ausgehen, kreuzen sich bei f' näher der Linse als die Strahlen $r''r'''$, welche durch das Centrum an der Linse hindurchgehen; diese kreuzen sich bei f , was daher kommt, dass die Krümmungen der

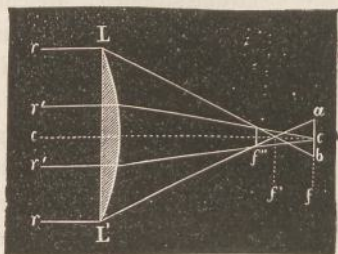


Fig. 29.

Linsen sphärische Flächen sind, und daher der Name sphärische Abweichung.

Man kann die sphärische Abweichung sehr leicht bei einer einfachen Sammellinse erkennen, wenn man das Bild der Sonne in ihrem Brennpunkte auffängt. Zu diesem Zwecke setzt man die Linse den Sonnenstrahlen

derart aus, dass diese senkrecht auf ihre Fläche fallen und man sucht, indem man ein weisses Papier hinter der Linse vor- und

rückwärts schiebt, den Punkt, wo das Bild sich mit Schärfe zeichnet. (Um diesen Zweck leichter zu erreichen, führt man die Linse wieder auf ihren centralen Theil zurück, indem man sie mit einem in der Mitte kreisrund ausgeschnittenen Karton bedeckt und dann den Karton wieder wegnimmt.)

Wenn die Linse eine ziemlich kurze Brennweite hat, wenn sie z. B. eine jener Linsen wäre, deren man sich als Lupe bedient, so erkennt man, um das möglichst schärfste Sonnenbild herum eine Aureole (Lichtkreis) oder einen Hof ab von weissem Lichte, welcher von der transversal-sphärischen Abweichung herrührt. In der That bildet sich bei f' , dem Brennpunkt der auf das Centrum der Linse fallenden Strahlen, das möglichst schärfste Bild der unendlich weit entfernten Gegenstände (die Sonne befindet sich in diesem Fall), während die Strahlen rr , indem sie auf die Ränder dieser Linse L fallen und ihren Brennpunkt f'' näher haben, ihren Weg verfolgen und eine Aureole oder einen Hof ab um den Punkt f bilden werden. Der Durchmesser ab dieses Kreises, den man auch den Abweichungskreis nennt, bestimmt das Mass oder, wie man ebenfalls zu sagen pflegt, den Ausdruck der transversalen Abweichung.

Der Kreis der kleinsten Abweichung befindet sich zwischen f' und f . Es ist dies der möglichst kleinste Durchschnitt in dem aus der Linse ausgehenden Strahlenkegel.

Bei den negativen Linsen wird ein parallel zur Achse und nahe dem Centrum einer Zerstreuungslinse LN einfallender Strahl p' in der Richtung om austreten, welche verlängert, die Achse bei f' schneidet, und dort ist daher der Hauptbrennpunkt dieser Linse. Ein mit p' paralleler Strahl r , welcher jedoch auf den Rand der Linse fällt, wird nach nq gebrochen, welche Linie verlängert, die Achse bei f schneidet. Der Brennpunkt der Randstrahlen ist mithin länger als der Brennpunkt der Centralstrahlen. In diesem Falle sagt man die Abweichung sei eine negative.

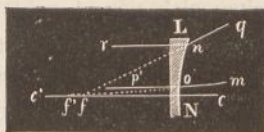


Fig. 30.

Die sphärische Abweichung variirt mit der Öffnung und dem Brechungsindex des Glases, aus welchem die Linse gemacht ist. — Da die sphärische Abweichung von der Kugelgestalt der Flächen abhängt, welche diese Linse einschliessen, so ist es ganz klar, dass je mehr convex die Flächen sind, das heisst, je kürzer die Krümmungshalbmesser im Verhältniss zu der Linse sind, um so beträchtlicher sind die Abweichungen wegen der Kugelgestalt.

In diesem Falle befinden sich jene Linsen, welche eine kurze Brennweite im Verhältniss zu ihrer Öffnung haben. Umgekehrt ist bei längerer Brennweite die Abweichung wegen der Kugelgestalt nahezu Null, wenn der Durchmesser der Linse nicht über den fünfzehnten Theil ihrer Brennweite beträgt.

Die longitudinale Abweichung vergrössert oder verringert sich je nach dem Quadrat des Durchmessers der Öffnung und im umgekehrten Verhältniss der Brennweite. Die transversale Abweichung wächst im Verhältniss des Kubus der Öffnung und im umgekehrten Verhältniss des Quadrates der Brennweite.

Vergleichen wir nun zwei Linsen von demselben Stoff und denselben Krümmungshalbmessern, wovon jedoch die erste den doppelten Durchmesser der anderen hat, so wird sie eine viermal so beträchtliche longitudinale Abweichung als die zweite haben und der Abweichungskreis wird achtmal so gross sein.

Von zwei Linsen von gleicher Öffnung, deren Brennweiten sich wie 1 zu 2 zu einander verhalten, wird diejenige, welche die doppelte Brennweite hat, die Hälfte der longitudinalen Abweichung der anderen haben und nur den vierten Theil der transversalen Abweichung.

Je grösser der Brechungsindex des Stoffes ist, aus dem eine Linse gemacht wird, um so grösser werden für dieselbe bestimmte Brennweite ihre Krümmungshalbmesser und folglich um so kleiner ihre Abweichung wegen der Kugelgestalt sein. Es folgt daraus, dass bei jenen Objectiven, welche eine gegebene Abweichung haben, man diese dadurch vermindern kann, dass man sich sehr strahlenbrechender durchsichtiger Stoffe bedient.

Figur 31. macht diese Thatsache auffällig. *A* und *B* sind zwei Linsen, welche genau dieselbe Brennweite haben, aber aus verschiedenen strahlenbrechenden Stoffen bestehen. Die Erste ist von einem Glas dessen Brechungsindex gleich 1,5 ist; die Zweite von Diamant, dessen Brechungsindex gleich 2,5 ist. Der Krümmungshalbmesser der Ersten ist dreimal so kurz als der der Zweiten; auch hat jene eine viel beträchtlichere Abweichung.



Fig. 31.²

Minimum der sphärischen Abweichung. — Ist der Abstand eines in der Achse einer Linse gelegenen, leuchtenden Punktes gegeben, so lassen sich durch die Rechnung in Uebereinstimmung mit der Praxis, die Halbmesser und ihre Reihenfolge so bestimmen, dass die Abweichung so gering als möglich ist. Zu diesem Zweck muss man den Brechungsindex des Stoffes, aus dem die Linse gemacht ist, kennen.

So müssen bei dem gewöhnlichen Crown Glas, dessen Brechungsindex gleich 1,5 ist, die zwei Krümmungshalbmesser unter sich im Verhältniss von 1 zu 6 stehen, indem die am meisten convexe Fläche (deren Krümmungshalbmesser 1 ist), gegen die Seite des leuchtenden Punktes gewendet sein muss, den wir uns als unendlich weit entfernt denken. Wenn der Brechungsindex sich vergrößert, so vermehrt sich auch das Verhältniss der beiden Flächen. Für das schwere Flintglas (1,6) ist daher die planconvexe Form die vortheilhafteste.

Wenn der leuchtende Punkt, anstatt unendlich weit entfernt zu sein und folglich parallele Strahlen auszusenden, sich der Linse nähert, so muss man den Punkt so ansehen, als sende er divergirende Strahlen aus, und damit diese Linse das Minimum der Abweichung ergibt, müssen ihre Krümmungen geändert werden. In dem Maasse als der leuchtende Punkt sich der Linse nähert, wird die Fläche, welche ihm zugewendet ist und welche in dem oben gegebenen Fall 1 zum Krümmungshalbmesser hat (der andere hat 6), in Beziehung zur anderen weniger convex

werden, z. B. nach und nach 2 zu 5, 3 zu 4, 4 zu 3, 5 zu 2 und endlich, wenn der leuchtende Punkt beim Hauptbrennpunkt der Linse ankommt, 6 zu 1. Man sieht dass für diesen Fall die Linse umgekehrt ist.

Wegschaffung der sphärischen Abweichung durch das Diaphragma. — Was immer für eine Sammellinse oder Zerstreuungslinse, ihre Krümmungshalbmesser mögen lang oder kurz, ihre Abweichung in Folge dessen schwach oder stark sein, wird durch ein in ihrer Achse befindliches kleines Diaphragma auf eine kleine Oeffnung *abcd* (Fig. 46) mit nahezu parallelen Flächen reducirt. Diese Linse *M*, so wie unsere Figur sie darstellt, würde auf $\frac{1}{6}$ ihres Durchmessers reducirt sein, während ihre Brennpunktentfernung dieselbe bleibt. Nachdem, was wir soeben gesehen haben, würde dann ihre transversale Abweichung auf ein 36^{tel} reducirt, d. h. Null oder nahezu Null sein. Man kann sich davon überzeugen, wenn man diese Linse den Sonnenstrahlen aussetzt, welche normal auf ihre Fläche fallen. Das Bild der Sonne wird mit ihrer ganzen Oeffnung von der transversalen Aureole umgeben sein, die von der Abweichung wegen der Kugelgestalt herrührt. Stellt man das Diaphragma inzwischen, so wird die Aureole verschwinden und das Bild wird auf diese Art unvergleichlich schärfer, was daher kommt, dass die an den Rändern der Linse gebrochenen Strahlen, welche das Bild trübten, durch die Deckung des undurchsichtigen Theiles der Diaphragmaplatte abgehalten werden.

Dessen ungeachtet schafft das Diaphragma niemals gänzlich die sphärische Abweichung der Linsen weg, sondern sie führt sie nur auf eine sehr kleine Grösse zurück. Auf die nun folgende Weise zerstört man sie jedoch gänzlich.

Wegschaffung der sphärischen Abweichung einer Linse durch eine zweite Linse von entgegengesetztem Zeichen. — Denken wir uns eine Linse *L* (eine Sammellinse zum Beispiel) deren Abweichung nach der Achse wir gänzlich weg schaffen wollen.

Der Ausdruck ff' der Abweichung ist uns durch jene Punkte gegeben, wo ein der Achse sehr naher Strahl und ein

Randstrahl (beide parallel zur Achse einfallend) beim Heraus-treten aus der Linse, diese Achse durchschneiden; und nun ver-bindet man mit der Sammellinse L eine Zerstreulinse M .

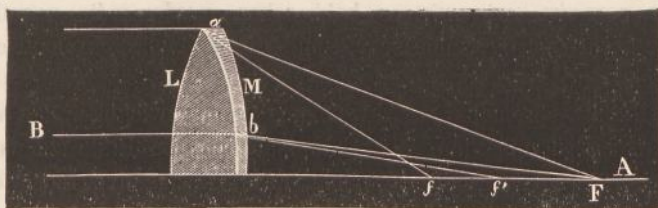


Fig. 32.

Es ist leicht zu begreifen, dass die Zerstreulinse, wenn ihre Krümmungshalbmesser entsprechend sind, fast gar nicht die Richtung des Strahles bf' verändert, welcher nur nach F' abgelenkt wird, da $f'F$ eine sehr kleine Grösse ist, während sie die Richtung des Strahles af sehr stark verändert (indem die prismatische Form der Zerstreulinse am Rande stärker als im Centrum ist), so zwar, dass der Strahl gegen den Punkt F abgelenkt wird.

Eine solche Linsenverbindung macht im Ganzen eine ein-zige Sammellinse aus, die aber von sphärischer Abweichung frei ist. Solche Linsen nennt man aplanatische Linsen, und die Be-rechnung zeigt mit absoluter Genauigkeit ihre numerischen Daten.

Die Zerstreulinse M kann mit der Sammellinse L eine gemeinschaftliche Fläche haben; alsdann haften die beiden Lin-sen aneinander. Die Linsen können auch durch einen mehr oder minder grossen Zwischenraum getrennt sein und daher einen verschiedenen Durchmesser haben.

Ein Beispiel von einer solchen aplanatischen Combination findet man in dem Kapitel „die Vergrößerungen“ Schlagwort: Dyalitischer Apparat. Die Sammellinse hat in diesem System einen Durchmesser von 19 Zoll und eine Brennpunktdistanz von 38 Zoll und ihre sphärische Abweichung wird durch eine Linse von $9\frac{1}{2}$ Zoll, die aber kaum 1 Centimeter Dicke an den Rän-

dern hat, und welche die Brennpunktdistanz der ersten fast gar nicht verlängert, corrigirt.

Die Natur des Glases kann für beide Linsen gleich, oder wie es fast allgemein der Fall ist, verschieden sein, denn meistens corrigirt, wie wir es bald sehen werden, die negative Linse nicht nur die sphärische, sondern auch die chromatische Abweichung.

Da die chromatische Abweichung immer wichtiger als die sphärische ist und man daher hauptsächlich die Erste zu corrigiren hat, so geschieht es häufig, dass die negative Linse die sphärische Abweichung der Sammellinse, mit welcher sie verbunden ist, zu viel oder zu wenig corrigirt. Wenn sie dieselbe zu viel corrigirt, sagt man, dass das System eine sphärische Abweichung von negativem Charakter hat, weil alsdann die Strahlen, welche vom Rande ausgehen, die Achse weiter weg von der Linse durchschneiden als die Strahlen des Centrums. Wenn sie dieselbe zu wenig corrigirt, so ist die Abweichung eine positive.

Es ist unmöglich eine Sammellinse anzufertigen, und sie mit zwei oder mehreren Sammellinsen auf gemeinschaftlicher Achse zu verbinden, in der Absicht, dadurch ihre sphärische Abweichung aufzuheben. Viele Lehrbücher der Physik enthalten die entgegengesetzte Behauptung*), allein dies ist ein offenbarer Irrthum.

Es ist, um diesen Paragraph zu schliessen, unnöthig hinzuzufügen, dass man, um die Abweichung der Sammellinsen zu corrigiren, sie mit Zerstreuungslinsen verbinden muss, und umgekehrt, um die Abweichung dieser Letzteren zu corrigiren, verbindet man sie mit den Ersteren.

Sphärische Abweichung für die zur Achse schief auffallenden Strahlenkegel. Die Coma oder Bärte. — Wir

*) M. Daguin und viele andere Autoren von Lehrbüchern der Physik wiederholen diesen Fehler, der seinen Ursprung von einer Abhandlung des Sir John Herschel hat, in welcher dieser gefeierte Astronom, der sich in der Interpretation seiner analytischen Formeln geirrt hatte, angibt, dass es Verbindungen von Sammellinsen gäbe, welche aplanatisch sein sollen, die es aber nicht sind. Übrigens hat Herschel diese Abhandlung einige Jahre später rectificirt.

haben bis jetzt nur die Abweichung berücksichtigt, welche aus den zur Linsenachse parallelen Strahlenkegeln resultiren; allein bei den photographischen Objectiven, welche einen sehr bedeutenden Winkel (von 30 bis zu 90°) umfassen, ist dieser Fall nur auf einen sehr kleinen Theil des Objectives, auf seinen centralen Theil nämlich, anwendbar. Wir müssen daher untersuchen, worin denn die Abweichung der Strahlenkegel besteht, welche sehr schief zur Hauptachse einer Linse einfallen, und zwar eben sowohl einer einfachen Linse als eines aplanatischen Linsensystems.

Wenn die parallelen Lichtstrahlen eine Linse schief treffen, so ändert sich die longitudinale Abweichung für zwei auf einander senkrechte Durchmesser der Linse und sie ist am grössten in der Ebene, welche durch die Achse der Linse und den leuchtenden Punkt hindurchgeht. Es folgt daraus, dass die Aureole oder der Lichtkreis A (Fig. 33), oder wie man auch sagen kann, der Abweichungskreis, welcher das Bild des leuchtenden Punktes im Brennpunkt der Linse umgibt, kreisrund sei, wenn dieser Punkt in dieser Achse liegt. Er verlängert sich in dem Maasse, als dieser Punkt sich von der Achse entfernt und die Formen B, C, D , annimmt, welche sich immer mehr und mehr verlängern und endlich an dem oberen Theil in einer Spitze auslaufen, was ihnen den Namen Coma oder Bart verschafft hat.

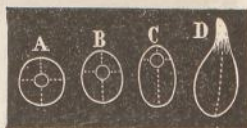
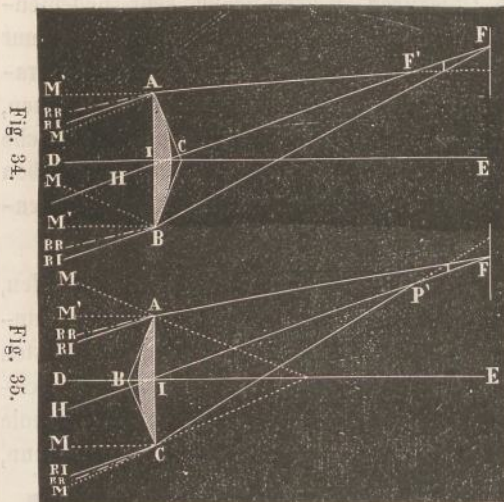


Fig. 33.

Ein aplanatisches System, d. h. eines, das ganz frei von sphärischer Abweichung in der Richtung der Achse ist, ist nicht mehr von dieser Abweichung frei, wenn die Strahlenkegel schief zur Achse fallen.

Es sei z. B. AB (Fig. 34) eine einfache planconvexe Linse, HF ein Hauptstrahl, welcher durch das optische Centrum durchgeht und mit der Hauptachse DE einen bedeutenden Winkel (15 bis 30° z. B.) ausmacht, und betrachten wir zwei

parallele Strahlen RI^*), welche die Linse oberhalb und unterhalb von HF treffen.



Der obere Strahl wird durch den Hauptstrahl bei F' hindurchgehen, der zweite etwas weiter entfernt bei F . Das Bild des leuchtenden Punktes wird nicht mehr ein einziger Punkt sein, sondern wird mit einem Bart versehen erscheinen, dessen Richtung nach Innen zusteht. In der That, die Strahlen, welche aus dem unteren Theil der Linse heraustreten, sind dichter bei dem Punkte F als diejenigen, welche aus dem oberen Theile der Linse heraustreten, nachdem sie früher die Achse bei F durchschnitten haben.

Wenn man die Linse (Fig. 35.) derart umwendet, dass die einfallenden Strahlen auf ihre convexe Fläche fallen, alsdann werden die Coma oder Bärte, anstatt gegen Innen gerichtet zu sein, sich gegen Aussen richten.

Wenn man anstatt nur zwei einfallende Strahlen zu berücksichtigen, auf eine unendliche Zahl von Strahlen R^1, R^2, R^3 , (Fig. 36.) etc. Rücksicht nimmt, welche die ebene Fläche einer planconvexen Linse AB schief treffen, so werden je zwei beliebige, unmittelbar aneinandergrenzende Strahlen in der Ebene,

*) In den Figuren 34 und 35 bezeichnet RI die einfallenden Strahlenkegel, RR die gebrochenen Strahlen, M die Einfallslothe auf die convexe Fläche, M' die Einfallslothe auf die ebene Fläche und AC, CB die an den einfallenden Punkten oder an den Austrittspunkten tangirenden Flächen.

welche durch die Hauptachse hindurchgeht, verschiedene Brennpunkte haben.

Die Construction der Figur zeigt, dass die unter sich parallelen Strahlen R^1, R^2 , etc. nach der Richtung an der planen Fläche der Linse, den punktierten Linien r folgen werden; sie werden nach den Richtungen RE^1, RE^2 , etc. austreten, indem sie mit dem Einfallsloth n' und den gekrümmten Flächen, sowohl an den Austrittspunkten als mit der schiefen Achse R^1, RE^1 , welche wir beliebig gewählt haben, verschiedene Winkel bilden. Die Strahlenkegel R^1 und R^2 etc. werden ebenfalls die Punkte f^2, f^3 als Brennpunkte (Fig. 37.) haben.

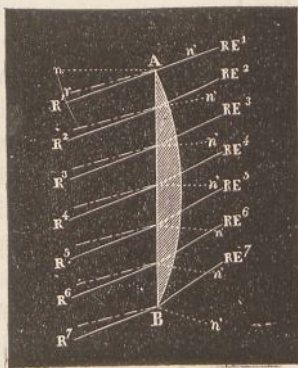


Fig. 36.

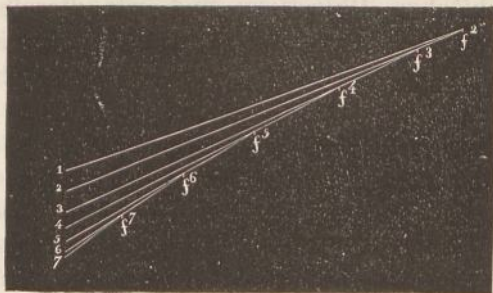


Fig. 37.

Wegschaffung der Abweichung für die zur Achse schiefen Strahlenkegel. — Indem man die Krümmungshalbmesser zweier Linsen, aus welchen die einzige Linse, die man in der Photographie anwendet, besteht (und die für die chromatische Abweichung nach ihrer Hauptachse corrigirt ist), entsprechend wählt, und indem man dieselbe nach vorne mit einem Diaphragma versieht, dessen Oeffnung nicht $\frac{1}{30}$ seiner Brennweite überschreitet, so hat ihre sphärische Abweichung, sowohl

bezüglich der zur Achse parallelen Strahlenkegel als auch der bedeutend schiefen Strahlenkegel, sich auf eine sehr kleine Grösse reducirt.

Das Diaphragma muss in einer entsprechenden Entfernung von der Linse angebracht werden. — Es wird auf diese Weise eine Linsen-Vereinigung gebildet, deren jede einzelne, nahezu den Durchmesser des Diaphragma's hat und speciell auf den mehr oder weniger schiefen Strahlenkegel einwirkt. Der Mittelpunkt der Linse vereinigt nur jene Partien des Gegenstandes zu einem Bilde, welche ungefähr in der Hauptachse liegen, während alle übrigen Strahlen abgehalten werden. Die Ränder der Linse hingegen erzeugen die Bilder jener Partien des Objectes, welche ausserhalb der Hauptachse liegen und sehr schiefe Strahlen auf die Linse senden.

Wir werden hierauf später bei Besprechung der Diaphragmen zurückkommen.

Die Wirkung der sphärischen Abweichung bei den photographischen Objectiven und wie dieselbe festgestellt werden kann. — Die Wirkung der sphärischen Abweichung in den Objectiv-Systemen, welche in der Photographie angewendet werden, besteht darin, dass die Schärfe des Bildes sowohl in dem Mittelpunkt, als auch nach den Rändern zu zerstört wird. — Man kann sich hiervon leicht überzeugen, wenn man aus einem Objectiv, von den Photographen einfaches Landschafts-Objectiv genannt, die Diaphragmen herausnimmt, wo das alsdann erhaltene Bild, vollständig unscharf erscheinen wird.

Um bei anderen Objectiven, deren sphärische Abweichung durch die Zusammenstellung der Linsen, aus welchen sie bestehen, corrigirt wurde, wie z. B. bei den sogenannten Portrait-Objectiven (mit zusammengesetzten Gläsern) zu erkennen, ob diese Abweichung vollständig aufgehoben ist, bedient man sich zweier sich berührender, kleiner runder Zinnfolien (oder auch Oblaten), welche auf einem dem directen Tageslicht ausgesetzten Fenster aufgeklebt werden. — Während dem man das Bild mit der Lupe genau untersucht, steckt man ein Diaphragma in das Objectiv, welches dessen Durchmesser auf die Hälfte reducirt.

Gewinnet alsdann das Bild der Zinnplättchen an Schärfe, was namentlich an deren Berührungspunkt zu beobachten ist, so ist die Abweichung nicht vollständig aufgehoben.

Dieser Versuch muss in der Richtung der Objectiv-Axe an gestellt werden, weil es nur nach dieser möglich ist, die sphärische Abweichung zu corrigiren.

Wenn man, nach dem Einlegen des Diaphragma, die Brenn punktfäche oder das matte Glas zurückschieben muss, um dem Bild seine ursprüngliche Schärfe wieder zu verleihen, so besitzt das Bild eine positive Aberration, dahingegen, wenn man dieselbe vorwärts schieben muss, die Aberration eine negative ist.

Die Prüfung lässt sich übrigens noch besser anstellen, indem man zwei Oblaten photographisch reproducirt und zwar zuerst mit der ganzen Objectiv-Oeffnung, und dann mit dem Objectiv, in welches man ein kleines Diaphragma eingeschoben hat, ohne jedoch die ursprüngliche Einstellung zu ändern. Beide Aufnahmen müssen zwei vollkommen gleich scharfe Bilder geben.

Die sphärische Abweichung dient dazu, um die photographischen Objective in zwei wesentlich unterschiedene Classen abzutheilen. — Es existiren die mannigfachsten Constructions photographischer Objective. Die einen können mit ihrer ganzen Oeffnung benutzt werden und geben scharfe Bilder, jedoch von nur geringem Umfang, andere (mit ganzer Oeffnung angewendet) geben nur verschwommene Bilder. — Die ersteren sind aplanatisch, das heisst, ihre sphärische Abweichung ist durch die Zusammensetzung der Linsen, aus welchen sie bestehen, corrigirt; die letzteren hingegen sind es nicht. — Zu den photographischen aplanatischen Objectiven gehören folgende:

1. Das Doppel-Objectiv von M. Petzval.
2. Das Orthoskop von M. Petzval.
3. Die Tripletlinse von M. J. H. Dallmayer.

Zu den nicht aplanatischen Objectiven hingegen gehören:

1. Das gewöhnliche einfache Objectiv.
2. Das einfache Objectiv (mit 3 Linsen) von M. Dallmayer.

3. Das Doppel-Objectiv von Thomas Ross.
4. Das Kugellinsen-Objectiv von Harrison & Schnitzer.
5. Das Panorama-Objectiv von M. Sutton.
6. Das Doppel-Objectiv von M. Steinheil.

Bei einer genauen Prüfung dieser letzten Gattung Objective wird man finden, dass die Schärfe der Bilder, welche sie liefern (selbst wenn man die kleinsten Diaphragmen anwendet) nicht so ausgezeichnet ist, als bei den mit aplanatischen Instrumenten erzeugten Aufnahmen, besonders bemerkbar ist dies, wenn man aus der ersten Serie das orthoskopische Objectiv und die Triplet-Linse, (welche die am besten aplanatisirten sind) mit dem Kugel-Objectiv vergleicht, welches letztere eine sehr bedeutende sphärische Abweichung zeigt. — Man kann die Probe am Sichersten anstellen, wenn man das Bild von sehr feinen, auf einer ebenen weissen Fläche schwarz gedruckten Buchstaben, wie z. B. eine gravirte Visitkarte, genau einstellt und untersucht. — Die aplanatischen Objective geben alle Striche mit der grössten Feinheit wieder, während dieselben bei den anderen vollständig verschwinden. — Dieser Vergleich muss im Mittelpunkt des Bildes, (welcher mit der Axe des Objectives correspondirt) angestellt werden. — Ausserdem muss man sich bei diesem Versuche Objective mit Diaphragmen bedienen, deren Oeffnung der bezüglichen Brennpunktdistanz proportional ist und ungefähr $\frac{1}{30}$ dieser Focal-Distanz beträgt.

Abtheilung II. — Die chromatische Abweichung.

Der optische und der chemische Focus. Das Bild eines weissen Punktes *A* (Fig. 38), welcher in einer gewissen Entfernung vor einer Linse *L* sich befindet und seinen eigentlichen Brennpunkt in *R* hat, er-

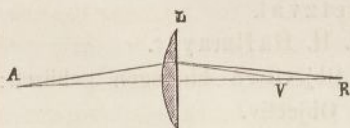


Fig. 38.

mangelt der Schärfe, weil es dort von einem violetten Lichtkreis umgeben ist. Bei *V*, näher an der Linse ist das Bild des Punktes von einem rothen Lichtkreis umgeben.

Dies wird dadurch herbeigeführt, dass der weisse Punkt A Strahlen von verschiedener Brechbarkeit aussendet, welche nach der Brechung getrennt werden, und das Violet, welches viel brechbarer als das Roth ist, hat seinen Brennpunkt in V , während das Roth denselben in R hat.

Wenn man versuchen würde, von dem Punkte A ein photographisches Bild zu erzeugen, indem man sich einer einfachen Linse L bedient, so würde man finden, dass, wenn die photographische Fläche in R angebracht wäre, dort, wo uns das Bild des Punktes am schärfsten erschien, dieses Bild ein verschwommenes sein würde, und dass, wenn man die empfindliche Fläche mehr und mehr der Linse nähert, das Bild an Schärfe bis zu dem Punkte V zunimmt und dort vollständig scharf erscheinen wird.

Dies kommt daher, weil die Strahlen, welche die grösste Intensität haben, und welche unser Auge beherrschen, ihren Brennpunkt in R haben, wo uns auch das Bild am schärfsten erscheint. Diese Strahlen haben aber nicht das Vermögen auf die photographische Fläche zu wirken, während die viel dunkleren oder weniger Intensität besitzenden Strahlen, blau, indigo und violet nämlich, die fast unserem Auge entschwinden, diejenigen sind, welche die meiste Wirkung auf die photographische Fläche ausüben.

Wenn man sich deshalb einer einfachen Linse, wie eines photographischen Objectivs bedient, und wenn dieselbe überdies noch durch eine sehr kleine Oeffnung begrenzt wäre (wie dies unsere Fig. 38 zeigt) um die sphärische Abweichung möglichst zu verringern, so würde sich die Einstellung des Bildes auf der Visirscheibe, obwohl für das Auge scharf erscheinend, als nicht richtig ergeben, indem das Bild auf der empfindlichen Platte ganz verschwommen würde. — Hiervon rühren nachfolgende Bezeichnungen her: der Ausdruck „der optische Focus“ bezeichnet den Brennpunkt einer Linse, welcher durch das Auge bestimmt wurde, und der Ausdruck „chemischer Focus“ bezeichnet denjenigen Brennpunkt, welcher durch die photographische Platte constatirt wurde. Diese beiden Brennpunkte sollen bei einem photogra-

phischen Objectiv zusammenfallen, denn wenn dies nicht der Fall ist, sagt man, das Objectiv habe einen chemischen Brennpunkt.

Wenn sich der Leser dessen erinnert, was wir schon früher bei Gelegenheit der prismatischen Zerstreuung gesagt, sowie später bei Bestimmung der Brennweite der Linsen, so wird es ihm leicht sein sich über den Unterschied zwischen optischem und chemischem Focus aufzuklären, sobald man den Brechungsindex einer Linse und ihre Brennweite oder was dasselbe ist, ihre Krümmungshalbmesser kennt. Will man z. B. den chemischen Focus einer planconvexen Linse kennen lernen, deren Krümmungs-Radius 1 mètre beträgt, der Brechungsindex, des gelben Strahles sei 1,5 und derjenige des Violet 1,52 so gibt die Formel $f = \frac{R}{(n-1)}$ uns für Brennpunkt des gelben Strahles 2000 milliméter und für jenen des violetten 1923 mill., somit beträgt die Differenz des optischen und chemischen Focus 77 mill.

Wegschaffung der chromatischen Abweichung. — Das einfachste Mittel um eine Linse zu achromatisiren (oder auch ein ganzes Linsensystem) besteht darin, dass man vor derselben eine Cüvette mit genau parallelen Glaswandungen und eine Lösung von Kupferchlorid in Ammoniak enthaltend, aufstellt. Diese Flüssigkeit ist dunkel-blau. — Man verdünnt dieselbe mit Wasser, bis die Lösung immer weniger dunkel werdend, dennoch nur blaue Strahlen durchlässt, was man dadurch feststellen kann, dass man durch ein Prisma, einen vor der Cüvette gehaltenen Streifen weisses Papier betrachtet. — Direct durch das Prisma gesehen, erscheint der Streifen von einem roth und gelben Rande von der einen Seite, und einem blau und violetten von der anderen Seite eingefasst. — Sieht man aber denselben zugleich durch die Lösung und das Prisma an, so verschwindet das Roth und Gelb vollständig, wenn die Lösung zweckentsprechend ist.

Das ammoniakalische Kupferchlorid, welches nur das Blau durchlässt, achromatisirt also die einfachen Linsen und lässt auch die chemischen Strahlen passiren, es wird jedoch ein

grosser Theil dieser Strahlen absorbirt, daher der Gebrauch dieser Lösung für den Erfolg leicht sehr misslich werden kann.

Das vor der Linse angebrachte Diaphragma, hebt weder die chromatische noch die sphärische Abweichung auf, deshalb wird die Beifügung einer zweiten Linse, mit einer verschiedenen Zerstreuungskraft nothwendig, wie dies bei den Prismen der Fall ist. — Nachdem, was wir Seite 34 und den folgenden Seiten gesehen, dürfte die Erklärung der Achromatisirung der Linsen keine Schwierigkeit mehr bieten.

Die Figur 39 stellt die Art und Weise der Zusammensetzung der Linsen dar. — Die erste,

oben und rechts angefangen, ist eine Zerstreuungsmeniscus, die zweite eine plan-concave Linse, die dritte eine Linse mit unter sich gleich-geschliffenen biconcaven Flächen. — Die darunter stehenden Linsen sind dieselben, nur im convergirenden Sinne (Sammellinsen). Gewöhnlich besteht bei einer achromatischen Zusammenstellung die convergirende Linse (Sammellinse), aus Crown-Glas, während die divergirende (Zerstreuungslinse) aus Flint-Glas gemacht ist, und beide haben eine gemeinschaftliche, d. h. gleich geschliffene Fläche, welche dazu dient die Linsen zu verkitten.

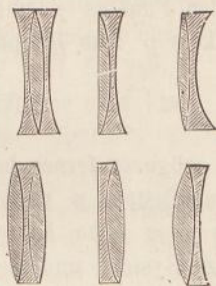


Fig. 39.

Nehmen wir den Fall des Achromatismus einer Linse. Die Krümmungshalbmesser der bi-convexen Linse aus Crown Glas wären R und R' , ferner n_v und n_r die Brechungsindices für die rothen und violetten Strahlen. Die Brennweiten dieser Linse seien: f und f_1

$$f = \frac{RR'}{(n_r - 1)(R + R')},$$

$$f_1 = \frac{RR'}{(n_v - 1)(R + R')}.$$

Verbinden wir mit dieser Sammellinse nun eine Zerstreuungslinse, welche mit der ersteren eine gleiche Fläche R besitzt,

sowie eine unbekannte Fläche R' . — R wird unbedingt negativ sein, da sie zu der Zerstreuungslinse gehört. — Sind nun n'_r und n'_v die Brechungsindices, so hätten wir für die Focus-Distanzen folgende Formeln:

$$f'' = \frac{R R'}{(n'_r - 1)(R - R')},$$

$$f_1' = \frac{R R'}{(n'_v - 1)(R - R')}.$$

Möge sich der Leser noch der Formel erinnern, welche die mathematischen Beziehungen zwischen der Distanz des leuchtenden Punktes p und der Entfernung des gepaarten Brennpunktes p' zum Hauptbrennpunkte darstellt:

$$[1] \dots \dots \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f},$$

und möge er ferner berücksichtigen, dass die negative Linse die Focus-Distanz p' verlängert, die also in p'' übergeht, so erhält man eine neue Haupt- (principal) Focus-Distanz f_1 für das ganze System, und man hat:

$$[2] \dots \dots \frac{1}{p''} - \frac{1}{p'} = \frac{1}{f'}.$$

Diese beiden Gleichungen zusammen, geben:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p''} = \frac{1}{f} + \frac{1}{f'} \quad \text{und} \quad \frac{1}{p} + \frac{1}{p_1''} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_1'}$$

p_1'' , f_1 , f_1' ; beziehen sich auf das Violet, p'' , f und f' auf das Roth.

Nun muss man, um die Achromatisirung durch die beiden Linsen zu erzielen, p'' und p_1'' gleich machen, das will sagen, die Brennpunkte des Roth und des Violet, müssen in einem Punkte zusammenfallen. — Diese Werthe werden untereinander gleich sein, indem die wirkliche Durchführung des Systems uns zu schreiben gestattet:

$$[3] \dots \dots \frac{1}{f} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_1'}.$$

Wenn man die Werthe f, f', f_1, f_1' in diesen Gleichungen für die oben erhaltenen Functionen von R, R', R' und n, n' substituirt, so erhält man:

$$R' = \frac{RR' (n'_v - n'_r)}{R(n'_v - n'_r) - (R + R')(n_v - n_r)}$$

oder wenn $R = R'$ ist, d. h. wenn die Crown- und Flintglaslinse gleichseitig biconvex ist:

$$R' = \frac{R (n'_v - n'_r)}{(n'_v - n'_r) - 2(n_v - n_r)}$$

Nun sind R und R' als die Krümmungshalbmesser der Sammellinse bekannt und ausserdem auch die Brechungsindices von dem Crown- und Flintglas, mithin werden die Krümmungshalbmesser der zerstreulichen Flintglaslinse R' und R' sein.

Es wird hierbei die Linsenöffnung als eine sehr kleine angenommen, da die Dicke der Linse ausser Betracht gelassen wurde.

Ausserdem ist die Abweichung wegen der Kugelgestalt weder bei der ersten noch bei der zweiten Linse hier in Berücksichtigung gezogen, was eigentlich auch hätte geschehen müssen.

Wegschaffung der chromatischen und sphärischen Abweichungen, bei Linsen von grosser Oeffnung. — Es ist leicht, die Gleichungen unter einander zu verbinden, vermöge welcher man aplanatische Linsen construiren und dieselben achromatisiren kann. — Diese Gleichungen jedoch, welche im Uebrigen sehr einfach sind, können nur dann angewendet werden, wenn die Linse eine sehr kleine Oeffnung hat, d. h., wenn deren Dicke als Null betrachtet werden kann*).

Wenn die Linse bezüglich ihrer Brennweite einen beträchtlichen Durchmesser besitzt, so können die Gleichungen höchstens auf den Centraltheil des aplanatischen und achromatischen Systemes angewendet werden und geben ausserdem nur die nu-

*) Man kann Gleichungen ansetzen, bei denen eine zweite annähernde Berücksichtigung der Dicke der Linse in Rechnung kommt. Indem man sie anwendet, wird die Rechnung bedeutend verkürzt. (Siehe Codrington, Treatise on optics.)

merischen Grundlagen dieses Theiles. Ausserdem aber ist es nöthig, dass der übrige Theil der Linsenfläche dieselben Eigenschaften wie der Central-Theil besitzt und bieten diese Untersuchungen namentlich dem Optiker viele Schwierigkeiten.

Es ist in der That nicht nur nöthig, dass die auf den Rand und das Centrum einer aplanatisch achromatisirten Linse (parallel mit der Axe) einfallenden Strahlen aus der Linse in einer Weise hervortreten, dass die Axe an ein und demselben Punkt durchschnitten wird, sondern es ist auch nöthig, dass die auf die mittleren, zwischen dem Rand und Centrum liegenden Theile der Linse fallenden Strahlen, dieselbe Eigenschaft besitzen. Die negative Linse eines achromatischen Systemes, muss somit vor Allem die sphärische Abweichung der positiven Linse, mit der sie verbunden wird, corrigiren (ohne dies ist eine vollkommene Achromatisirung nicht möglich), und dann muss sie die Abweichung durch die Farbenzerstreuung so viel wie möglich wegschaffen. Sie wird die erste Bedingung erfüllen können ohne die zweite, aber es wird nicht möglich sein die zweite zu erfüllen, ohne auch der ersten Genüge zu leisten, wenigstens nicht vom theoretischen Gesichtspunkt aus.

Die Formeln, welche man auf eine aplanatisch achromatische Linse von grosser Oeffnung anwendet, können nicht in numerischen Grössen angegeben werden, weil die Zahl der unbekanntenen, zu suchenden Grössen, welche sie enthalten, um so grösser wird, je grössere Annäherung verlangt wird. — Man muss deshalb zum Tâtonnement seine Zuflucht nehmen, indem man die Oberflächen wiederholt umarbeitet, und diese Arbeit ist häufig sehr lange und mühsam.

Chromatische Abweichung für die gegen die Axe schief stehenden Strahlenbüschel. — Ebensowenig als es möglich ist eine Linse frei von sphärischer Abweichung, sowohl in der Richtung der Axe als schief zu derselben, zu construiren, ebensowenig ist es möglich unter diesen Umständen eine Linse frei von chromatischer Abweichung darzustellen. Denn es kann eine Linsen-Combination mit einer Zusammenstellung von Prismen verglichen werden, und wie wir gesehen haben, ist die Achroma-

sitirung eines Prisma's nur unter Rücksichtnahme auf Strahlen von bestimmtem Einfallswinkel möglich.

Es sei M eine bi-convexe Linse von Crown Glas, welche für die zur Achse CC' parallel einfallenden Strahlen durch die planconcave Flintglas-Linse N achromatisirt ist, und ferner sei Ro ein schief gegen

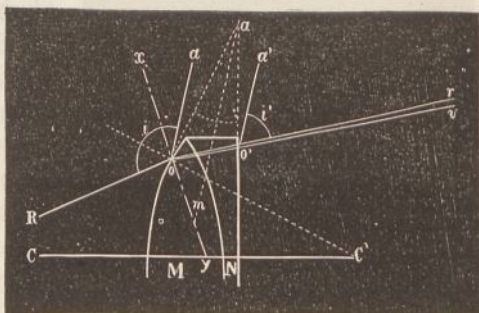


Fig. 40.

die Axe einfallender Strahl, so wird dieser bei seinem Austrittspunkt nach $ro'v$ zerstreut werden. Derjenige Theil der Linse, durch welchen der Strahl durchging, kann durch das Prisma (in punctirten Linien) $oa'o'$ dargestellt werden; ao, ao' bezeichnen die Normallinien, welche an die Eintritts- und Austrittspunkte gezogen sind. Es ist nun der Winkel i , welchen der eintretende Strahl Ro mit der Parallelen oa zu der Halbirungslinie am des Prisma's a bildet, viel grösser als der Winkel i' , welcher durch die austretenden Strahlen mit der zu der Halbirungslinie ma ebenfalls parallelen $o'a'$ gebildet wird. Damit nun der Zerstreungswinkel $ro'v$ so klein als möglich wird, wäre es nöthig, dass die Winkel i und i' gleich gross wären, was durch die Lage der Linie xy gegen die Halbirungslinie am bezeichnet würde. Diesem Zweck würde die umgewendete Linse mehr entsprechen, weshalb man sie auch in dieser Weise in dem einfachen Objectiv anwendet, um jedoch demselben vollständig zu entsprechen, würde ein Meniscus, dessen concave Fläche nach dem strahlenden Punkte gerichtet ist, und einen kurzen Krümmungs-Halbmesser hat, viel vortheilhafter sein. H. Dallmayer in London ist der erste Optiker, welcher einfache Objective nach dieser Theorie construirte.

Das Objectiv, welches wir in Fig. 41 in der Form einer einfachen Linse darstellen, obgleich dieselbe in Wirklichkeit aus drei

aufeinander gekitteten besteht, ist ein convergirender- oder Sammel-Meniscus M , dessen Fläche P concav und nach der Seite der aufzunehmenden Objecte gerichtet, sowie dessen Krümmungs-Halbmesser ein sehr kurzer ist. Nach der Richtung der Hauptaxe CC ist dieses Objectiv frei von jeder chromatischen

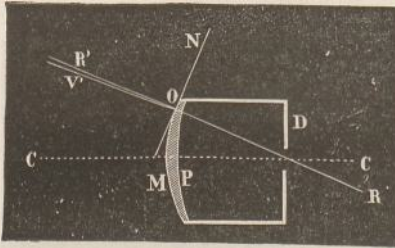


Fig. 41.

Abweichung, da hingegen für die schief auffallenden Lichtbündel, wie z. B. RO die Achromatisierung nicht mehr besteht. Vor dem Objectiv befindet sich ein Diaphragma D , durch welches die Grösse des einfallenden Lichtkegels begrenzt wird. — Es sei RO ein gegen die Axe sehr schief einfallender Lichtstrahl NO die Halbirungslinie desjenigen Prisma, welches man sich aus dem zu dem Eintrittspunkt und Austrittspunkte gezogenen Tangenten gebildet denkt, dort wo der Strahl die Linse durchdringt, und wir werden finden, dass die beiden Strahlen RO und OV' mit dieser Halbirungslinie die Winkel NOR und NOV' bilden, welche nahezu unter sich und dem Winkel NOR' gleich sind. Ebenso ist der Zerstreungswinkel ROV' , welcher die directe Grösse der chromatischen Abweichung angibt, sehr klein, während er bei den gewöhnlichen einfachen Objectiven viel grösser erscheint.

Die Unmöglichkeit, die chromatische Abweichung in der Richtung der Axe und schief zu derselben mit derselben Linse corrigiren zu können, zieht noch weitere sehr störende Folgen nach sich. Es würde, um mit den Photographen zu sprechen, wenn dieses Bild scharf auf der Visirscheibe und zugleich scharf auf der präparirten Platte erscheint, was also beweist, dass das Objectiv keinen chemischen Focus besitzt, dies nur im Mittelpunkt des matten Einstellglases der Fall sein. — Wenn dieser Versuch so angestellt wird, dass das Bild an den Rändern des Einstellglases dem Auge vollständig deutlich erscheint, so wird dies selbe Resultat sich nicht auf der photographischen Platte ergeben, denn für die gegen die Axenrichtung schief einfallen-

den Lichtbüschel existirt ein chemischer Focus, der zuweilen sehr beträchtlich ist, und den man auf das Minimum zu reduciren bemüht sein muss.

Lage des chemischen Brennpunktes im Verhältniss zu dem optischen. Es kann vorkommen, wenn das Zerstreungsvermögen der Glasmassen, aus denen das Objectiv zusammengesetzt, nicht genau gemessen wurde, dass die chromatische Abweichung zu viel oder zu wenig corrigirt wurde. — In dem ersten Fall findet sich der Focus des Violet näher der Linse als der des Roth; und der chemische Focus wird daher der Linse näher liegen, als der optische. Wenn aber im Gegentheil die chromatische Abweichung übercorrigirt ist, so wird der Focus des Roth, näher der Linse, als der des Violet liegen und der chemische Focus wird weiter von der Linse entfernt sein als der optische. — Man sieht also, dass es mit der chromatischen Abweichung ebenso geht, wie mit der sphärischen, wo eine aus zwei Linsen zusammengesetzte Sammellinse, deren eine convergent die andere divergent (das Ganze aber convergent), dieselben Erscheinungen der negativen Abweichung zeigt, wie dieselben bei den einfachen negativen Linsen vorkommen.

Abtheilung III. — *Abweichung wegen der Form des Bildes oder Krümmung der Bildfläche.*

Von dem gekrümmten Bild. — Das Bild der äusseren Gegenstände, welches im Brennpunkt einer Linse erscheint, könnte auf einen ebenen Schirm, wie wir ihn bisher vorausgesetzt haben, nicht aufgenommen werden (Seite 60); dieser Schirm müsste eine concave Form haben, worin eben die Krümmung der Bildfläche besteht. — Wenn man in einer sehr entfernten Ebene drei Punkte *A*, *B* und *C* (Fig. 42), ungefähr in gleicher Entfernung von der Sammellinse *D* annehmen würde, von denen einer (*B*) sich in der Axe der Linse befindet, während die beiden anderen ausserhalb derselben liegen, so wollen wir nun die Form des Bildes hinter der Linse untersuchen. Es ist klar, dass die Bilder der drei Punkte

sich in beinahe gleichen Entfernungen vom optischen Mittelpunkt der Linse D bilden werden, ungefähr in der Entfernung des

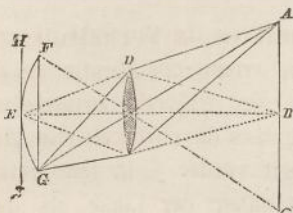


Fig. 42.

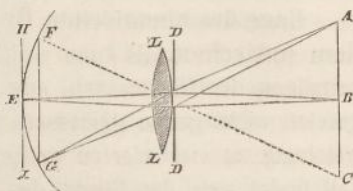


Fig. 43.

eigentlichen Brennpunktes. Die Bildfläche FEG würde gebogen sein und könnte das Bild auf der ebenen Fläche HI nur mit Aufopferung der Schärfe der beiden Punkte A und C aufgenommen werden.

Diese Abweichung der Linsen wird gewöhnlich von den Photographen der sphärischen Abweichung zugeschrieben. Dieselben glauben, indem sie das Bild in der Mitte des Einstellglases der Camera scharf, hingegen nach den Rändern zu verschwommen finden, dass dies von der Kugelgestalt der Linsenfläche herühre. Dem ist nicht so, da eine Linse mit parabolischer Krümmung ganz dasselbe Resultat geben wird.

Ehe wir zur Erklärung übergehen, auf welche Weise man die Abweichung der Form aufheben kann, wollen wir untersuchen, was man unter Brennpunktiefe oder Focustiefe einer Linse und unter einem Diaphragma versteht.

Von der Focustiefe. — Die Tiefe des Brennpunktes ist eine Eigenschaft der Objective, vermöge welcher sie ein scharfes Bild der Gegenstände auf einer ebenen Fläche geben, selbst wenn ihre Entfernung ungleich ist. Es folgt daraus, dass das matte Einstellglas einmal genau in den Brennpunkt gebracht eine kleine Bewegung zulässt, ohne dass das Bild an Schärfe sichtbar verliert.

Um dies durch ein Experiment zu erläutern, richten wir eine mit einem einfachen Objectiv versehene Camera auf eine Landschaft. Stellen wir nun die entferntesten Punkte scharf ein. Man wird bald zwei Umstände erkennen: erstens, dass es mög-

lich ist das Einstellglas um ein Geringes vor- oder rückwärts zu verschieben, ohne dass das auf der Planfläche vollständig scharfe Landschaftsbild sich sichtbar verändert, und zweitens, dass wenn man den entferntesten Punkt scharf einstellt, ebenso auch die viel näher gelegenen Gegenstände, im Bilde ganz scharf erscheinen.

Denselben Versuch kann man mit einem Operngucker anstellen; wenn man denselben auf entferntere Gegenstände gerichtet hat, so dass er diese scharf zeigt, so richtet man ihn sodann auf nähere Gegenstände, und er wird auch diese scharf erscheinen lassen. Ebenso kann man das Ocular des auf einen entfernten Gegenstand gerichteten Opernglases etwas verstellen ohne dadurch die Schärfe des Bildes zu beeinträchtigen.

Es ist zu bemerken, dass die Tiefe des Brennpunktes mit der Oeffnung der Linsen sich ändert, wie dies aus den Fig. 44 und 45 deutlich ersichtlich ist. Fig.

44 stellt eine Linse mit ihrer vollen Oeffnung dar, die Strahlen rr , von einem entfernten Punkte kommend, bilden, nachdem sie durch die Linse D hindurchgehen, den genauen Einstellpunkt in a auf einem Schirm oder einem matten Glase A . — Bewegt man das matte Glas vor- oder rückwärts, z. B. nach C oder B , so wird

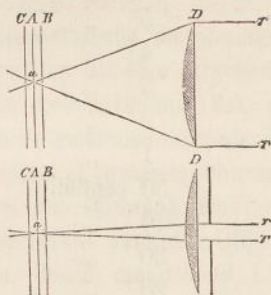


Fig. 44.

Fig. 45.

in Folge der Grösse des Winkels α , der Bildkreis sich sofort vergrössern. Wenn nun dieselbe Linse D (Fig. 45) in ihrer Mittelpartie durch eine Blende verkleinert wird, so bildet sich dennoch immer das Bild in a , und doch kann das matte Glas nach C oder B verstellt werden, ohne dass das Bild wesentlich verändert wird. Dies findet darum statt, weil bei der Fig. 44 die Strahlen rr aus der Linse weit mehr convergent austreten; als dies in Fig. 45 der Fall ist.

Aus dem Vorstehenden geht hervor, dass eine Sammellinse scharfe Bilder in verschiedenen Ebenen zu geben im Stande ist, was scheinbar gegen das Gesetz der gepaarten Brennpunkte spricht, die Erfahrung lehrt jedoch, dass dies freilich nur unter

der Bedingung geschehen kann, wenn die Objecte in einer genügenden Entfernung liegen, dass ihr Bild sich in der Nähe des wirklichen Brennpunktes bilden kann. Es nimmt also die Tiefe des Brennpunktes in dem Verhältniss ab, je mehr sich die Objecte der Linse nähern, wie dies in der nachstehenden Tabelle ersichtlich wird, welche uns die Vereinigungsweiten einer Linse von 10 cmt. Brennweite für Objecte, deren Entfernung sich nach und nach vermindert, darstellt.

Entfernung des Objectes	Verlängerung der Vereinigungsweite der Linse.
10,000 mètres.	0,001 millimètres.
1,000 „	0,01 „
100 „	0,1 „
50 „	0,2 „
10 „	1,0 „
5 „	2,04 „
4 „	2,6 „
3 „	3,5 „
2 „	5,3 „
1 „	11,1 „
50 centim.	25 „
40 „	33,3 „
30 „	50 „
20 „	100 „

Diese Tabelle ist sehr instructiv. Dieselbe zeigt uns deutlich, dass für Objecte, welche z. B. 50 mètres entfernt sind, die Focus-Entfernung der Linse sich nur um zwei Zehntel Millimètres, eine kaum bemerkbare Entfernung verlängert, für 10,000 mètres würde sie sich noch weniger, nur um ein Tausendstel eines millim. verlängern. Alle über 50 mètres hinaus von der Linse entlegenen Objecte werden somit auf dem Einstellglas oder der Visirscheibe, scharf erscheinen, wie gross immerhin auch ihre Entfernung sein mag.

Wenn nun im Gegentheil das Object der Linse sehr nahe liegt z. B. 30 centimètres, so muss das Einstellglas um 5 centim.

verschoben werden; bei 50 cent. um $2\frac{1}{2}$ cent.; bei 1 mètre um 11 millim., also beziehungsweise um bedeutende Grössen. Ebenso geben nur sehr wenig von der Linse entfernt liegende Objecte unter der Bedingung scharfe Bilder, dass sie unter sich sehr nahe liegen, und es liegt hierin die häufige Schwierigkeit dieselben scharf zu bekommen, wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist.

Es ist hiernach also die Tiefe des Focus von der Oeffnung der Linse, sowie von der Entfernung derjenigen Gegenstände abhängig, welche in dem Brennpunkt der Linse das Bild geben. Ausserdem aber ist dieselbe auch noch von der Form der Linse oder der optischen Linsenzusammenstellung, welche das Objectiv bilden, abhängig. Die Sammelmensiken besitzen am meisten Focus-Tiefe, vorausgesetzt, dass die concave Fläche nach der Seite der Objecte gerichtet sei. Unter den aus mehreren Linsen zusammengesetzten Objectiven besitzt das (Orthoscop) Periscop die grösste Brennpunktiefe, das gewöhnliche Doppel-Objectiv die geringste.

Es erklärt sich dies daher, dass das Erstere gewöhnlich eine nur kleine Oeffnung bezüglich der Focus-Distanz hat, und dass überdies die hinter der vorderen Sammellinse liegende Zerstreuungslinse, die austretenden Lichtbüschel weniger convergirend macht, während bei dem Zweiten die Oeffnung eine sehr grosse ist, und ausserdem die aus der ersten, nach den Objecten gekehrten Linse austretenden Strahlen, durch die zweite Linse noch mehr convergirend gemacht werden.

Einfluss der Focustiefe auf die Krümmung der Bildfläche. — Die Fig. 42 beweist, dass wenn man eine matte Glas-tafel *HI* genau in den wirklichen Brennpunkt der Linse *D* einstellt, von den drei Punkten *A*, *B*, *C*, nur einer in *E*, in dem Bild scharf erscheint; und wenn man die Glastafel der Linse nähert, der Punkt *E* seine Schärfe verliert, während *F* und *G* dabei an Schärfe gewinnen; aber es wird unmöglich sein, selbst bei der ganzen Oeffnung der Linse, die drei Punkte zugleich in dem Bilde scharf zu bekommen. Betrachtet man nun die Wirkung der vor der Linse angebrachten Blende *DD* (Fig. 43.) und vergleicht die Fig. 42 und 43 mit den Fig. 44 und 45, so wird

man sofort bemerken, dass das matte Einstellglas HI , auf welchem bei dem vorhergehenden Experiment nur der Punkt E scharf eingestellt erschien, sich ungestraft um ein Weniges der Linse nähern lässt, ohne dass das Bild sichtbar an Schärfe verliert. Ebenso würde ein durch F und G gehendes Glas unbeschadet von der Linse sich etwas entfernen können, ohne dass die beiden Punkte dadurch an Schärfe abnehmen. Es muss somit zwischen FG und HI eine Ebene geben, in welcher die sämtlichen drei Punkte F , E und G annähernd scharf erscheinen.

Diese Blendscheibe, welche die Linsen-Oeffnung auf deren Central-Theil reducirt, ist somit von grösster Wichtigkeit, indem sie die Focustiefe der Linse erhöht und dadurch dieser die Fähigkeit ertheilt, auf einer ebenen Fläche ein möglichst gleichmässig scharfes Bild geben zu können. Der Beweis lässt sich leicht herstellen, indem man z. B. auf eine Landkarte, mittelst einer Camera und einem einfachen umgewendeten Objectiv, dessen sämtliche Diaphragmen herausgenommen sind, einstellt. Man wird dann nicht im Stande sein ein scharfes Bild zu erhalten, sondern es wird dies nur in dem Centrum, oder auf einem kleinen Viereck, welches symmetrisch in der Mitte sich befindet, der Fall sein; setzt man alsdann in das Objective ein Diaphragma von kleinem Durchmesser ein, so wird man finden, dass die Schärfe über eine bedeutend grössere Fläche des Bildes auf dem matten Glase sich erstreckt.

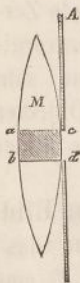


Fig. 46.

kann man sie als eine Platte mit parallelen Flächen ab und cd

Das Diaphragma *). — Wenn die Blende A in der Weise, wie es in Fig. 43 angegeben, angebracht ist, d. h. gegen die Linse M , so erscheint diese letztere, be-

züglich ihrer Focus-Distanz, sehr klein. In diesem Fall

*) Die Bezeichnungen: Blendung und Diaphragma sind in der Optik gleichbedeutend. In der photographischen Optik ist dies nicht der Fall. — Die Blende reducirt die Linse und ihre Wirkung blos auf den mittleren Theil. Das Diaphragma hingegen lässt sämtliche Linsensegmente wirken und zwar auf alle verschiedenen leuchtenden Punkte, die symmetrisch und concentrisch zu der Axe der Linse oder des Linsensystemes einfallen (die Axe der Linsen im Letzteren ist übrigens stets gemeinschaftlich).

(Fig. 46) betrachten, d. h. der Charakter der Linse ist scheinbar verschwunden. Dass die Bildfläche dieser Linse nicht so gekrümmt

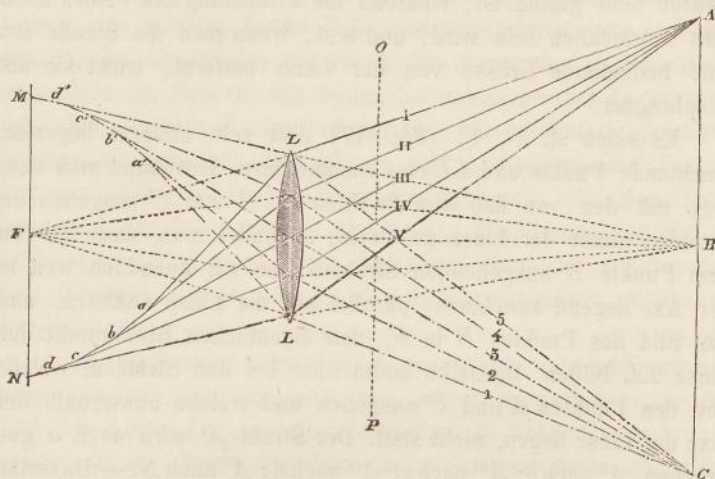


Fig. 47.

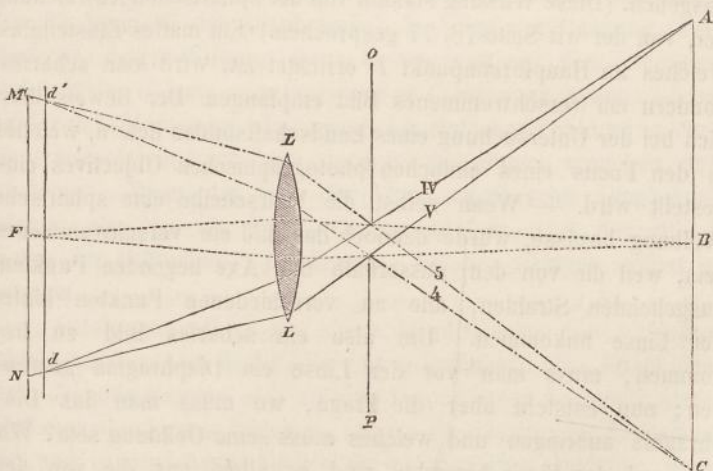


Fig. 48.

sein wird, als bei Anwendung der ganzen Linsenöffnung, ist klar, jedoch wird die Krümmung noch immer vorhanden sein, weil

die Focustiefe, d. h., weil die Grösse der zulässigen Bewegung der Visirscheibe, ohne diese aus dem Brennpunkt zu bringen, im Ganzen sehr gering ist, während die Krümmung des Feldes noch sehr beträchtlich sein wird, und erst, wenn man die Blende um eine bedeutende Grösse von der Linse entfernt, wirkt sie als Diaphragma.

Es seien A, B, C , (Fig. 47) drei sehr entfernt liegende, leuchtende Punkte und LL eine Sammellinse. Betrachtet man nun, was mit den von den drei Punkten A, B und C ausgehenden Strahlen hinter der Linse geschieht, so findet man, dass die von dem Punkte B ausgehenden Strahlen (die wir unendlich weit in der Axe liegend annehmen) parallel auf die Linse auffallen, und das Bild des Punktes B in F , den eigentlichen Brennpunkt der Linse LL bilden. Dasselbe findet aber bei den Strahlen, welche von den Punkten A und C ausgehen und welche ausserhalb der Axe der Linse liegen, nicht statt. Der Strahl A^I wird nach a gebrochen, A^{II} nach b ; A^{III} nach c ; A^{IV} nach d ; A^V nach N . — Dasselbe geschieht mit den Strahlen 1, 2, 3, 4 und 5, welche vom Punkte C ausgehen. (Diese Wirkung stammt von der sphärischen Abweichung her, von der wir Seite 76, 77 gesprochen.) Ein mattes Einstellglas, welches im Hauptbrennpunkt F errichtet ist, wird kein scharfes, sondern ein verschwommenes Bild empfangen. Der Beweis lässt sich bei der Untersuchung eines Landschaftsbildes liefern, welches in den Focus eines einfachen photographischen Objectives eingestellt wird. — Wenn selbst die Visirscheibe eine sphärische Wölbung besässe, würde dennoch das Bild ein verschwommenes sein, weil die von den, ausserhalb der Axe liegenden Punkten, ausgehenden Strahlen, alle an verschiedenen Punkten hinter der Linse ankommen. Um also ein scharfes Bild zu bekommen, muss man vor der Linse ein Diaphragma anwenden; nun entsteht aber die Frage, wo muss man das Diaphragma anbringen, und welches muss seine Oeffnung sein? Wie man auf der Figur bemerkt, sind es allein nur die von den Punkten A und C ausgehenden Bündel, welche ungefähr ihren Focus auf der Brennpunktebene finden, also die Bündel A^{IV} und A^V und C^4 und C^5 . — Wird nun in OP ein Diaphragma

in der Weise angebracht, dass nur diese Strahlen durchgelassen werden, so ändert sich unsere Figur vollständig um. (Fig. 48.) Wir wissen bereits, dass die mit einem Diaphragma versehenen Linsen eine gewisse Focus-Tiefe besitzen, sowie, dass in Folge dessen, das Einstellglas ungestraft eine Bewegung zulässt, d. h. ohne dass die Schärfe des Bildes dadurch wesentlich beeinträchtigt wird. Da nun die Entfernung Md' oder Nd fast gleichbedeutend mit der Focustiefe ist, so würde demnach die Grösse und der Platz des Diaphragma's bestimmt sein. — Man kann bequem beobachten, dass je kleiner das Diaphragma ist, um so schärfer das Bild wird, weil diejenigen Strahlen, welche das Bild zerstören würden, durch das Diaphragmablech abgehalten werden.

Der Durchmesser des Diaphragma hängt nothwendigerweise davon ab, wie sich die sphärische Abweichung der gegen die Axe der Linse LL geneigten Strahlen zu erkennen gibt; je kleiner diese Abweichung ist, um so grösser kann das Diaphragma sein, je grösser sie ist, einen um so kleineren Durchmesser muss das Diaphragma haben; dennoch besteht eine Grenze für die Kleinheit des Diaphragma's in Folge der Beugung (siehe Seite 6), deren Wirkung darin bestehen würde, dem Bilde stark beleuchteter Objecte, eine verworrene Contour zu geben. — Das Bild eines Sternes würde, anstatt als einfacher Punkt zu erscheinen, sich als ein Punkt mit concentrischen Ringen umgeben, darstellen. — Wenn das, vor der Linse angebrachte Diaphragma kleiner als $\frac{1}{60}$ der Focal-Distanz ist, so läuft das Bild in Folge der Diffraction oder Beugung Gefahr, weniger scharf zu werden.

Ausserdem geben zu kleine Diaphragmen, um photographisch zu sprechen, flache Bilder ohne Relief und ohne Effect. Man soll deshalb niemals sich solcher Diaphragmen bedienen, deren Oeffnungsdurchmesser kleiner, als ein Dreissigstel der Focustiefe ist, und es sind hauptsächlich die aplanatischen Objective, deren Anwendung wir in dieser Beziehung empfehlen.

Wegschaffung der Abweichung der Form. — Da wir den Gebrauch der Diaphragmen kennen gelernt haben, welche die

Linse in soviel Theile theilt, als mehr oder weniger schief einfallende Strahlenkegel vorhanden sind, so können wir jetzt eingehender die Ursache der Krümmung der Bildfläche untersuchen, und wie diesem Uebelstande abzuhelpen sei.

Die Erfahrung hat zunächst gelehrt, dass unter den einfachen Sammellinsen, es die mit einem geeignet angebrachten Diaphragma versehenen Sammelleniscen sind, deren Bildfläche am wenigsten gekrümmt ist, jedoch unter der Bedingung, dass ihre concave Fläche gegen das aufzunehmende Object gekehrt sei. — Die Bildfläche erscheint sogar ganz vollkommen eben, wenn die Linse keine bedeutenden Winkel umfasst. (10 oder 15 Grad z. B.) Für den photographischen Gebrauch jedoch ist es nöthig, dass die Linse mindestens den doppelten Winkel umfasse, was eben sagen will, die Bildfläche wird bedeutend gekrümmt und das Bild verliert nach den Rändern hin, vollständig seine Schärfe.

Es sei ML ein mit einem Diaphragma NO versehener Sammel-Meniscus; R ein Lichtbüschel von einem unendlich weit entfernten, in der Axe liegenden Punkt ausgehend und R' ein schief einfallender die Ränder der Linse treffender Strahlenkegel. Die Focusfläche PF wird durch jene Focusentfernung der Linse bestimmt, wo die Strahlen R ihren Focus haben. — Die Brennpunktentfernung des schiefen Lichtbündels R' ist von der andern verschieden und MF' bedeutend kürzer, so dass die Einstellfläche FP gebogen und $FP' \times P'F'$ die Bezeichnung für die Krümmung der Bildfläche wird. — Vertauscht man nun, unter denselben Umständen, die positive Linse mit einer nega-

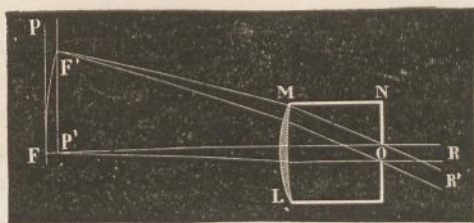


Fig. 49.

stattfinden, weil die Focuslänge der Ränder der Linse grösser ist

tiven, so würde man kein wirkliches, sondern nur ein Bild dem Princip nach bekommen, und die Krümmung der Bildfläche würde im umgekehrten Sinne

als die des Centrums, also gerade das Gegentheil von dem, was mit der Sammellinse erzielt wird.

Die einfachen Linsen können in der Photographie, wegen der chromatischen Abweichung, deren Folge ein beträchtlicher Unterschied zwischen dem optischen und chemischen Focus sein würde, nicht angewendet werden, daher also die Nothwendigkeit achromatische Linsen anzuwenden, welche, wie man weiss, aus der Verbindung einer Sammellinse und einer Zerstreuungslinse bestehen; wenn man nun diese beiden Linsen, deren Form-Abweichung eine entgegengesetzte ist, wie wir eben gesehen, in einer geeigneten Weise zusammenstellt, so kann man dahin gelangen, die Bildfläche vollständig eben zu erhalten, d. h. man macht die Focallänge der in schiefer Richtung zu der Axe auffallenden Lichtbündel, denen, welche parallel mit derselben fallen, gleich.

Es besteht somit zwischen der Lage des Diaphragma's und den negativen und positiven Krümmungshalbmessern der Linsen, aus denen ein Objectiv zusammengesetzt ist, eine Beziehung, vermöge welcher die Bildfläche ganz eben gemacht werden kann, während auch gleichzeitig die Achromatisirung erzielt wird. — Ist das Verhältniss zwischen den Krümmungshalbmessern der drei gekrümmten Flächen, welche die achromatische Linse bilden, kein ganz richtiges, so kann die Bildfläche gekrümmt erscheinen, entweder in der Richtung, wie bei der einfachen Sammellinse oder in derjenigen, wie bei der einfachen Zerstreuungslinse.

In Fig. 50 stellt LM eine achromatische Linse dar, welche aus einer plan-concaven Flintglaslinse und einer bi-convexen Crown-glaslinse zusammengesetzt ist, wobei die schief einfallenden Strahlen R' ihren Focus F' der Linse

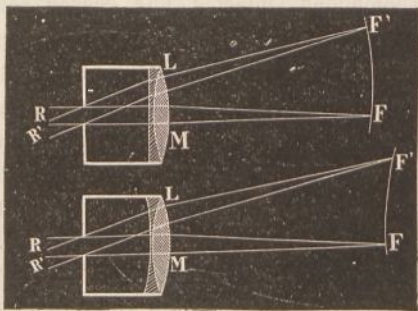


Fig. 50.

Fig. 51.

näher haben, als die Centralstrahlen R , deren Focus in F liegt; es besitzt somit diese Linse, obgleich achromatisch, dennoch eine

gekrümmte Bildfläche analog derjenigen, welche wir bei der einfachen Sammellinse gesehen.

Dagegen ist in Figur 51 die Sammellinse *LM* aus einer bi-concaven Flint- und bi-convexen Crown-Linse zusammengesetzt, und sind deren Eigenschaften, denen des vorhergehenden Falles entgegengesetzt, indem sie nämlich, trotzdem dass die Linse eine Sammellinse ist, dennoch die Bildfläche so gekrümmt hat, als wäre sie eine einfache Zerstreuungslinse. Man muss deshalb bei der Wegschaffung der Abweichung der Form genau beobachten, dass eine gewisse Focusdistanz für die schief auffallenden Strahlen nicht überschritten werde, da man sonst wieder von Neuem sich den Uebelständen derselben Abweichung aussetzt, aber im verkehrten Sinne.

Es verhält sich mit diesen Abweichungen gerade so, wie mit den sphärischen und chromatischen, so dass man auch hier die Correction übertreiben kann, so dass bei Sammelcombinationen, die Abweichungen negative und bei Zerstreuungscombinationen positive werden.

Das einfache photographische Objectiv, welches wir im Nachstehenden einer Betrachtung unterwerfen wollen, besitzt neben einem bestimmten Gesichtswinkel, eine ziemlich ebene Bildfläche und ist selbstverständlich achromatisch, wie alle in der Photographie verwendeten Instrumente. Dasselbe besteht aus einem Sammel-Meniscus, dessen concave Fläche nach der Seite des aufzunehmenden Objectes, und dessen convexe Fläche nach derjenigen der Visirscheibe der Camera gerichtet ist, an welche es aufgeschraubt wird. Wollte man dieses Objectiv in der Stellung anwenden, in welcher es die geringste sphärische Abweichung zeigt, d. h. die convexe Seite nach dem aufzunehmenden Object gewendet, wie bei den Operngläser, so würde das Bild sehr gekrümmt erscheinen, dessen ungeachtet würden die der Axe naheliegenden Bildpartien, vollkommen scharf sein, selbst bei der ganzen Linsen-Oeffnung, was sich begreifen lässt, da die Linse für die parallel zur Hauptaxe einfallenden Strahlen, frei von jeder sphärischen und chromatischen Abweichung ist.

Indem man nun mit einer derartigen Linse eine zweite, mit passenden Krümmungshalbmessern geschliffene, achromatisirte Zerstreulinse verbindet, und zwar in einer angemessenen und bestimmten Entfernung von der ersteren, gelang es Herrn Petzval mit diesem Systeme eine sehr ebene Bildfläche zu erhalten. Dieses Objectiv erhielt den Namen Orthoskop, und wird in Fig. 52 das Princip, auf welches dessen Construction

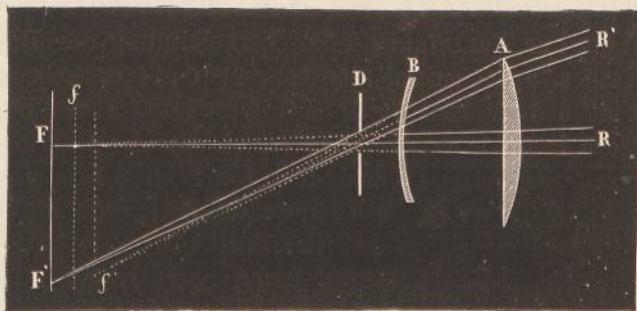


Fig. 52.

basirt ist, erklärt. — *A* ist die aplanatische und achromatische Sammellinse, deren convexe Fläche nach dem zu reproducirenden Object gewandt ist, *B* ist die ebenfalls aplanatische und achromatische Zerstreulinse. — Die Linse *A* allein angewendet, würde auf dem matten Einstellglas ein sehr gekrümmtes Bild zeigen, weil die Focallänge Af' der schief einfallenden Strahlen *R'* viel kürzer ist, als diejenige f der mit der Achse parallel laufenden Strahlen *R*. — Die negative Linse *B* verlängert die Focal-Distanz von f' nach F' der Ersteren bedeutend, weil sie auf die Lichtkegel durch ihren stark prismatischen Rand einwirkt, während sie bei der zweiten nur kaum eine kleine Verlängerung veranlasst. — Die ursprüngliche Bildfläche ff' ist auf diese Weise nach FF' plan gemacht.

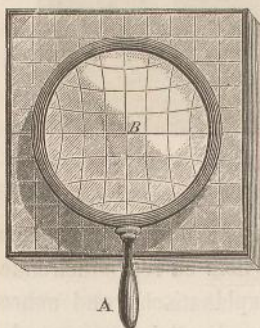
Die Tripletlinse von Hrn. Dallmayer ist aus zwei achromatischen Sammellinsen zusammengesetzt, welche an den beiden entgegengesetzten Enden eines Cylinders gefasst sind. —

Ein derartiges System allein, würde eine sehr stark gekrümmte Bildfläche liefern, dahingegen wirkt eine zwischen diesen beiden Linsen angebrachte Zerstreuungslinse in einer Weise, dass, ähnlich wie bei dem Orthoskop, die Bildfläche eben gemacht wird.

Abtheilung IV. — *Abweichung wegen der Dicke der Linse oder „die Verzeichnung.“*

Von der Verzerrung oder Verzeichnung der Bilder.

— Wenn man auf einer Fläche horizontale und verticale Fäden aufspannt und dieselben durch eine grosse, mit einem Griff *A* versehene Loupe in der Weise betrachtet, dass das Auge in einer



A

Fig. 53.

Entfernung von 2 bis 3 Fuss, und genau perpendicular über dem Centrum, in welchem sich zwei Fäden als Durchmesser der Loupe kreuzen, sich befindet, so wird man bemerken, dass ausser diesen Diametern keine der anderen Fäden gerade bleiben. — Wie die Figur darstellt, sind alle oberhalb liegenden Linien, im Vergleich zu den unterhalb liegenden Linien im verkehrten Sinne gekrümmt, und zwar kömmt dies daher, dass der obere Theil der Linse

aus einem Prisma mit gebogenen Flächen besteht, dessen Kante nach der entgegengesetzten Seite liegt, von der desjenigen Prisma's, welches den unteren Theil der Linse bildet. Wenn man deshalb die Linse nach vorwärts schiebt (immer das Auge unbewegt lassend), so dass der obere Faden durch den unteren Theil der Linse betrachtet werden kann, so erscheint er sofort nach der entgegengesetzten Richtung gekrümmt. — Diese Erscheinung wird mit dem Ausdruck Verzerrung oder Verzeichnung bezeichnet. — Wenn die in der Mitte befindlichen Fäden gerade bleiben, so kommt dies daher, dass das Auge sich genau in der Richtung oder Höhe des Mittelpunktes befindet, sobald hingegen das Auge seine

Stellung verändert, so erscheinen auch diese Fäden augenblicklich gekrümmt. Die Verzeichnung der Zerstreungslinsen findet in ganz entgegengesetztem Sinne von jener der Sammellinsen statt, so dass die Fäden (Fig. 53) anstatt mit ihrer Convexität nach innen zu sehen, dieselbe nach aussen gerichtet haben, und so wie die Wandungen eines Fasses gebogen sind. Je kürzer der Focus der bei diesem Experiment angewandten Linsen, bei gleichbleibendem Durchmesser ist, um so grösser ist die Abweichung wegen der Dicke, was sich übrigens von selbst versteht.

Die Fig. 54 erklärt vollständig die Wirkung der Abweichung wegen der Dicke, oder die Verzeichnung. Es sei L eine

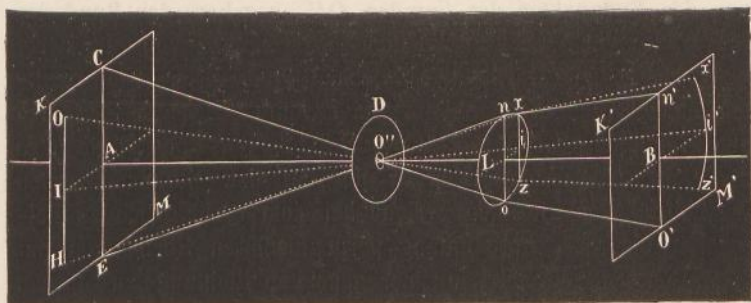


Fig. 54.

Sammellinse, vor welcher man ein mit einer sehr kleinen Öffnung O'' versehenes Diaphragma D anbringt, AB die Hauptaxe der Linse L , KM eine weit entfernt liegende Zeichnung perpendicular zu dieser Axe, und $K'M'$ die Brennpunktebene.

CE durchschneidet rechtwinklich den Endpunkt A der Axe BA , gelegen in der Zeichnung KM und wird gerade reproducirt in $n'O'$. Man erinnere sich nun, dass die Mittelpunkte der Krümmungsflächen einer Linse sich unbedingt auf der Hauptaxe befinden müssen, sowie dass ferner jeder gebrochene Strahl, dies nur in der Ebene der eintretenden Strahlen sein kann. — Die Ebene der einfallenden Strahlen Co , En , welche die Linse

in zwei gleiche Theile theilt und senkrecht zu ihrem Umfang ist, ist zugleich die Ebene der gebrochenen Strahlen, m' und oO , deren Durchschnittspunkt mit der Focalebene $K'M'$ die Gerade $n'O$ ist. Es wird dasselbe mit jeder anderen Geraden z. B. IA der Fall sein, welche in der Ebene KM gewählt ist und durch den Endpunkt der Axe A hindurchgeht. Dasselbe gilt jedoch nicht mehr für jede Gerade OH , welche in der Ebene KM gezogen wird, und welche nicht durch den Endpunkt A der Linsenaxe geht; und in der That, eine durch diese Gerade und durch die Oeffnung des Diaphragma gelegte Ebene würde schief gegen die Axe BA geneigt sein und die in xz getroffene Linse in zwei ungleiche Theile theilen.

Man wird finden, dass die Strahlen xH und zO , welche von den Endpunkten der Geraden OH ausgehen, den Rand der Linse bei x und z durchschneiden, während die von der Diaphragma-Oeffnung nach allen zwischen O und H liegenden Punkten ausgehenden Strahlen, die Linse dort durchschneiden, wo sie dicker ist, also entfernt vom Rand derselben, wie dies z. B. mit den Mittelstrahlen Ji der Fall ist. Ebenso werden die gebrochenen Strahlen, welche bei dem vorhergehenden Beispiel in einer zu dem Umfang perpendicularen Ebene aus der Linse hervortreten, jetzt in einer geneigten Richtung zu diesem Umfang austreten und in einer gekrümmten Fläche liegen, welche auf der Focus-Ebene mit $x'i'z'$ bezeichnet, ihre Höhlung nach der Hauptaxe der Linse zugewendet hat. — Wäre diese Linse L aus einer Unzahl concentrischer Ringe von genau derselben Stärke zusammengesetzt, so würde die Brechung durch irgend welchen Punkt ihrer Fläche, bei demselben Einfallswinkel ebenso stattfinden, als wäre die Linse unendlich dünn. In der Gestalt, wie die Linse bei unserer Betrachtung angenommen, also von ungleichmässiger Stärke, wird die Brechung für denselben Einfallswinkel eine ungleiche sein, je nachdem der eintretende Strahl mehr oder weniger von dem Rande der Linse entfernt liegt. Hiervon rührt die Verzerrung oder Verzeichnung her.

Es ist klar, dass die Entfernung des Diaphragma's von der Linse, die Verzerrung verschieden erscheinen lässt, denn je mehr

das Diaphragma der Linse genähert wird, desto näher gehen die schief einfallenden Strahlen durch das Centrum der Linse hindurch. — Ist das Diaphragma mit der Linse in Verbindung, dieselbe also auf ihren optischen Mittelpunkt reducirt, so ist sie frei von jeder Verzerrung.

Das in der Photographie angewendete einfache Objectiv, giebt keine Bilder, welche ganz frei von einer Verzerrung sind, mithin wird eine Zeichnung von der Fig. 55, die Form der Fig. 56



Fig. 55.



Fig. 56.



Fig. 57.

annehmen. — Wenn man in einem einfachen photographischen Objectiv des Diaphragma *A* (Fig. 58) vor der Linse *B* anbringt,

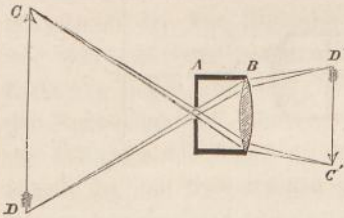


Fig. 58.

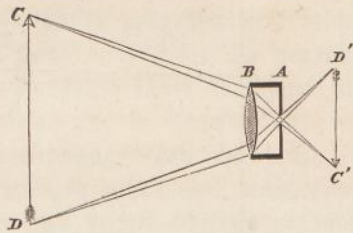


Fig. 59.

so hat dasselbe zur Folge, dass jedes Segment der Linse auf einen anderen Theil des zu reproducirenden Bildes *CD* wirkt, es würde dies also die in Fig. 54 angegebene Verzeichnung herbeiführen. Bringt man hingegen das Diaphragma hinter der Linse an, d. h. zwischen der Linse und dem Einstellglas, (Fig. 59) so würde die Verzeichnung eine entgegengesetzte sein, weil bei der ersten Stellung, Fig. 58, der von *D* ausgehende Strahl den oberen Theil der Linse und bei der zweiten Stellung, Fig. 59 den unteren Theil derselben trifft.

Aufhebung der Abweichung wegen der Linsendicke.

— Vereinigt man zwei einfache Objective *LL* miteinander, und

bringt in der Mitte zwischen denselben ein Diaphragma D an, so wird man finden, dass die von einem ausserhalb liegenden Punkt A ausgehenden Strahlen durch zwei einander entgegengesetzt liegende Punkte der Linsen durchgehen. Die erstere Linse erzeugt eine Verzerrung gleich den Wandungen eines Fässchens (Fig. 56) die zweite hingegen eine nach innen gebogene Verzeichnung (Fig. 57); beide vereinigt heben jedoch die Verzeichnung gegenseitig auf.

Die Optiker Harrison & Schnitzer in New-York (im Jahre 1862) und Steinheil in München (1865) haben diesen optischen Grundsatz bei ihrem Kugel-Objectiv und bei dem periskopischen Objectiv in Anwendung gebracht. Die beiden Linsen Fig. 60

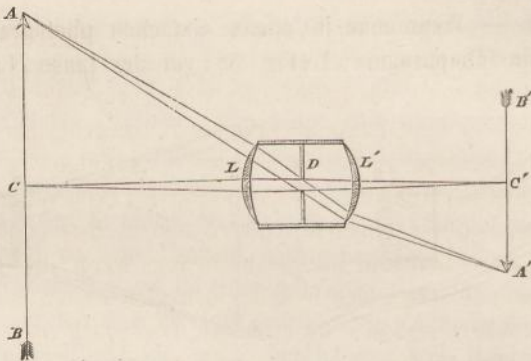


Fig. 60.

(unter sich gleich) haben die Form von Menisken, deren concave Flächen einander zugewendet sind. Die Diaphragmen müssen sehr klein sein, um die bei diesem System vorhandene, bedeutende sphärische Abweichung aufzuheben.

Die Bildfläche ist in Folge der ganz besondern Form der Linsen und der denselben beigefügten sehr kleinen Diaphragmen vollkommen eben.

Der englische Gelehrte Sutton, machte im Jahre 1858 den Vorschlag zwischen zwei Linsen (unter sich gleich) und genau in der Mitte, eine concave Linse anzubringen. Wollte man zwei

gewöhnliche Linsen *A* und *B* (Fig. 61) (wie dieselben als einfache Objective in der Photographie angewendet werden) zusam-

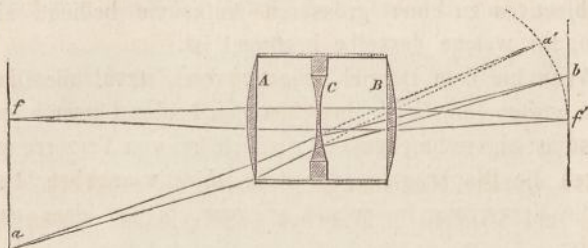


Fig. 61.

menstellen, so würde die Bildfläche $f'a'$ sehr gekrümmt erscheinen, wenn hingegen zwischen beiden eine dritte negative Linse *C* angebracht wird, so ändert sich der Focus der von einem ausserhalb der Axe liegenden Punkte *a* ausgehenden Strahlen, und würde alsdann anstatt in a' nach *b*, in Folge der negativen Linse, zu liegen kommen. Diese negative Linse verlängert also die Focallänge der schiefen Strahlen und in diesem Falle wird die Bildfläche eben und die Verzeichnung, wenn die Linse biconcav ist und ihre Flächen unter sich gleich sind, aufgehoben. Dieses Objectiv wurde symmetrisches Triplet-Objectiv genannt.

Die Triplet-Linse von Dallmayer ist von der oben beschriebenen abweichend, welcher übrigens zuerst das optische Princip der Triplet-Objective zur Ausführung brachte, indem Herr Sutton nur angegeben hat, auf welche Weise es möglich wäre die Verzerrung aufzuheben. Herr Dallmayer gibt den beiden Sammellinsen zwei verschiedene Focallängen und setzt zwischen dieselben die negative ein, wobei das Diaphragma in einer Weise angebracht ist, dass die Verzeichnung ganz oder annähernd ganz aufgehoben wird. — Dieses System hat vor dem von Harrison und Schnitzer den Vorzug, dass nicht die mindeste sphärische Abweichung vorhanden ist, dahingegen ist eine sehr kleine Verzeichnung in Folge der Dicke der negativen Linse nicht zu vermeiden, weil es ausserordentlich schwierig ist dieselbe genau in die durch die Be-

rechnung festgestellte Lage zu bringen, die zugleich mit der Natur des angewendeten Glases variirt. Uebrigens ist diese Verzeichnung nur dann in Berücksichtigung zu ziehen, wenn man sich des Objectives zu einer grösseren Aufnahme bedient, als diejenigen, für welche dasselbe bestimmt ist.

Wenn bei dem Doppel-Objectiv von Petzval die Diaphragmen in geeigneter Weise zwischen den beiden Linsen angebracht sind, so ist dasselbe ebenfalls ziemlich frei von Verzerrung, wenn hingegen die Diaphragmen vor dem Objectiv angebracht sind, so wird die Verzerrung bedeutend grösser, als bei dem einfachen Objectiv.

Abtheilung V. — *Von der Astigmatation oder Abweichung wegen der Stellung der Linsen.*

Practisches Verfahren zur Erläuterung der Astigmatation. — Man bedient sich eines kleinen Doppelobjectives, (Portrait-System) welches auf eine Camera aufgeschraubt ist, deren Visirscheibe die vierfache Grösse von der gewöhnlichen Bildfläche des Objectives besitzt, also z. B. $\frac{1}{4}$ Platten Objectiv zu einer $\frac{1}{1}$ Platten Camera. Klebt man nun auf eine weisse Wand eine schwarze oder farbige Oblate und beobachtet das Bild auf dem Mittelpunkt des Einstellglases der in gleicher Höhe mit der Oblate befindlichen Camera, so findet man, dass das Bild rund ist, selbst wenn die Visirscheibe mehr nach vorn oder rückwärts aus dem Focus bewegt wird, wodurch das Bild nur an Schärfe beeinträchtigt wird. Dreht man nun die Camera auf ihrem Stativ in einer Weise, dass das Bild der Oblate sich dem Rand des Einstellglases möglichst nähert, so findet man, dass es nicht mehr möglich ist ein scharfes Bild zu bekommen, und dass wenn man das Einstellglas aus dem Brennpunkt nach vorne oder rückwärts bewegt, das Bild eine nach verticaler oder horizontaler Richtung verlängerte Form annimmt.

Theoretische Erklärung der Astigmatation. — In Figur 62 wird dieses Resultat und dessen Folgen erklärt. Es sei *LOMN*

eine Sammellinse, deren Hauptaxe AB ist. Geneigt zu dieser Axe nehmen wir einen strahlenden Punkt $*R$ an, welcher unendlich weit entfernt ist, und der in Folge dessen seine Strahlen parallel nach der Linse sendet. Durch die Axe AB und den Punkt

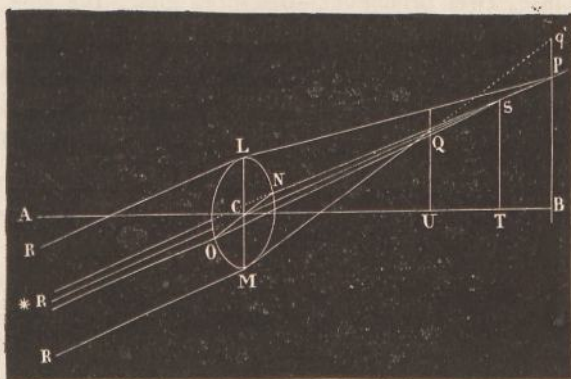


Fig. 62.

R legen wir eine Ebene, welche die Linse in dem Durchmesser LM schneidet, sowie eine zweite Ebene, welche ebenfalls durch R gehend, rechtwinklig zu der ersten liegt und die Linse im Durchmesser ON schneidet. Betrachten wir nun den Gang der von dem Punkt R in den beiden Ebenen ausgesendeten Strahlen, und zwar beginnen wir mit der ersteren.

Lassen wir zunächst den Strahl RC durch das optische Centrum der Linse durchgehen; derselbe wird keine Ablenkung durch die Brechung bei dem Durchgang der gekrümmten Linsenflächen erleiden, und bei seiner Verlängerung eine zweite Axe RP bilden. Ziehen wir ferner nach den beiden Endpunkten des Durchmessers LM der Linse die beiden einfallenden Strahlen RL und RM , welche nach ihrer Brechung, den Hauptstrahl in Q und P durchschneiden, wie wir dies bei der sphärischen Abweichung kennen gelernt. Hat die Linse hingegen eine kleine Oeffnung, so wird der Durchschnittspunkt in Q liegen.

Die in der Ebene RNO (in welcher sich auch die secundäre Axe RP befindet) einfallenden Strahlen RN und RO sind

um die secundäre Axe symmetrisch angeordnet und werden sie nach ihrer Brechung in ein und demselben Punkt S durchschneiden. Hieraus ist ersichtlich, dass es für zur Axe schief einfallende, aber unter sich parallele Strahlen, bei ein und derselben Linse, zwei Brennpunkt-Distanzen gibt. Die eine in der Ebene, welche durch die Hauptaxe der Linsen und den leuchtenden Punkt geht, und die andere, welche durch den leuchtenden Punkt und das optische Centrum geht und auf dem Ersteren senkrecht steht. Und dies ist es, was wir Astigmatism nennen.

Verminderung der Astigmatism auf das Minimum. —

Man vermindert die Astigmatism (d. h. die Differenz zwischen dem ersteren und zweiten Brennpunkt) auf das Minimum, einerseits mit Hilfe eines Diaphragma's, welches die Fläche des Objectivs in Parcellen theilt, deren jede auf verschiedene, und zugleich unter verschiedenen Winkeln einfallende Strahlen desselben leuchtenden Punktes wirkt; andererseits dadurch, dass man die sphärischen Oberflächen in einer Weise wählt, dass die ein- und austretenden Strahlen einen nur kleinen Winkel auf die der sphärischen Flächen der Linsen senkrechten Einfallslothe bilden.

Berechnung des ersten und zweiten Brennpunktes der Astigmatism. — Wir betrachten den einfachsten Fall und zwar den bei einer einfachen plan-convexen Linse, welche mit einem Diaphragma versehen, das mit seiner sehr engen Oeffnung vor dem optischen Mittelpunkt der Linse angebracht ist. Den leuchtenden Punkt denken wir uns unendlich weit entfernt und das Strahlenbündel parallel auf die ebene Fläche der Linse fallend.

Es sei CD (Fig. 1, Taf. 1) die Axe der Linse, Aa die Axe des Lichtbündels nach der Brechung auf der ebenen Fläche der Linsen. Legen wir nun durch die beiden Axen eine Ebene und sei ab ein Kreisbogen, dessen Mittelpunkt in C befindlich ist und welcher den Durchschnitt dieser Ebene mit der convexen Linsenfläche darstellt. Betrachten wir nun in dieser Ebene einen zweiten Strahl Bb des Lichtbündels, so werden die beiden Strahlen Aa und Bb nach aV und bV austreten, und der Durchschnitts-

punkt V , annähernd der primäre Focus sein, welcher um so genauer sein wird, so bald die Strahlen ganz dicht zusammenfallen.

Berechnen wir nun die Distanz aV in der Function des Strahles $Ca=r$ der Linse, und setzen wir ferner die Winkel

$$VaD = \theta$$

$$A'aD = \eta$$

$$bCa = \varphi$$

$$bVa = \psi$$

so ergib das Dreieck Vab :

$$Va : ba = \sin Vba : \sin \psi$$

$$Va = ba \cdot \frac{\sin Vba}{\sin \psi}.$$

Berechnen wir nun die Factoren dieser Gleichung. Fällt man Cp perpendicularär auf die Sehne ab , so ergibt das rechtwinklige Dreieck Cpb

$$ba = 2pb = 2cb \cdot \sin \frac{\varphi}{2} = 2r \sin \frac{\varphi}{2}.$$

Bezeichnen wir mit K den Durchschnittspunkt des verlängerten Strahles Vb mit der Axe aC , so ist der Winkel Vba als ein äusserer Winkel des Dreiecks Kba gleich der Summe der beiden innen entgegengesetzt liegenden Winkel

$$Vba = VKa + baC.$$

Das Dreieck VKa gibt ebenfalls

$$VKa = VaD - KVa = \theta - \psi,$$

ferner das rechtwinklige gibt cpa

$$baC = 90^\circ - \frac{\varphi}{2},$$

Wenn man diese beiden Gleichungen addirt, so erhält man

$$Vba = \theta - \psi + 90^\circ - \frac{\varphi}{2}$$

und daraus

$$\sin Vba = \sin \left[90^\circ - \left(\psi + \frac{\varphi}{2} - \theta \right) \right] = \cos \left(\psi + \frac{\varphi}{2} - \theta \right).$$

Substituirt man diesen Werth in der Gleichung von Va , so wird diese :

$$Va = 2r \cdot \frac{\sin \frac{\varphi}{2} \cdot \cos \left(\psi + \frac{\varphi}{2} - \theta \right)}{\sin \psi}$$

Berücksichtigt man nun, dass die Winkel ψ und φ sehr klein sind, da die Strahlen Aa und Bb sehr nahe zusammenfallen, so hat man

$$\frac{\sin \frac{\varphi}{2}}{\sin \psi} = \frac{\frac{\varphi}{2}}{\psi} = \frac{\varphi}{2\psi}$$

Andererseits, indem man die Bögendifferenz von $\psi + \frac{\varphi}{2}$ und θ , entwickelt, so erhält man mit Hilfe der bekannten Formel

$$\cos (a-b) = \cos a \cos b - \sin a \sin b,$$

daraus

$$\cos \left(\psi + \frac{\varphi}{2} - \theta \right) = \cos \theta \cdot \cos \left(\frac{\varphi}{2} + \psi \right) - \sin \theta \cdot \sin \left(\frac{\varphi}{2} + \psi \right)$$

wo, wenn man berücksichtigt, dass der Bogen $\frac{\varphi}{2} + \psi$ unendlich klein ist, derselbe für seinen Sinus substituirt und sein Cosinus gleich 1 gesetzt werden kann.

$$\cos \left(\psi + \frac{\varphi}{2} - \theta \right) = \cos \theta - \left(\frac{\varphi}{2} + \psi \right) \sin \theta.$$

Es wird somit

$$Va = r \frac{\varphi}{\psi} \left(\cos \theta - \left(\frac{\varphi}{2} + \psi \right) \sin \theta \right)$$

Wegen der Kleinheit der Winkel φ und ψ kann im 2. Ausdruck zwischen den Paranthesen alles nach $\cos \theta$ ausgelassen werden und es bleibt einfach

$$Va = r \frac{\varphi \cos \theta}{\psi}$$

Es bleibt somit nur noch das Verhältniss $\frac{\varphi}{\psi}$ zu berechnen.

Verlängern wir Bb und Aa respective nach $B'b$ und $A'a$. Wenn man berücksichtigt, dass bei dem Punkte b der Lichtstrahl von einem Mittel in ein anderes, weniger dichtes übergeht; dass der Einfallswinkel $CbB = Ebb'$ und der Berechnungswinkel VbE ist, so bekömmt man, wenn n den Berechnungsindex bezeichnet:

$$\sin VbE = n \sin Ebb',$$

aber $VbE = CbK = VKa - \varphi = \theta - \psi - \varphi$

und $Ebb' = CbL = B'LD - \varphi = A'aD - \varphi = \eta - \varphi$

demnach $\sin [\theta - (\varphi + \psi)] = n \sin (\eta - \varphi)$

aber in Folge der bekannten Formel:

$$\sin (a - b) = \sin a \cos b - \sin b \cos a$$

hat man

$$\sin [\theta - (\varphi + \psi)] = \sin \theta \cdot \cos (\varphi + \psi) - \cos \theta \cdot \sin (\varphi + \psi)$$

$$\sin (\eta - \varphi) = \sin \eta \cos \varphi - \sin \varphi \cos \eta.$$

Da aber die Winkel φ und ψ sehr klein sind, gestalten sich diese Formeln wieder in:

$$\sin [\theta - (\varphi + \psi)] = \sin \theta - (\varphi + \psi) \cos \theta$$

$$\sin (\eta - \varphi) = \sin \eta - \varphi \cos \eta,$$

und durch die Substituierung dieser beiden Werthe, findet man

$$\sin \theta - (\varphi + \psi) \cos \theta = n (\sin \eta - \varphi \cos \eta)$$

Auf der andern Seite gibt die Brechung bei a ebenfalls:

$$\sin \theta = n \sin \eta; \dots (1)$$

wodurch die vorhergehende Formel reducirt wird und

$$(\varphi + \psi) \cos \theta = n \varphi \cos \eta \text{ gibt,}$$

woraus man folgert

$$\frac{\varphi}{\psi} = \frac{\cos \theta}{n \cos \eta - \cos \theta}$$

wornach die Substitution in Va ergibt

$$Va = r \frac{\cos^2 \theta}{n \cos \eta - \cos \theta} \dots (2)$$

Dieser Werth kann noch unter einer andern Form gegeben werden, indem für n der Ausdruck $\frac{\sin \theta}{\sin \eta}$ gesetzt wird, es ergibt sich alsdann:

$$Va = r \frac{\cos^2 \theta \cdot \sin \eta}{\sin \theta \cdot \cos \eta - \sin \eta \cos \theta}$$

oder auch

$$Va = r \cdot \frac{\cos^2 \theta \cdot \sin \eta}{\sin (\theta - \eta)} \dots (3)$$

Wenn man die Richtung der Axe des einfallenden Lichtbüschels Aa , d. h. den Winkel η verändert, so wird die Formel (1) den Winkel θ angeben, welcher die Richtung des austretenden Büschels aV bestimmt; die Lage des primären Brennpunktes V in dieser Axe, ist durch die Formel (2) sofort bekannt. Wenn man $\eta = \theta$ macht, so wird das Strahlenbüschel parallel zur Axe der Linse und der primäre Focus fällt mit dem eigentlichen Brennpunkt f zusammen, die Formel (2) ergibt alsdann unter der Voraussetzung, dass $\eta = \theta = 0$, woraus $\cos \eta = \cos \theta = 1$)

$$F = \frac{r}{n - 1}$$

Daher das Verhältniss

$$\frac{Va}{F} = \frac{\cos^2 \theta (n - 1)}{n \cos \eta - \cos \theta}$$

Dieses Verhältniss zwischen Va und θ ist die Polargleichung für die Curve VF aller primären Brennpunkte und gibt gleichzeitig die Krümmung der Bildfläche der Linse an, insoweit man nur diese Brennpunkte betrachtet.

Diese Curve ist von derjenigen der secundären Brennpunkte HF verschieden, welche wir erst noch genauer bestimmen müssen.

Betrachten wir in a eine Durchschnittsebene, welche durch die Axe der Linse geht und perpendicularär auf ab steht; nehmen wir an, dass dieser Durchschnitt der Bogen des Kreises am sei; Mm sei ein leuchtender Strahl sehr nahe der Axe des Büschels Aa gelegen, so wird er den nach aV gebrochenen Strahl in einem Punkte H schneiden, welcher von V verschieden und derjenige Punkt ist, welchen wir den secundären Focus genannt haben.

Nehmen wir $M'm'$ und Mm gleichweit abstehend von Aa , die gebrochenen Strahlen sind $m'H$ und mH , die Ebene MmH enthalte den Krümmungshalbmesser Cm , senkrecht zum Punkte m , die Ebene $M'm'H$ enthalte ebenfalls den Halbmesser Cm' ; da die beiden Ebenen durch C gehen, so geht ihr Durchschnitt ebenfalls durch C und bildet die gerade Linie CH . Da jede von diesen Ebenen eine Parallele zu den eintretenden Strahlen enthält, so muss deren Durchschnitt CH ebenfalls parallel zu diesen Strahlen sein, also CH parallel zu Aa und der Winkel $HCa = \eta$ (Fig. 2. Taf. 1.)

Das Dreieck HaC gibt

$$\frac{aH}{CH} = \frac{\sin HCa}{\sin CaH} = \frac{\sin \eta}{\sin \theta} = \frac{1}{n}$$

Die Curve HF der secundären Brennpunkte ist somit eine solche, dass das Verhältniss der Entfernungen Ha , HC von irgend einem ihrer Punkte zu zwei festen Punkten a und C eine constante Grösse $\frac{1}{n}$ ist, und es lässt sich also leicht darthun, dass eine derartige Curve ein Kreis ist.

Es seien C und a die zwei festen Punkte, H irgend ein Punkt der Curve. Nehmen wir nun die ähnlichen Punkte B und D so hat man die Gleichungen

$$\frac{aB}{BC} = \frac{1}{n} \text{ und } \frac{aD}{CD} = \frac{1}{n}$$

Nach der Bestimmung der Curve, geht diese durch die beiden Punkte B und D ; man zieht nun BH und DH , so erhält man die Proportionen

$$\frac{aH}{CH} = \frac{aB}{CB} \text{ und } \frac{aH}{CH} = \frac{aD}{CD}$$

Die erstere zeigt uns, dass BH die Halbierungslinie des Winkels CHa und die zweite, dass HD die Halbierungslinie des Ergänzungswinkels aHK ist. Diese beiden Geraden HB und HD stehen somit aufeinander senkrecht, und die Curve hat somit die Eigenschaft, dass alle eingeschriebenen Winkel, wie z. B. BHD rechte Winkel sind, sie bildet somit die Peripherie eines Kreises.

Bemerken wir nun, dass man aus der Proportion

$$CB : Ba = n : 1$$

nachfolgende Proportion bilden kann:

$$CB + Ba : Ba = n + 1 : 1, \text{ wonach } Ba = \frac{Ca}{n+1} = \frac{r}{n+1}$$

Ebenso kann man aus der Proportion

$$CD : aD = n : 1$$

die Proportion

$$CD - aD : aD = n - 1 : 1 \text{ bilden, woraus } aD = \frac{CD - aD}{n-1} = \frac{r}{n-1}$$

addirt man beide Resultate zusammen, so erhält man die Gleichung

$$Ba + aD = BD = \frac{r}{n+1} + \frac{r}{n-1} = \frac{2rn}{n^2-1}$$

Da nun BD der Durchmesser des Kreises BHD ist, so hat man, wenn R den Radicus desselben bezeichnet

$$R = \frac{nr}{n^2-1}$$

Wenn der Strahl aH auf die Axe aD fällt, so bildet sich der secundäre Focus H in D , was also nichts anderes sein würde, als der eigentliche oder Haupt-Brennpunkt F , und wir fanden in der That früher

$$aD = \frac{r}{n-1} = F.$$

Um nun den Werth von aH zu finden, betrachten wir, dass das Dreieck CHa ergibt

$$aH : Ca = \sin \eta : \sin (\theta - \eta)$$

woraus

$$aH = \frac{r \sin \eta}{\sin (\theta - \eta)}$$

Vergleicht man diese letzte Formel mit der Formel (3), so erhält man zum Schluss für die Verhältnisse der primären und secundären Focuslängen, welche mit einem gegebenen Winkel θ correspondiren

$$\frac{Va}{aH} = \cos^2 \theta$$

Um die Distanz dieser Brennpunkte zu erhalten, erhält man aus der obigen Proportion:

$$\frac{aH - aV}{aH} = \frac{1 - \cos^2 \theta}{1} = \sin^2 \theta$$

$$VH = \sin^2 \theta \times aH - \frac{r \sin \eta \cdot \sin^2 \theta}{\sin(\theta - \eta)}$$

Diese Formel beweist also, dass die Astigmatation eine um so grössere ist, je mehr das einfallende Strahlenbündel gegen die Axe geneigt ist.

KAPITEL VI.

BESCHREIBUNG DER PHOTOGRAPHISCHEN OBJECTIVE.

Eintheilung der Objective in nicht aplanatische und aplanatische. — Wir haben Seite 79 gesehen, dass die sphärische Abweichung dazu dienen kann die photographischen Objective in zwei Hauptclassen einzutheilen. — Die ersteren nicht aplanatischen Objective, geben nur dann scharfe Bilder, wenn sie mit einem sehr kleinen Diaphragma versehen sind; die zweiten aplanatischen geben bei ihrer ganzen Oeffnung scharfe Bilder, jedoch von geringerer Ausdehnung oder Grösse, als die vorhergehenden. Wir wollen nun diese Eintheilung in diesem Capitel durchführen.

Die hauptsächlichsten Unterschiede, welche diese beiden Gattungen Objective characterisiren, sind folgende:

Die aplanatischen Objective sind hauptsächlich für die Reproducirung belebter Scenen geeignet, weil sie bei ihrer ganzen Oeffnung eine kurze Expositionszeit gestatten. Dieselben geben eine scharfe Bildfläche, deren grösste Dimension höchstens die Hälfte der Focuslänge beträgt; wollte man dahingegen sie mit einem Diaphragma versehen, so würde diese Dimension an Ausdehnung und an Schärfe zunehmen.

Mit einem sehr kleinen Diaphragma versehen*) ($f/30$) geben

*) Um Wiederholungen zu vermeiden, werden wir immer kurz mit f die Focuslänge des Objectivs bezeichnen, und die Oeffnung des Diaphragmas

sie eine Bildgrösse, fast ebenso gross als die nicht aplanatischen Objective, und sind dann für die Aufnahme von Monumenten, Landschaften etc. verwendbar.

Die nicht aplanatischen Objective, welche mit ihrer ganzen Oeffnung angewendet werden, geben auf der ganzen Bildfläche nur verschwommene Bilder. Mit einem Diaphragma versehen, welches ungefähr gleich ist $f/10$, fängt das Bild an, an Schärfe, jedoch nur in geringem Maasse, zu gewinnen, und nur erst, wenn man das Diaphragma auf $f/30$, $f/40$ und selbst $f/60$ verkleinert, wird das Bild vollständig scharf werden. Diese Objective arbeiten äusserst langsam, um einen genügenden Einfluss auf die präparirte Platte auszuüben, aber ihre Bildfläche ist grösser, als die der nicht aplanatischen Instrumente. Sie sind zum grössten Theil (das einfache Objectiv ausgenommen) frei von Verzerrung und Astigmatism, während bei den aplanatischen Objectiven nur das Triplet-Objectiv das einzige ist, welches den Vorzug bietet nicht zu verzerren.

Im Allgemeinen besteht der Haupt-Vortheil der nicht aplanatischen Objective in dem grossen Winkel, den sie umspannen, den übrigens das Triplet-Objectiv, wenn auch nicht so gross, so doch für die Praxis genügend besitzt, und welches ausserdem noch den Vortheil gewährt, mit viel grösseren Diaphragmen und selbst mit seiner ganzen Oeffnung scharfe Bilder zu geben, wobei das nicht aplanatische Instrument gar keine Zeichnung liefern würde; der Vorzug fällt also dem Triplet-Objective zu, welches bei dem augenblicklichen Stand der optischen Wissenschaft, unbedingt als das Beste der bestehenden Objective betrachtet werden kann. — In der Vorrede dieses Buches wird übrigens der Leser unsere Ansicht in dieser Beziehung eingehender erklärt finden.

durch die Bruch-Chiffren (Brüche) $f/30$, $f/40$, $f/60$ etc., welche also ein Dreissigstel, ein Vierzigstel oder ein Sechzigstel der Focallänge bezeichnen.

Die numerisch ausgedrückten Angaben werden also immer eine Function der Focallänge des angewendeten Objectivs sein, und ist dies der einzige Weg, um die einzelnen Objective untereinander zu vergleichen.

Abtheilung I. — *Die nicht aplanatischen Objective.*

Das einfache Objectiv (für Landschaften). — Jean-Baptiste Porta, der Erfinder der Camera obscura oder der Linsencamera, bediente sich als Objectiv einer planconvexen Crown-glas-Linse, deren convexe Fläche nach der Visirscheibe hin gerichtet war, und die mit einem an der Mittelparthie der Linse anliegenden Diaphragma von der Grösse $f/20$ oder $f/30$ versehen wurde. Unter diesen Umständen war die Bildfläche sehr gekrümmt, so wie wir es Seite 90 beschrieben haben. Es geht hieraus hervor, dass um ein nach allen Richtungen scharfes Bild zu erzielen, die grösste Dimension des Bildes $f/5$ nicht übersteigen darf. Das Bild eines solchen Systemes war übrigens vollkommen frei von Verzeichnung.

Wenn man das Diaphragma von der Linse entfernt, so wird die Bildfläche ebener, aber die Verzeichnung nimmt zu, weil sich alsdann die Linse in dem durch Fig. 54 dargestellten Beziehungen befinden würde.

Die Optiker erkannten bald, dass wenn man anstatt des Porta'schen planconvexen Objectivs einen concav-convexen Meniscus anwendet, man bei einer gleichen Focusdistanz ein scharfes viel grösseres Bild erhält. Die concave Fläche war nach dem zu reproducirenden Object, die convexe nach der Visirscheibe gewendet. Das Bild erschien auf einer viereckigen Fläche scharf gezeichnet, deren Diagonale gleich $f/4$ war; die Oeffnung des Diaphragmas war $f/30$ und die Entfernung der Linse $f/5$.

Dies war die Construction der einfachen Objective zur Zeit der Entdeckung der Daguereotypie im Jahre 1839, und diente damals zur Darstellung derartiger Bilder. Man erkannte bald, dass das Bild, welches scharf auf der Visirscheibe erschien, nicht so auf der photographischen Schichte sich zeigte, mit einem Wort, die Linse besass in Folge des Zerstreungswinkels des Glases, aus welchen sie verfertigt ist, einen chemischen Focus. Der optische Focus, welcher mit den gelben Strahlen correspondirt, wich bedeutend von dem der blauen und violetten ab, welche

letztere als näher gelegen, den chemischen Focus bilden. Es war somit nöthig die Basis der Camera mit einer Eintheilung zu versehen, welche in Proportion mit dem gepaarten Focus der Linse stand, was eine lange und schwierige Arbeit ist, aus welchem Grund die Optiker von allen Seiten bestürmt wurden, Objective ohne chemischen Focus zu erzeugen.

Die ersten derartigen Instrumente sind durch den verstorbenen Charles Chevalier construiert worden. Derselbe bediente sich des achromatischen Objectivs eines Opernglases, welches aus einer bi-convexen Crown Glaslinse, die mit einer plan-convexen aus Flintglas zusammengekittet war, und mit der convexen Seite nach der Seite des Objectes gewendet, ein Bild von ausserordentlicher Schärfe und Schönheit lieferte, weil die Linse in diesem Zustand mit ihrer ganzen Oeffnung verwendet werden konnte und die sphärische und chromatische Abweichung in der Richtung der Axe corrigirt waren. Die Ausbreitung der Bildfläche war eine jedoch nur geringe und die grösste Seite betrug höchstens $f/8$. Charles Chevalier machte es nun wie seine Vorgänger, indem er die Linsen umdrehte, so dass die convexe Fläche nach der Visirscheibe gewendet war. Bei dieser Stellung war das Bild freilich weniger scharf, als in dem vorhergehenden Fall, indem er jedoch vor dem Objectiv ein Diaphragma anbrachte, steigerte sich die Schärfe ganz bedeutend, während zugleich die Bildfläche ebener wurde, so dass nunmehr die längste Dimension des scharfen Bildes $f/3$ ausmachte.

Die Fig. 3, Taf. 1 stellt das ursprüngliche einfache Objectiv dar. Die achromatische plan-convexe Linse *A* war in einer conischen Messinghülse *C* gefasst, welche mit einem Diaphragma *B* versehen war, vor welchem eine kreisrunde vor- und rückwärts gleitende Platte als Verschluss-Deckel angebracht wurde.

Die Oeffnung des kleinsten Diaphragmas war gewöhnlich $f/30$, man wendete aber deren mehrere an, von denen das grösste eine Oeffnung viermal so gross als das erste hatte ($f/15$) und welches man an die Stelle des ersten setzen konnte, je nach der Intensität, welche das Bild besitzen sollte.

Das Objectiv war auf einer Camera befestigt $FNOF'$, deren Einstellscheibe FF' viel kleiner war als die Bildfläche GG' , eine unvermeidliche Folge der zu kurzen Entfernung, welche die Linse A von dem Diaphragma B trennte. Das Objectiv wirkte also nur durch seinen Centraltheil, so dass, wie aus der Figur ersichtlich, die Hälfte seines Durchmessers verloren ging. Die sphärische Abweichung für die schief zu der Axe auffallenden Strahlen, so wie die Verzeichnung waren allerdings auf eine kleinere Grösse reducirt, als wenn das Diaphragma weiter nach vorn gelegen gewesen wäre, auch war die Bildfläche ziemlich eben, obgleich die plan-convexe Form nicht gerade die beste war, die man wählen konnte, aber zu jener Zeit war man noch nicht so weit vorgeschritten wie heute.

Das erste einfache Objectiv hatte somit eine plan-convexe Form. Die Optiker sahen später ein, dass die Form eines Meniscus der planconvexen Form vorzuziehen sei; der Krümmungsradius der concaven Fläche, welche nach dem Object gerichtet ist, war damals und ist es noch $f/3$ zu $f/2$ und der Durchmesser des Objectiv $f/6^*)$.

*) Nachdem man die Linse so ausgewählt, berechnet man genau den Krümmungsradius der beiden sich berührenden Flächen und alsdann denjenigen der Fläche, welcher nach dem mattgeschliffenen Glas gewendet sein muss. Es sei f die Focus-Entfernung der beiden zusammengekitteten Linsen; n_j der Brechungsindex des (bi-convex) Crown-glasses; n'_j der Brechungsindex der bi-concaven Flintglaslinse; Δ das Verhältniss der Zerstreuungskräfte, R der Krümmungsradius der willkürlich gewählten concaven Fläche der Flintglaslinse, welche nach dem Objecte hinsieht; man findet die andern Daten des Systemes, nämlich: R' den Krümmungsradius der beiden sich berührenden Flächen der Crown- und Flintglaslinse; R'' den Krümmungsradius der Crown-glasfläche, welche nach der Visirscheibe gewendet ist; f die Focuslänge (negative) der Flintglaslinse; f' die Focuslänge (positive) der Crown-glaslinse, und man erhält aus diesen Beziehungen folgende Gleichungen:

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{F} \quad \dots [1]$$

$$\frac{f}{f'} = -\Delta \quad \dots [2]$$

$$\frac{1}{f'} = (n_j - 1) \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R'} \right) \quad \dots [3]$$

$$\frac{f}{f'} = (n_j - 1) \left(\frac{1}{R'} - \frac{1}{R''} \right) \quad \dots [4]$$

Die Form des einfachen Objectivs, welche allgemein angenommen wurde, ist Fig. 4, Taf. 1 dargestellt und zwar die concave Flintglasfläche ist nach dem Object gewendet, die convexe Crownglasfläche hingegen nach der Visirscheibe. Was seinen Durchmesser und die Lage des Diaphragmas betrifft, so hängen diese beide Elemente von der mehr oder weniger grossen Concavität der Flintglasfläche ab. Wenn man der Linse A (Fig. 5, Taf. 1) einen der Focallänge ab entsprechenden grossen Durchmesser gibt, so muss das Diaphragma D in einer grösseren Entfernung von der Linse angebracht werden, und zwar so, dass der Kreis MNO , welcher die Focus-Ebene bezeichnet, das Rechteck $cdef$ umschreibt, welches die Bildgrösse besitzt für die das Objectiv construirt wurde. In diesem Fall, wenn die Krümmungshalbmesser des Objectivs geeignet gewählt wurden, so ist die Bildfläche so eben, als es überhaupt möglich ist, aber die Verzeichnung ist eine bedeutende.

Wenn man das Diaphragma D sich der Linse nähert, so ist diese hierdurch, für dieselbe Bildgrösse $cdef$ auf den Centraltheil ihrer ursprünglichen Fläche reducirt (wie aus Fig. 3, Taf. 1 ersichtlich) das Bild wird weniger eben, aber auch der Fehler der Verzeichnung wird vermindert. In diesem Fall muss man, um die besten Resultate bezüglich der Schärfe zu erlangen, die vorhandene Flintglasfläche (diejenige, welche gegen das Object hinsieht) durch eine mehr concave ersetzen. Je grösser also der Durchmesser des einfachen Objectivs, bei gleich bleibender Focallänge ist, desto mehr muss die Fläche des Flintglases, welche gegen das Object hinsieht, sich einer Ebene nähern, in welchem Falle die Verzeichnung grösser ist, die Bildfläche aber eben bleibt. Je geringer der Durchmesser, um so concaver wird diese Fläche

Wenn bei dem photographischen Versuch diese Linse einen chemischen Focus zeigt, so folgt daraus, dass Δ nicht genau berechnet worden ist. Wenn also dieser Brennpunkt länger als der optische ist, so ersetze man die Flintglasfläche, deren Krümmungsradius R ist, durch eine andere, deren Krümmungshalbmesser länger ist, das Gegenheil muss stattfinden, wenn der chemische Focus kürzer als der optische ist. — In dem folgenden Capitel werden wir sehen, wie man erkennt, ob der chemische Focus vor oder hinter dem optischen liegt.

und um so mehr nimmt die Verzeichnung ab. Selbstverständlich gibt es Grenzen, welche die Praxis bestimmt hat, und welche mit genügender Annäherung, dem Optiker als Richtschnur dienen.

Jedenfalls wird die sphärische Abweichung durch ein sehr kleines Diaphragma corrigirt ($f/30$); ebenso wird es bei der chromatischen Abweichung durch die zweckmässige Wahl des Flint- und Crownsglases der Fall sein. Es ist von grosser Wichtigkeit die sphärische Abweichung so schwach wie möglich zu machen und zwar aus folgendem Grund.

Man verlangt von einem photographischen Bild die grösstmögliche Vollendung in den Details, was man die Schärfe des Bildes nennt. Wie wir es nun im Capitel der sphärischen Abweichung gesehen haben, hatte diese Abweichung die Wirkung, dass die Feinheit auf der ganzen Ausdehnung des Bildes zerstört wurde, und man, um diesen Uebelstand zu vermeiden, sie so viel als möglich corrigiren musste, was man bei den einfachen Objectiven, mit Hilfe eines Diaphragma erreicht hat. Aber je grösser diese Abweichung ist, um so kleiner muss das Diaphragma sein, um dem Bild die gewünschte Schärfe zu geben, und da die Intensität des Bildes von der Grösse des Diaphragmas abhängt, so wird die Expositionszeit auch eine längere sein müssen. Es ist somit von grösster Wichtigkeit, die sphärische Abweichung in dem einfachen Objectiv, so viel als möglich zu verringern, weil man sich alsdann einer grösseren Diaphragma-Oeffnung bedienen können.

Betreffend die chromatische Abweichung, so wird der Optiker, wenn er dieselbe für die Strahlenbündel, parallel mit der Objectiv-Axe, corrigirt, nicht im Stande sein sie für die schief zu derselben einfallenden Bündel zugleich zu corrigiren, und wir haben gesehen, dass, um diese Abweichung auf das Minimum zu reduciren, die Austritts- und Einfallswinkel der Strahlenbündel mit dem Durchschnitt der Linsen, welche durch diese Strahlen hindurchgehen, gleiche Winkel bilden müssen, was man durch Menisken erreichen kann, deren concave Fläche einen verhältnissmässig kurzen Krümmungshalbmesser hat.

Um dieses Ziel zu erreichen, haben einige Optiker von grossem Verdienst, eine neue Form für das einfache Objectiv eingeführt (Fig. 4^{bis}, Taf. 1), bei welchem die Crownlinse *B*, in der Form eines Meniscus dem zu reproducirenden Object mit der concaven Fläche zugewendet ist. Die zerstreue Flintglaslinse *A* ist mit der Crownlinse zusammengesetzt und hat den gleichen Durchmesser. Ihre Form ist ebenfalls die eines Meniscus. Die Zusammenstellung ist also entgegengesetzt, derjenigen des früheren Fig. 4, Taf. 1 dargestellten Objectivs, bei welchem die Flintglaslinse *B* dem Object zugewendet war, während es hier die Crownlinse ist. Zunächst ist der Zweck der Flintglaslinse, das zur Axe parallele Strahlenbündel-System zu achromatisiren, dann aber die Focallänge der zur Axe schief einfallenden und aus dem Crownlase austretenden Strahlen zu verlängern, so dass eine sehr ebene und von einer grösseren Ausdehnung als die mit dem früheren Objectiv erzielte Bildfläche erreicht wird. Die Flintglaslinse vermindert, wenn die concave Fläche der Crownlinse richtig gewählt wurde, die sphärische Abweichung bedeutend, in Vergleich zu den alten einfachen Objectiven, was also den Gebrauch grösserer Diaphragmen gestattet. Das Objectiv arbeitet also, um photographisch zu sprechen, schneller und das Bild besitzt mehr Brillanz und Relief, wie wir dies Seite 98 beschrieben haben.

Indem nun dies Objectiv bei gleicher Ausdehnung des Bildes eine kürzere Focallänge als das frühere Objectiv hat, so besitzt es diesem gegenüber, alle möglichen Vortheile.

Es existiren somit zwei Formen von einfachen Objectiven, bei der ersten ist die Flintglaslinse gegen den aufzunehmenden Gegenstand gekehrt, bei der zweiten ist dies mit der Crownlinse der Fall. Beide haben die Form eines Meniscus, und in beiden ist die concave Fläche dem Object zugewendet, und die convexe der Visirscheibe, jedoch besitzt die Letztere vor Ersterer die Vorzüge einer geringeren Verzeichnung, einer kürzeren Focallänge, eines schnelleren Arbeitens und eines geringeren Umfangs.

Die frühere Form, die weniger gute, ist also noch allgemein von vielen deutschen und französischen Optikern beibehalten,

von denen jedoch mehrere schon beginnen die zweite einzuführen. Die neue Form wird hauptsächlich durch die englischen und amerikanischen Optiker in Anwendung gebracht.

Fig. 63 stellt die Fassung eines einfachen französischen Objectives dar. Der Ring *A* wird mittelst Schrauben auf der Camera angeschraubt. Die Röhre *B* enthält in der Ebene des Ringes *A* das Objectiv, bei *C* endigt diese Röhre in einer kreisrunden, in ihrer Mittelparthien durchbohrten Scheibe, an der die kleine Röhre *E* angesetzt ist, welche die kupfernen Diaphragmen enthält, die ein kupferner, geschwärtzter Einschiebcylinder an ihrem Platze festhält. *D* ist der Schliessdeckel. Um das Diaphragma wechseln zu können, muss man den Cylinder *F* herausnehmen, was etwas unbequem ist.

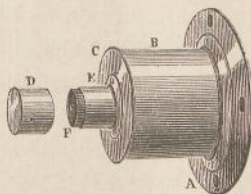


Fig. 63.

Die Engländer und Amerikaner haben das in Fig. 64 dargestellte System angenommen. *AA'* ist der Anschrauberring, welcher an der Camera befestigt ist, *BC*, *DE* die cylindrische Messinghülse, in welche das Objectiv *LM* gefasst ist, *FG* ist eine runde Metallscheibe, welche mit runden Oeffnungen versehen ist, deren Mittelpunkte sich in gleicher Entfernung um den Rotations-Mittelpunkt der Scheibe befinden. Es genügt also, um eine Diaphragma-Oeffnung durch eine andere zu ersetzen, dass man einfach die Scheibe auf deren hervorstehendem Theil *F* mit dem Finger dreht. Wir werden übrigens auf dieses System von Diaphragmen später zurückkommen.

Die Dimensionen der einfachen englischen und französischen Objective sind folgende:

Der Durchmesser der englischen Objective*) beträgt gewöhnlich ein Fünftel ihrer Focuslänge und die längste Seite des scharfen Bildes hat eine Länge von zwei Drittel dieser Focuslänge.

*) Es versteht sich von selbst, dass wir hier von Objectiven sprechen, welche aus gediegenen Werkstätten, wie z. B. aus denen von Ross und Dallmayer hervorgehen.

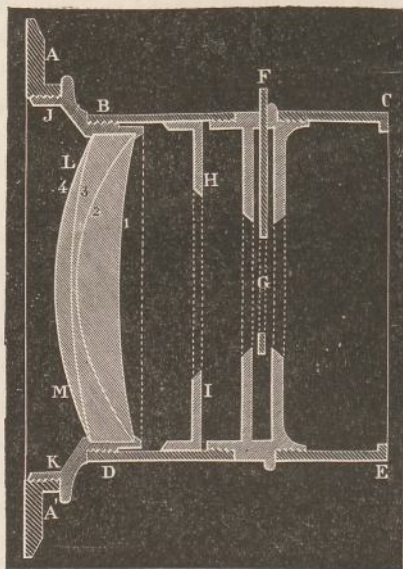


Fig. 64.

Diese Figur zeigt mit der grössten Genauigkeit das Objectiv und seine Fassung in natürlicher Grösse. Die Focusslänge desselben beträgt 6,95 englische Zoll, der Durchmesser desselben 1,6, die anderen Bestimmungen der Systems ausgedrückt in Functionen der Focus-Distanz sind folgende:

Durchmesser der Linsen		2302
Erste Linse (Crown Glas)	}	- r^1 6043
		+ r^2 1727
Zweite Linse (Flint Glas)	}	- r^3 1727
		+ r^4 4813
Dritte Linse (Crown Glas ₂)	}	- r^5 4813
		+ r^6 2561
Gemeinschaftliche Focusslänge:		10,000
Brechungsindex (gelb) des Flintglases		1,581
„ „ „ Crown Glases ₁		1,521
„ „ „ Crown Glases ₂		1,514

Verhältniss der Focusslängen, um die Achromatisirung herbeizuführen:

$$\begin{aligned} \text{Crown}_1 \text{ und Flint } f/f' &= 0,706. \\ \text{Crown}_2 \text{ und Flint } f/f' &= 0,645. \end{aligned}$$

Wir nehmen hiemit Veranlassung Herrn Dallmayer öffentlich unsern Dank dafür auszusprechen, dass er uns die Zeichnungen und numerischen Ergebnisse seines einfachen Objectivs, so wie desjenigen von Petzval und seiner Tripletlinse mitgetheilt hat, wodurch uns eine lange und schwierige Arbeit erspart worden ist.

Der Durchmesser der französischen Objective beträgt gewöhnlich ein Siebentel ihrer Focusslänge und die grösste Seite des scharfen Bildes, ist halb so lang als diese.

Das französische Objectiv, gibt im Vergleich zu der Bildgrösse, eine geringere Verzeichnung als das englische, im Vergleich zur Focus-Distanz des letzteren jedoch ist die Verzeichnung eine grosse.

Neues einfaches Objectiv von Dallmayer. — In der Absicht die Verzeichnung auf einen möglichst

geringen Grad zu reduciren und dem Objective einen möglichst grossen Aufnahmewinkel zu geben, hat Herr Dallmayer gesucht dem einfachen Objectiv die Form eines mehr ausgesprochenen Meniscus zu geben und hat das Diaphragma, der Linse bedeutend genähert. Wenn er das frühere Objectiv-System beibehalten hätte, so würde er sein Ziel mit dem Verlust der Schärfe der Ränder der Bilder haben erreichen können, indem er es sich jedoch zur Haupt-Bedingung gemacht, das Bild in der Mitte eben so scharf als an den Rändern zu erhalten, so musste er eine neue optische Zusammenstellung construiren, welche in Fig. 64 dargestellt ist.

Anstatt das Objectiv blos aus zwei Linsen, einer Crown-
glas- und einer Flintglaslinse zu construiren, fügte Dallmayer noch eine dritte aus Crown-
glas hinzu, deren Brechungsindex jedoch von dem Brechungsindex der ersten Crown-
glaslinse etwas verschieden ist.

Die drei Linsen sind also zusammengekittete Meniscen, welche eine einzige Linse bilden, deren concave Fläche nach den zu reproducirenden Object gerichtet ist, wie bei dem gewöhnlichen einfachen Objectiv.

Das Diaphragma ist von der Linse, in einer Entfernung, welche dem Durchmesser derselben gleichkommt, angebracht, also viel näher als gewöhnlich, die kleinste Oeffnung des Diaphragmas ist $f/30$.

Die Haupt-Vortheile des Dallmayer'schen einfachen Objectivs bestehen hauptsächlich in folgendem:

Mit einem Diaphragma von $f/20$ deckt es mit vollkommener Schärfe eine kreisrunde Focalebene von 72 Graden Ausdehnung. Mit einem Diaphragma von $1/30$, einen Kreis von 85 bis 90 Grad Gesichtswinkel. Das Gesichtsfeld des Objectivs ist somit sehr bedeutend, da die grösste Seite des Bildes (welches immer rechtwinklig ist) grösser als die Focuslänge des Objectivs ist, während bei den besten einfachen Objectiven, die vor dem von Dallmayer construirt wurden, diese Seite höchstens zwei Drittel der Focuslänge derselben betrug.

Dieses ist von dem künstlerischen Gesichtspunkt aus genommen, für die Aufnahme von Landschaften von grossem Vor-

theil, weil der Vordergrund sich in dem Bilde dargestellt findet, und daher für den Hintergrund des Bildes ein überraschender perspectivischer Effect erzielt wird. Dies war bei den früheren Objectiven nicht der Fall, deren Bildfläche zugleich viel kleiner war.

Die Verzeichnung wird für ein Bild, deren grösste Seite der Focusdistanz des Objectives gleich ist, auf ein geringes Mass reducirt werden, indem der Durchmesser des letzteren verhältnissmässig geringer ist, als bei den früheren Objectiven. — Da überdies das einfache Objectiv hauptsächlich zur Landschaftsaufnahme bestimmt ist, so verursacht die Verzeichnung keinen sichtbaren Fehler in dem Bilde.

Der chemische Focus wird für die zu der Axe schief auffallenden Strahlen auf ein geringes Mass reducirt (siehe Seite 88), die Bildfläche ist ebener als die des früheren einfachen Objectives und ausserdem ist das Bild selbst brillanter*).

Der letzte Vortheil, welchen das einfache Objectiv von Dallmayer noch bietet, besteht in seinem geringen Volumen und Gewichte, sowie in Folge seiner kurzen Brennweite, in der Anwendung einer kürzeren Camera, was in der Praxis nicht unterschätzt werden darf.

Um diesen Artikel zu beenden, müssen wir noch untersuchen, unter welchen Umständen das einfache Objectiv den andern Systemen vorzuziehen ist.

Wie alle nicht aplanatischen Objective kann das einfache Objectiv, da es mit einem sehr kleinen Diaphragma (von $f/30$) versehen werden muss, um scharfe Bilder zu liefern, nicht zur Aufnahme von Gruppen, belebten Landschaften oder Portraits

*) Wir haben gesehen, dass eine lichtbrechende Platte einen Theil des einfallenden Lichtes, welches sie trifft, zurückwirft. Es kömmt nun häufig in optischen Systemen vor, dass die Flächen der Linsen, aus denen sie zusammengesetzt sind, als Reflectoren wirken, und auf das von den durchgelassenen Strahlen fertig gezeichnete Bild ein zerstreutes Licht werfen, welches das Bild verschleiert, und welches häufig durch einen sehr sichtbaren hellen Fleck, besonders wenn der Himmel auf dem Bild eine grosse Ausbreitung hat, in Mitten der Visirscheibe erscheint. In dem Dallmayer'schen Objectiv sind die übertragenen und reflectirten Strahlen nahezu senkrecht auf den Flächen, so dass das Bild frei von diesen Schleiern, viel brillanter wird.

angewendet werden, es müsste denn in grellem Sonnenlichte geschehen, was gewöhnlich unkünstlerische Effecte gibt. Die Tripletlinse ist in dieser Beziehung weit mehr vorzuziehen, weil mit einem Diaphragma von doppelt grossem Durchmesser (also auch viermal schneller arbeitend) ein vollkommen scharfes Bild erzielt wird, dessen grösste Seite $f/2$ ist. Da das einfache Objectiv nicht frei von Verzeichnung ist, denn es verzeichnet die Bilder in der in Fig. 56, Seite 105 angegebenen Weise, so würde es nicht zur Aufnahme von Monumenten und Landkarten, überhaupt zu allen Objecten, bei denen sich gerade Linien befinden, angewendet werden können. Auch in dieser Beziehung verdient die Tripletlinse den Vorzug; hingegen steht es über der Tripletlinse bei der Aufnahme von Landschaften, weil bei gleichem Diaphragma das einfache Objectiv etwas schneller arbeitet und zwar erstens aus dem Grund, weil es weniger optische Flächen bietet, und zweitens weil die einfallenden und gebrochenen Strahlenbündel sich fast mit den auf den brechenden Flächen senkrechten Linien verwirren (in Folge der Meniscusform). In dieser Beziehung steht dasselbe hinter den Kugellinsen zurück.

Es besitzt mehr Focustiefe (siehe Seite 91) als die Tripletlinse und überhaupt alle bekannten Objective, ausser dem Periscop und Orthoscop, auf der anderen Seite hingegen fehlt ihm der grosse Gesichtswinkel des Kugel-Objectivs, des Periscops und des Orthoscops.

Aus diesem Allen zusammengenommen geht hervor, dass das einfache Objectiv im Vergleich zu anderen, mehr Nachtheile als Vortheile bietet, so dass das Triplet-Objectiv in Anbetracht des Nichtvorhandenseins der Verzeichnung und der Fähigkeit belebte Landschaften aufnehmen zu können, sowie das Kugel-Objectiv, (das Periscop und Orthoscop) dem einfachen Objective wegen der grösseren Bildfläche vorzuziehen sind. Da die Landschaften meist eine sehr lange Expositon im Licht benöthigen und die Bildfläche für diese Art von Photographien nicht sehr gross sein darf, so ist die Tripletlinse im Ganzen für die Reproduction besonders von belebten Landschaften practisch (wenn nicht wissenschaftlich) dem einfachen Objectiv vorzuziehen, selbst dem

matischen und gleichen Meniscen gebildet, deren Entfernung eine derartige ist, dass die äusseren Flächen der Meniscen verlängert, sich zu einer und derselben Kugelfläche vereinigen, daher der Name Kugellinse oder Kugel-Objectiv.

Die Figur zeigt uns, wie das Kugel-Objectiv zusammengestellt ist. Die beiden in einem Ring eingeschlossenen Meniscen sind an den beiden Enden einer Messinghülse befestigt, welche an der nach dem Object gewendeten Seite, mit einem conisch erweiterten, innen geschwärzten Ring versehen sind, auf welchen der Schliessdeckel aufgesteckt wird.

In der Mitte des Objectivs befindet sich das Diaphragma, welches in der Nebenfigur versinnlicht wird, und das aus einer runden Metallscheibe besteht, welche auf einer Seite aus der Fassung hervorsteht und mit runden Oeffnungen versehen ist, die die Diaphragmen bilden. Diese Scheibe lässt sich um ein höher als die Axe liegendes Centrum drehen, und die Mitten der Löcher, welche die Diaphragmen bilden, befinden sich Alle in gleichweiter Entfernung von diesem Centrum. Diese Scheibe dreht sich zwischen zwei runden Platten, die in ihrer Mitte durchbrochen sind; ausserdem wirkt eine Feder auf die Scheibe, indem sich dieselbe in angebrachte Vertiefungen einlegt, so zwar, dass bei jedesmaliger Drehung, sobald das Diaphragma der Objectiv-Axe genau gegenüber angelangt ist, sich dies durch leichtes Einschnappen zu erkennen gibt.

In diesem Objectiv sind die Oeffnungen des Diaphragmas derart ausgeführt, dass von der grössten bis zur kleinsten Expositionsdauer, dem Verhältniss der Zahlen 1, 2, 3, 4, 5 Rechnung getragen ist, d. h. dass das kleinste Diaphragma Nr. 5, also eine fünfmal so lange Expositionszeit beansprucht, als das grösste durch 1 bezeichnete u. s. w.

Das Objectiv wird, wie bei den anderen Constructionen auf einen, an der Vorderseite der Camera, wie gewöhnlich befestigten Ring aufgeschraubt.

Die Fassung des Objectivs wird in drei Theilen, wie aus der Figur ersichtlich, auseinander geschraubt, wodurch es also ermöglicht wird den Theil des Instrumentes, in welchem sich die

Diaphragmen befinden von demjenigen, in welchem die Linsen eingesetzt sind, zu trennen, was durchaus nöthig ist, um die Linsen von Innen reinigen zu können. Die mit der photographischen Optik vertrauten Personen, werden sofort bei Betrachtung der numerischen Angaben, die eigenthümliche Construction der Kugellinsen begreifen. Die Lichtbündel, welche entweder von den in der Axe des Objectivs oder ausserhalb derselben liegenden Objecten ausgehen, treffen die ihnen zugewendete Oberfläche des Meniscus normal, treten aus dem ersten Meniscus heraus, treffen ungefähr unter dem normalen Einfallswinkel die concave Fläche des zweiten Meniscus und treten alsdann aus dem ganzen System aus, indem sie mit der Axe denselben Winkel bilden, als bei dem Eintritt. Daher die vollständige Aufhebung der Verzerrung und die nahezu vollständige Beseitigung der Astigmatismen.

Die Flintglaslinsen dienen hier nur zur Achromatisirung, aber die Wahl der äusseren Fläche des Crownlasses muss eine derartig bestimmte sein, dass die Flintglaslinsen die Bildfläche ebener machen, als wenn man bei Verzichtleistung auf die Aufhebung des chemischen Focus, das Objectiv auf zwei einfache Sammellinsen, deren Krümmungshalbmesser 1412 und 1620 ist, reduciren würde. Der von dem Objectiv umfasste Winkel ist sehr beträchtlich und übersteigt 75° , so dass die Länge der grössten Seite der scharfen Bildfläche grösser ist, als die Focuslänge des Objectivs, dessen Maass durch die Entfernung der Hauptfocusebene zu dem Diaphragma gegeben ist. Die Prüfung einiger Kugel-Objective hat uns bewiesen, dass ein Objectiv von 10 Centimètres Focuslänge eine Bildfläche von 14 c. zu 12 c. überall mit scharfer Zeichnung bedeckt. In dieser Beziehung ist jedoch das Kugel-Objectiv dem Doppel-Objectiv von Ross und dem Periscop von Steinheil untergeordnet, allein es besitzt vor ersterem den Vorzug vollständig frei von Verzeichnung zu sein und bei gleichen Diaphragmen schneller zu arbeiten, über dem zweiten steht es insofern, als es keinen chemischen Focus hat.

Das Kugel-Objectiv würde in vielen Beziehungen für den Photographen ein kostbares Objectiv sein, wenn es eben nicht eine sehr bedeutende sphärische Abweichung besässe. Auch müssen

die Diaphragmen, welche das Instrument trägt, sehr klein sein, (jedoch nicht kleiner, als $f/_{72}$, weil sonst die Erscheinungen der Beugung in dem Bild sichtbar werden würden) nie aber über $f/_{36}$, da sonst das Bild auf seiner ganzen Fläche der Schärfe entbehren würde.

Diese Nothwendigkeit, sehr kleine Diaphragmen anzuwenden, hat nicht nur den Nachtheil das Objectiv zu einem sehr langsam arbeitenden zu machen, obgleich sich diesem Uebel durch eine längere Expositionszeit abhelfen liesse, sondern es zeigt sich ferner noch der unangenehme Umstand, dass Bilder hervorgehoben werden, deren Vordergrund meist zu wenig exponirt, zu schwarz ist, während der Horizont solarisirt erscheint, d. h. in dem sich die Details, in Folge einer zu langen Exponirung vollständig verloren haben; kurz das Bild ermangelt der Brillanz, des Reliefs und besitzt diese Eigenschaften nur in dem Fall, wenn das zu erzeugende Object eine grosse Fläche ohne viel Vordergrund bietet, wie z. B. ein Panorama, eine geographische Karte, oder ein Kupferstich etc. Dieser Fehler ist übrigens allen nicht aplanatischen Objectiven eigen, das einzige, was hierbei eine Ausnahme macht, ist vielleicht das einfache Objectiv und besonders das von Dallmayer, Instrumente deren sphärische Abweichung wesentlich geringer ist als dies bei den Kugel-Objectiven der Fall ist.

Wenn das kleinste Diaphragma angewendet wird, (das von $f/_{72}$) so zeigt das Bild eine ausserordentliche Feinheit, welche derjenigen der aplanatischen Objective nahezu gleichkommt. Ausserdem ist die Focustiefe des Kugel-Objectivs eine so bedeutende, dass alle Objecte, welche in der siebenzigfachen Brennpunkt-Entfernung des Objectives sich befinden, auf dem Einstellglas der Camera vollkommen scharf erscheinen. Ueberdies ist die Grösse des Bildfeldes eine beträchtliche, dem Bilde jedoch mangelt dann besonders jene Brillanz, welche ihm seinen eigentlich künstlerischen Werth gibt.

Die Anwendung dieses Objectivs ist auf die Reproduction von Monumenten, Landschaften und besonders von Landkarten und Kupferstichen beschränkt; da es nur unter der Bedingung

scharfe Bilder liefert, dass sehr kleine Diaphragmen angewendet werden, so könnte es zur Reproduction belebter Landschaften nicht dienen, und ist somit eigentlich in seiner Verwendung, nur auf die Wiedergabe lebloser Gegenstände beschränkt, welche ohne Schwierigkeit eine längere Expositionszeit zulassen. Man muss sich desselben immer mit den kleinsten der vorhandenen Diaphragmas bedienen, um eine grosse Schärfe zugleich mit einem bedeutenden Bildfeld zu erzielen.

Man muss bei Aufnahmen von Landschaften und Monumenten die zu nahen Gegenstände möglichst vermeiden, weil sie sich zu schwarz darstellen würden, ebenso muss man vermeiden, dass die entfernteren Gegenstände, nicht mit dem Himmel zu sehr verschmelzen, wodurch die Details, wie bereits weiter oben gesagt, verloren gehen würden. Es wird niemals möglich sein, dass ein Kugel-Objectiv (noch ein nicht aplanatisches Objectiv, dessen Beschreibung nachfolgt) eine Landschaft oder irgend eine Ansicht mit den Wolken wiedergeben kann; diese Eigenschaften sind nur solchen Instrumenten vorbehalten, deren Diaphragmen höchstens gleich $f/_{20}$ zu $f/_{30}$ sind, wie z. B. die Tripletlinse, das Orthoscop, das neue einfache Objectiv, solche Instrumente sind.

Die Panoramalinse von Sutton. — Die Nothwendigkeit, sich bei diesem Objectiv nur gebogener Platten bedienen zu müssen, wird die Anwendung desselben stets zu einer beschränkten und schwierigen machen, wesshalb wir uns bei der Beschreibung desselben auch nur sehr kurz fassen werden. Die Fig. 66 stellt den Durchschnitt der Linse dar. Zwei Linsen *A* und *B* von sphärischer, concav convexer Krümmung, sind in einen Metallring *E* gefasst, welcher auf einem zweiten flachen Ring *F* aufgeschraubt ist, der an die Camera befestigt wird. — Der hohle Theil *C* wird mit Wasser angefüllt. Die Flächen der Glas-Linsen sind concentrisch, der optische Mittelpunkt der Combination fällt also mit demjenigen der Figur zusammen. Die Achromatisirung wird durch Anwendung der durch die Rechnung bestimmten Krümmungshalbmesser der Glaslinsen erhalten, welche für das Wasser und Glas, dessen Brechungsindex 1.57 ist, das Verhältniss 1:2 ergibt.

Ein derartiges Objectiv besitzt eine bedeutende sphärische Abweichung und eine sehr gekrümmte Bildfläche. Diese beiden Uebelstände hat Sutton auf die folgende Weise aufgehoben. — Wenn man in die Mitte zwischen die beiden Glaslinsen und in gleicher Entfernung von jeder derselben ein Diaphragma mit einer kleinen Oeffnung ($f/30$ bis $f/60$) einschiebt, so wird die sphärische Abweichung vollständig aufgehoben und die Bilder, gewinnen eine grosse Schärfe.

Man wird jedoch leicht begreifen, dass das Einstellglas ungleichmässig beleuchtet sein wird, weil für die zu der Axe parallelen Strahlen das kreisförmige Diaphragma eine grössere Oeffnung zeigen würde, als für die schiefen Strahlen und namentlich für so sehr schiefe Strahlen, als diejenigen, welche die Linse aufzunehmen bestimmt ist. Sutton nimmt nun anstatt eines einzigen Diaphragmas zwei, welche er in gleiche Entfernung von dem Mittelpunkt der Kugel, welche das Objectiv bildet, und von den concaven Flächen der Glas-

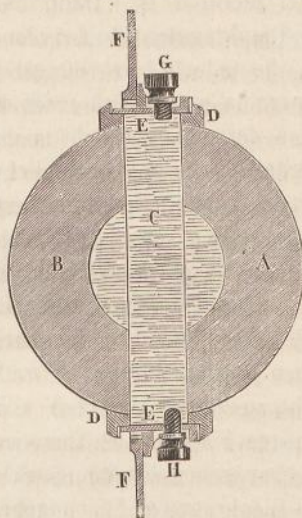


Fig. 66.

linse stellt, und macht deren Oeffnung elliptisch, wobei die grosse Axe derselben in horizontale Richtung gebracht wird, da sein Objectiv dazu bestimmt ist, horizontal einen grossen Winkel zu umfassen, d. h. mit anderen Worten, ein Panorama aufzunehmen. — Es wäre jetzt nur noch der Nachtheil des gekrümmten Bildfeldes in Betracht zu ziehen. Zur Vermeidung desselben macht Sutton die Höhe der Platten niedriger und krümmt dieselben in der horizontalen Richtung. Es folgt hieraus, dass das Einstellglas anstatt eben zu sein, cylindrisch gekrümmt sein muss. Unter diesen Bedingungen verhält sich das erhaltene Bild zu dem Bilde, welches man auf ebener Platte oder einen

stellung eine Regulirung nothwendig macht, jedoch ist diese Regulirung einfach und leicht, weil die Grösse, um welche die Brennpunktebene gegen das Objectiv nach vorn bewegt werden muss, immer ein Bruchtheil der Focusdistanz ist, d. h. $\frac{39}{40}$ oder 975 Tausendstel dieser Entfernung. Ausserdem ist die Focus-tiefe dieses Objectives so beträchtlich, dass ein kleiner Irrthum bei dieser Regulirung, die Schärfe des Bildes durchaus nicht wesentlich beeinträchtigen würde.

Die schief oder parallel zu der Axé einfallenden Lichtbündel, bilden mit der Haupt-Axe denselben Winkel vor dem Eintritt und nach dem Austritt aus dem Objective. Der optische Mittelpunkt des zusammengesetzten Systemes, fällt also mit dem auf der Achse gelegenen Mittelpunkt der Figur zusammen, und ist in gleicher Entfernung von den Linsen, da wo sich das Diaphragma befindet. — Es ist ebenso wie alle symetrischen Doppel-Objective, wie z. B. das Kugel-Objectiv, ganz frei von Verzeichnung ist. — Die Bildfläche der Periscop-Objective ist sehr eben (d. h. das Bild ist nach allen Richtungen des matten Glases vollkommen scharf). Von allen bekannten Objectiven ist dieses dasjenige, welches bei einer gleich grossen Ausdehnung des scharf gezeichneten Bildes den kürzesten Focus hat, da dasselbe bei einem Diaphragma mit einer Oeffnung von $f/60$ zu $f/72$ einen Winkel von 100° umspannt. Dieses Objectiv ist auch dasjenige, welches den kleinsten Durchmesser hat, wie aus nachstehender Tabelle ersichtlich ist, welche uns Herr Steinheil mitgetheilt hat.

Nro.	DURCHMESSER DES OBJECTIVS IN MILLIMÈTRES	FOCUSLÄNGE DES OBJECTIVS IN CENTIMÈTRES	BILDGRÖSSE IN CENTIMÈTRES
1	8,9	7,4	12,2
2	11,2	8,9	17,6
3	18,0	14,4	27,0
4	22,5	17,6	35,2
5	33,8	35,2	56,8
6	56,4	58,7	81,2
7	47,4	40,6	81,2

Hieraus sieht man, dass dieses Objectiv bedeutende Vortheile bietet; betrachten wir nun auch die Nachtheile desselben, welche allen nicht aplanatischen Objectiven gemein sind und es, (das erste ausgenommen) immer sein werden, so ergibt sich folgendes:

Erstens die Nothwendigkeit, jedesmal die Einstellung, in Folge des chemischen Focus des Objectivs abändern zu müssen, zweitens: die nothwendige Anwendung von sehr kleinen Diaphragmen, deren Oeffnung zwischen $f/40$ und $f/72$ liegt, mit der grössten derselben $f/40$ ist die Bildfläche viel weniger eben und das Bild weniger scharf als mit der zweiten $f/72$. Jedenfalls ist jedoch in dieser Beziehung das Periscop dem Kugel-Objectiv überlegen, indem seine sphärische Abweichung eine wesentlich geringere ist.

Allein die gezwungene Anwendung dieser kleinen Diaphragmen verursacht, dass die Bilder matt werden und nicht die Kraft besitzen, welche nur durch grosse Diaphragmen erzielt werden kann. — Der Leser kann übrigens das Nähere was wir bezüglich dieses Gegenstandes gesagt haben, Seite 198 nach-

schlagen. Das Periscop ist nicht so frei von der Astigmatismen wie das Kugel-Objectiv, besonders wenn man die schiefsten Lichtbündel betrachtet, jedoch ist dieselbe nur wenig bemerkbar.

Dieses Objectiv besitzt also viele von den Eigenschaften des Kugelobjectives, allein es wird niemals allgemein in Gebrauch kommen, da es zu kleine Diaphragmen erfordert. Man kann indessen bezüglich dieser Objective, die Vorrede dieses Buches lesen, in der wir unsere Gründe gegen die Anwendung der nicht aplanatischen Objective entwickeln.

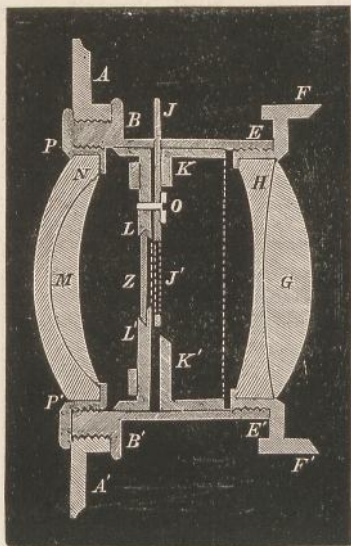


Fig. 68.

Das Doppel-Objectiv von Thomas Ross. Dieses Instrument, von welchem wir Fig. 68 die Zeichnung geben, (genau die natürliche Grösse des Modelles, mit 110 mill. Focuslänge darstellend) wird aus zwei achromatischen Menisken NM und HG zusammengesetzt (die Fläche G nach dem zu reproducirenden Object gewendet). Jeder dieser beiden Menisken kann einzeln als einfaches Objectiv angewendet werden. Die beiden Objective sind in Ringe gefasst, welche an eine Röhre BB' und EE' geschraubt werden; diese Röhre endigt gegen den zu reproducirenden Gegenstand durch eine breitere Röhre FF' , an welche der Verschlussdeckel sich anpasst. Die Röhre lässt sich in den Ring AA' einschrauben, welche an die Camera befestigt wird. Die Diaphragmen, deren grösste Oeffnung $f/_{15}$ und deren kleinste $f/_{45}$ ist, sind stufenweise und derartig, wie die des Kugel-Objectivs construiert; ausserdem ist noch ein Schieber Z angebracht, welcher gestattet das Objectiv unabhängig vom Deckel zu öffnen oder zu schliessen.

Dieses Instrument ist dem Kugel-Objectiv wegen seiner geringeren sphärischen Abweichung vorzuziehen, was die Anwendung von grösseren Diaphragmen gestattet. Es umspannt einen Winkel von 80° und ist fast ganz frei von der Verzerrung, aber auch ihm sind dieselben Nachtheile, wie dem Kugel-Objectiv und dem Periscop eigen, nämlich die gezwungene Anwendung von zu kleinen Diaphragmen, worüber wir uns bereits in der Vorrede dieses Werkes und Seite 198 ausgesprochen haben.

Dieses Objectiv ist, wie das Kugel-Objectiv und das Periscop, vorzüglich zur Reproduction von leblosen Gegenständen und besonders von Monumenten, welche sehr nahe liegen, geeignet. — Dasselbe liefert Bilder von einer ausserordentlichen Schärfe und besitzt ausserdem eine grosse Focustiefe, Eigenschaften, welche dasselbe den besten, nicht aplanatischen Objectiven anreihen.

Abtheilung II. — *Die aplanatischen Objective.*

Das Orthoscop. — Dieses Objectiv ist von Petzval in Wien erfunden und basirt auf höchst sinnreichen Berechnungen. Die neben-

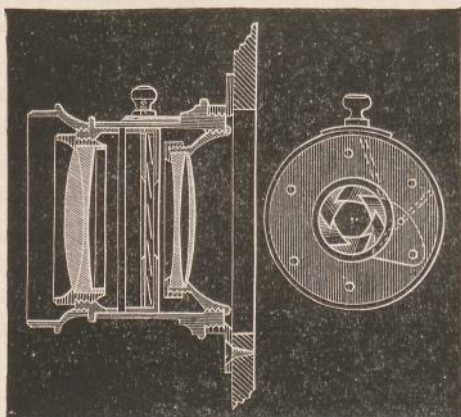


Fig. 69.

stehende Figur stellt dasselbe in der von Harrison & Schnitzer in New-York construirten Form dar. — Das Objectiv besteht aus einem achromatischen Meniscus, dessen convexe Fläche nach dem zu reproducirenden Object gerichtet ist. Dieser Meniscus ist nicht vollständig von sphärischer, wohl aber

gänzlich von chromatischer Abweichung frei, und würde allein, in der hier dargestellten Lage angewendet, ein im Mittelpunkt der Focusfläche wenig scharfes Bild geben, dessen Ränder unbedingt vollständig verschwommen sein würden. — Hinter dieser Linse jedoch und in einer gewissen Entfernung befindet sich noch ein zweiter Meniscus und zwar ein Zerstreungsmeniscus, welcher den Zweck hat, erstens die sphärische Abweichung des ganzen Systemes zu corrigiren und zweitens die Focus-Distanz der zur Axe schiefen Strahlenkegel zu verlängern, (so dass das Bildfeld eben wird, wie wir es Seite (101) erklärt haben.

Der zweite Meniscus wird aus zwei einfachen Linsen gebildet, welche zusammen achromatisch sind, die erste Linse als diejenige, welche dem vorderen Meniscus zugewendet ist, ist biconcav und aus Flintglas, die zweite ist ein Sammel-Meniscus aus Crownglas.

Die Oeffnung des orthoscopischen Objectivs beträgt ungefähr $f/8$. Dasselbe kann mit seiner ganzen Oeffnung angewendet werden und ist in diesem Falle von einer sehr schnellen Wirkung, aber die Grösse des scharfen Bildes beträgt dann nicht mehr die Hälfte seiner Focuslänge. Zwischen den beiden Linsen befindet sich ein Diaphragma, welches aus sensenförmigen und wie Ziegel aufeinanderliegenden Messingplatten gebildet wird, welche gestatten, die Oeffnung bis zu $f/30$ zu vermindern. Mit dieser letzteren Oeffnung gewinnt das scharfe Bild bedeutend an Ausdehnung und wird der Focuslänge des angewendeten Objectives gleich. — Mit dieser Diaphragma-Oeffnung $f/30$ ist die Focustiefe des Objectivs sehr beträchtlich und das Bild zugleich sehr brilliant, weil dieses Diaphragma im Vergleich zu denen, welche für das Kugel-Objectiv und andere nicht aplanatische, angewendet werden, noch sehr gross ist.

Kurz das orthoscopische Objectiv besitzt alle Vorzüge der Tripletlinse, von welcher wir später sprechen werden, ausgenommen die Aufhebung der Verzeichnung. In der That das orthoscopische Objectiv stellt die Fig. 55 durch Fig. 57 dar, und könnte somit zur Reproduction von Monumenten, Gravirungen etc. nicht verwendet werden, was um so bedauerlicher ist, als es sonst höchst wesentliche Eigenschaften besitzt.

Das Doppel-Objectiv für Portraits. — Dieses Objectiv ist durch Petzval in Wien erfunden und durch diesen tüchtigen Gelehrten in einer Denkschrift beschrieben worden, welche derselbe der Academie der Wissenschaften in Wien übergeben hat und die von dem mathematischen Gesichtspunkt aus ein Meisterwerk ist, wovon wir jedoch leider keine Analyse geben können, einerseits weil der Raum, über den wir verfügen, ein beschränkter, und ausserdem andererseits, weil diese Analyse dem Leserkreis, für welchen dies Werk bestimmt ist, nicht entsprechen würde.

Mehrere Optiker haben die Ehre der Erfindung des Doppel-Objectivs Herrn Petzval streitig gemacht, sich darauf stützend, dass sie bereits lange vor der Veröffentlichung der Denkschrift desselben, Objective mit zwei Linsen construiert hätten, diese

Objective hatten jedoch durchaus nichts, mit dem heute allgemein angenommenen System, Uebereinstimmendes, waren bedeutend schlechter und liesen nur eine Oeffnung von $f/10$ zu, dieselben gleichen sehr der Fig. 46, aber der vordere Meniscus war kleiner. — Diese Anfeindungen haben somit durchaus keinen wissenschaftlichen Werth und sind deshalb auch ganz in Vergessenheit gerathen.

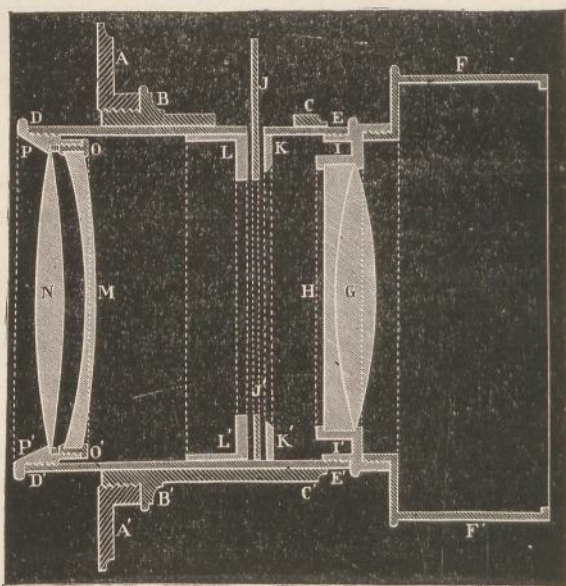


Fig. 70.

Durchmesser der vorderen Combination		2977
Crownglas bi-convex	$\left. \begin{array}{l} +R \\ +R' \end{array} \right\}$	$\begin{array}{l} 5585 \\ 3701 \end{array}$
Flintglas bi-concav	$\left. \begin{array}{l} -R'' \\ -R''' \end{array} \right\}$	$\begin{array}{l} 3701 \\ 102,662 \end{array}$
Durchmesser der hinteren Combination		3517
Flintglas-Meniscus divergirend	$\left. \begin{array}{l} +R \\ -R' \end{array} \right\}$	$\begin{array}{l} 13030 \\ 5844 \end{array}$
Crownglas bi-convex	$\left. \begin{array}{l} +R'' \\ +R''' \end{array} \right\}$	$\begin{array}{l} 10195 \\ 10195 \end{array}$
Entfernung der beiden Combinationen		2424
Absolute Focuslänge		10,000
Ganze Objectiv-Oeffnung $f/25$		=2500
Oeffnung des kleinsten Diaphragmas $f/25$		= 400

Die Fig. 70 stellt die natürliche Grösse des Doppel-Objectivs von Petzval, construirt von Dallmayer, unter dem Namen Schnellarbeiter für Stereoscop-Aufnahmen vor und beträgt dessen Focuslänge 4,62 englische Zoll. Dieses Objectiv vereinigt nebst der grössten Vollkommenheit die grösstmögliche Oeffnung ($=f/4$). Nachstehend die numerischen Daten, wobei die Beschaffenheit des Glases ganz dieselbe ist als die, welche wir bei dem einfachen Objectiv Seite 126 beschrieben haben*).

Dieses Objectiv ist zusammengesetzt:

1. Aus einem achromatischen Meniscus HG (fast planconvex), dessen convexe Fläche nach dem zu reproducirenden Gegenstand gerichtet ist. Derselbe ist in einem Ring H gefasst und an eine Röhre $DEE'D$ angeschraubt, welche die grössere Röhre FF' aufnimmt, die mit einem Deckel aus Messing oder aus Pappe geschlossen wird.

2. Aus einer bi-convexen Combination NM , welche durch einen Zerstreuungs-Meniscus M aus Flintglas gebildet wird, welcher in einer bestimmten Entfernung von einer bi-convexen Crown Glaslinse N angebracht ist. Das Flintglas ist in einen Ring OO gefasst, der sich in einen andern, das Crown Glas enthaltenden Ring PP' einschrauben lässt. Ein anderer Ring trennt die beiden Linsen in der durch die Berechnung festgestellten Entfernung. Diese Linsen-Combination wird an der hinteren Seite der Fassung $DEE'D$ angebracht. Die Figur, welche mit einer grossen Genauigkeit gezeichnet ist, zeigt die Construction der einzelnen Details.

LL' und KK' sind zwei Scheiben, zwischen welche die Diaphragmen eingeschoben werden, die Oeffnung dieser letzteren nimmt stufenweise derart zu, dass wenn man die nöthige

*) Im Nachstehenden liefern wir die Brechungsindices der optischen Gläser von Chance in Birmingham, welche die englischen Optiker anwenden.

	Nr.	1,	2,48	1,50	0,039
Dichte. Brechungsindex. Zerstreuungskraft.					
Crown Glas	"	2,	2,51	1,52	0,04
Leichtes Flintglas	"	1,	3,2	1,57	0,0475
Schweres "	"	2,	3,64	1,62	0,055
Sehr schweres Flintglas	"	3,	5,84	1,64	0,059

Expositionszeit für eine von beiden kennt, man diejenige für die anderen, durch eine einfache Multiplication findet.

Versuchen wir es im Nachstehenden einen Begriff der Theorie des Petzval'schen Objectivs zu geben. Zu diesem Behufe nehmen wir die hintere Combination des Objectives (welche der Visirscheibe zugewendet ist) aus diesem heraus. Die vordere Combination, deren Form nahezu plan-convex ist, ist ungefähr frei von sphärischer und chromatischer Abweichung und das Bild welches diese Linse von Gegenständen gibt, welche in der Axe oder sehr nahe an derselben liegen, wird also sehr scharf sein, jedoch von einer nur geringen Ausdehnung in Bezug zur Focuslänge, aber dafür sehr brilliant. Für die ausserhalb der Hauptaxe gelegenen Objecte wird das Bild in Folge des sehr gekrümmten Feldes vollständig verschwommen sein*).

Die hintere Combination (*NM* Fig. 70) muss somit folgende Bedingungen erfüllen:

1. Die sphärische Abweichung (positiv oder negativ) welche die vordere Combination besitzen kann, aufzuheben, und selbst vollständig von der chromatischen Abweichung frei zu sein.

2. Die Focuslänge der aus der Vorderlinse heraustretenden schief zu der Axe stehenden Lichtbündel zu verlängern, indem die Astigmatismen auf den möglichst geringen Grad reducirt wird.

Nachdem die Vorderlinse *HG* willkürlich, dabei jedoch so vollständig als möglich, frei von sphärischer und chromatischer

*) Umgedreht und mit einem Diaphragma versehen, gibt die Linse ein weniger brillantes, aber auf einer grösseren Fläche des Einstellglases scharfes Bild. Wir würden alsdann das einfache ursprüngliche Objectiv haben, wie es 120 beschrieben ist. Aus diesem Grund empfehlen viele Optiker ihre Objectives, als gleichzeitig sowohl für Porträts als auch Landschaften verwendbar, indem sie nämlich die Linse *HG* (Fig. 70) an die Stelle der Linse *NM* setzen, und wozu es einfach genügt den Ring *PP'* loszuschrauben und durch den Ring *EE'* zu ersetzen, die Linse *HG* würde alsdann ihre ebene oder concave Fläche dem Objecte zuwenden.

Wie wir in dem Capitel vom einfachen Objectiv gesehen haben, würde dieses System jedoch niemals gut sein können, weil die Vorderseite des Doppel-Objectivs von Petzval nicht die Form hat, welche ein gutes einfaches Objectiv besitzen muss.

Abweichung angenommen wurde, wird die rückwärtige Combination NM nach den Formeln des Professor Petzval berechnet.

Wenn das zusammengesetzte System nicht frei von einem chemischen Focus ist, so ersetzt man die ebene Fläche der vorderen Combination durch eine andere Fläche, wie wir dies bei dem einfachen Objectiv Seite 121 angegeben haben, und entfernt oder nähert unter sich die beiden Linsen N und M in einer Weise, dass die sphärische Abweichung, entstehend aus der vorhergehenden Operation der Zerstörung des chemischen Focus nämlich, aufgehoben wird.

Wenn man dies nicht thut, kann das ganze Objectiv eine sphärische Abweichung besitzen, welche jene bestimmte Schärfe des Bildes verhindert, die von einem guten Objectiv gefordert wird. In jedem Fall ist es nöthig, dass zunächst die Berechnung sehr annähernd, die auf das Objectiv bezüglichen Daten feststellt, da die vorerwähnten Verbesserungen nur in einem sehr begrenzten Maasse zulässig sind.

Die zweite Bedingung ist viel schwieriger zu erfüllen. — Die negative Linse der hinteren Combination, welche durch ihre Form eines Meniscus, dessen convexe Seite gegen die vordere Combination gewendet ist, veranlasst, dass die Bildfläche der ganzen Combination eine ebene wird, um jedoch dies zu erklären, würden wir mehrere Seiten zu einer Berechnung beanspruchen müssen, die sich ohnedem in der erwähnten Petzval'schen Denkschrift aufgezeichnet findet.

Gewöhnlich ist die Vorderlinse (welche dem Object gegenüber liegt) etwas kleiner als die Hinterlinse, oder, wenn man dieselben gleich macht, auf einen Theil ihrer Oberfläche durch einen Blending reducirt, was eine Gleichmässigkeit der Lichtintensität des Bildes auf einer Brennpunktebene von bestimmter Ausdehnung zur Folge hat. — Wenn nämlich A und B (Fig. 6 Pl. I) die Linsen eines Doppel-Objectivs sind, dessen Hauptaxe HG mit der schiefen Axe IJ eines Lichtbündels RR' der einfallenden Strahlen einen kleinen Winkel $GBI = a$ bildet, so dass der gebrochene Strahl be den höheren Theil e der Linse A trifft, so ist es klar, dass wenn dieser Winkel a zunimmt,

das Bild, dessen Lichtintensität auf der Focusebene HJ gleich war, dies nicht mehr sein wird, weil der Strahl be , welcher aus der Vorderlinse B austritt, nicht mehr die zweite Linse A , sondern die Fassung CD treffen wird.

Um eine grosse Lichtgleichmässigkeit auf einer Brennpunktebene von 30° Ausdehnung (der Winkel α hätte dann folgerichtig 15°) herbeizuführen, müsste man den Durchmesser der Linse A entweder vergrössern, oder in MM' *) ein Diaphragma einsetzen, welches die Ausbreitung des Bündels der schief einfallenden Strahlen beschränkt. — Diese letzte Art ist der ersteren vorzuziehen, weil es höchst unzuweckmässig ist, den Durchmesser der Linse A zu vergrössern, und zwar besteht diese Unzuweckmässigkeit hauptsächlich in dem grossen Einfluss, welchen alsdann die sphärische Abweichung für die zur Achse schiefen Strahlen, und die Astigmatismen nehmen, was sich in dem Bilde durch die Verdickung der Linien, (seien es horizontale oder vertikale, je nach der Stellung des matten Glases) des zu reproducirenden Gegenstandes erkennen lässt.

Die Bildfläche des Doppel-Objectives ist gewöhnlich bei ganzer Oeffnung ziemlich gekrümmt, man würde sie leicht eben machen können, wenn man den Durchmesser der hinteren Linse A in der angegebenen Weise vergrössern wollte. Es ist vorzuziehen das Bild durch die Anwendung eines Diaphragma's eben zu machen (d. h. das Bild sowohl in der Mitte, als nach den Rändern hin scharf zu machen) und die Schnelligkeit der Wirkung durch den chemischen Process, an der lichtempfindlichen Schichte, zu erzielen.

Das Doppel-Objectiv ist für Porträts bestimmt, weil es von allen bisher construirten Instrumenten am schnellsten arbeitet. Mit einem grossen Diaphragma ($f/5$ oder $f/6$ versehen, bedeckt es nur eine kleine Fläche der Focusebene $f/3$ vollständig scharf; hingegen mit einem kleineren Diaphragma, $f/10$ z. B., vermehrt sich die Ausdehnung des Bildes bedeutend, und wird $f/2$ zu $2f/3$. Bei einem Diaphragma $f/20$ endlich, wird die Ausbreitung des Bildes $= f$.

*) Die Blende MM' fehlt in der Figur Taf. I, Fig. 6.

Die Focustiefe des Doppel-Objectives ist eine sehr schwache, besonders, wenn man ihm seine ganze Oeffnung lässt, auch kann man diese Eigenschaft nur unter der Bedingung erzielen, dass man sich eines Objectives mit sehr kurzem Focus und kleinen Diaphragmen versehen, bedient, welche die Oeffnung auf $f/6$ zu $f/10$ für die Porträts und auf $f/10$ zu $f/20$ für Gruppen, $f/20$ zu $f/30$ für Landschaften und Monumente beschränken.

Das Doppel-Objectiv ist ungefähr frei von Verzeichnung, jedoch unter der Bedingung, dass das Diaphragma, welches sich in demselben befindet, zwischen den beiden Linsen, wie wir es in Fig. 70 dargestellt, angebracht sei, aber ehemals befand sich das Diaphragma (und ist es noch immer bei einigen in ihrer Kunst zurückgebliebenen Optikern) vor dem Objective. Die Verzeichnung des Bildes findet alsdann ganz wie bei dem einfachen Objectiv statt.

Die Tripletlinse. — Wir haben von diesem bemerkenswerthen Instrument schon mehrmals gesprochen, unter andern auch auf Seite: 101, 107, 129 etc.

Die Tripletlinse, welche wir hier beschreiben, ist von Dallmeyer construiert, der überhaupt als Erfinder dieses Objectivs betrachtet werden kann. Die Fig. 71 stellt sehr genau das Modell von 7 engl. Zoll Focuslänge dar. Dort folgen die numerischen Angaben dieses System's, das angewandte Glas ist von Chance, in Birmingham, und bezüglich des Brechungs-Indexes und Zerstreuungs-Vermögens dem des einfachen Objectivs gleich, welches wir Seite 126 beschrieben. (Siehe ausserdem die Anmerkung Seite 143).

Die Construction der Tripletlinse ist sehr leicht aus der Figur erkenntlich; übrigens folgt hier die Beschreibung:

GH, *IQ*, *JK* sind achromatische Menisken, welche je zwei zusammen eine einzige Linse bilden; indem jede von ihnen aus zwei unter sich, mit ihren gemeinschaftlichen Flächen aneinander gekitteten Linsen, besteht. Die erste und letzte sind Sammellinsen, die mittlere ist eine Zerstreuungslinse. Diese drei Linsen sind in eine Röhre *CFED* gefasst, und *DE* kann mit einem Deckel von Carton geschlossen werden. Diese Röhre schraubt sich in einen Ring, *AA'*, der an der Camera befestigt wird.

Die Diaphragmen L sind von zunehmender Grösse und lassen sich zwischen zwei Scheiben mm' nn' einschieben.

Wenn man dieses Instrument für Landschaften oder für Reproduktionen in natürlicher Grösse anwenden will, so muss die Combination JK (die kleinere) nach der Seite des Objectes gewendet sein, und die Combination GH (die grösste) nach dem Einstellglas der Camera; will man hingegen sich desselben zur Vergrösserung bedienen, so muss die Combination umgekehrt und nach der anderen Seite gedreht werden, so dass GH das Object betrachtet, und JK die Cassette oder die empfindliche Platte in der Camera. — Für Gruppen und Augenblicksaufnahmen muss man die grösste Oeffnung anwenden, um die höchste Schnelligkeit zu erreichen.

Für die Landschaften und Reproduktionen jedoch, bei denen es auf die längere Exponirungsdauer nicht ankommt, kann man kleinere Diaphragmen anwenden, (dies ist auch der Grund, weshalb man die Tripletlinse, gewöhnlich dem Kugel-Objectiv vorzieht,) indem man sich erinnern wird, dass man die s. g. Focustiefe nur durch die Anwendung sehr kleiner Diaphragmen wirklich erhalten kann.

Wenn man es will, so lässt sich die Combination JQ wegnehmen, indem man zunächst die Combination GH abschraubt. Wenn man die Combinationen GH und JK allein anwendet, so wird die Brennweite um die Hälfte verkürzt und die Geschwindigkeit der photogenischen Wirkung in Folge dessen, im Verhältniss gefördert; aber, obgleich in diesem Falle das System achromatisch ist, so erscheint die Bildfläche doch sehr gekrümmt, und der Apparat könnte somit, nur in einzelnen speciellen Fällen, als Porträt-Objectiv angewendet werden. — Wenn es sich darum handelt, Porträt-Aufnahmen im Freien, von Gruppen oder Reproduktionen zu machen, so ist es nöthig, die drei Combinationen wie in der Figur angegeben, anzuwenden.

Die Vortheile und Nachtheile der Tripletlinse von Dallmeyer sind folgende:

1. Bei gleicher Focustiefe bedeckt dieselbe scharf einen viel grösseren Focusplan, als das gewöhnliche einfache Objectiv,

jedoch einen kleineren, als das neue einfache Objectiv desselben Optikers, und besonders als das Doppel-Objectiv von Ross und das Periscop von Steinheil. —

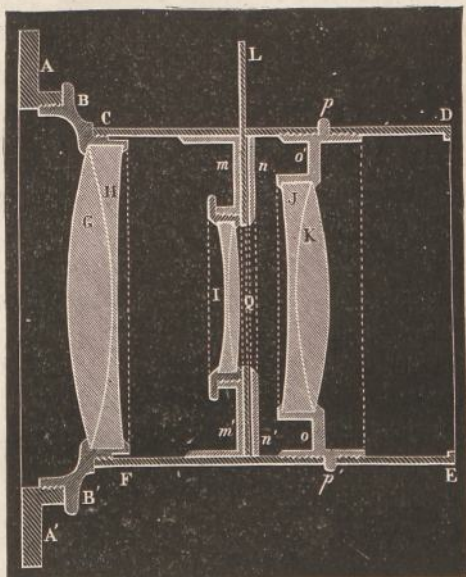


Fig. 71.

Durchmesser der Vorderlinse JK		1714
Crownglas bi-convex	{ +R	3128
	{ +R	2386
Flintglas bi-concav	{ -R	2386
	{ -R	20228
Durchmesser der negativen Combination IQ.		1071
Flintglas bi-convex	{ +R	14200
	{ +R	4528
	{ -R	4528
Crownglas bi-concav	{ -R	3200
	{ -R	2286
Durchmesser der Combination HG		30300
Flintglas bi-concav	{ -R	3557
	{ -R	3557
	{ +R	3557
Crownglas bi-convex	{ +R	4728
	{ +K	1257
Entfernung der Linsen HG, JH		10000
Focusslänge des Systems		1000
Grösste Diaphragma-Oeffnung	$f/10 =$	333
Kleinste	" " $f/30 =$	

2. Es ist bei Innehaltung gewisser Grenzen der Erfahrung frei von Verzeichnung, aber nicht von Astigmatism, wie die Kugellinse.

3. Die Tripletlinse ist nach der Richtung der Achse frei von sphärischer Abweichung, was für die Reproduction von belebten Landschaften, Porträts und Gruppen im Freien etc. von grosser Wichtigkeit ist. In dieser Beziehung steht es über dem Orthoscop, und besonders über dem gewöhnlichen Doppel-Objectiv, dessen Focustiefe bei gleicher Oeffnung viel geringer ist, als die der Tripletlinse. —

4. Mit einem Diaphragma von einem Dreissigstel der Focuslänge deckt es scharf eine Bildfläche, deren grösste Seite der Brennweite gleich ist, und diese Diaphragma-Oeffnung ist genügend, um sehr schöne brillante Bilder zu geben. Muss man in Folge eines ungenügenden Lichtes oder aus einem andern Grund den Durchmesser des Diaphragma vergrössern, so vermindert sich die Schärfe des Bildes nicht, sondern nur die Grösse der Fläche des scharfen Bildes. Dieser Vortheil ist ein in der Praxis so wesentlicher, dass dadurch die Tripletlinse unter den jetzt bekannten Objectiven, zu einem der unentbehrlichsten gemacht wird. Die Anwendung derselben ist somit eine sehr ausgebreitete.

KAPITEL VII.

VON DER ANWENDUNG DER PHOTOGRAPHISCHEN OBJECTIVE.

In diesem Kapitel, wollen wir die Anwendungsweise der Objective für die verschiedenen Zweige der Photographie beschreiben, nämlich: Das Porträt, die Aufnahme von Landschaften, Monumenten, Reproductionen von geographischen Karten, Gemälden und Photographien etc.

Die gemeinschaftlichen Vorschriften für alle diese Verfahrensweisen sind: das Einstellen; die je nach dem Durchmesser des Diaphragma's verschiedene Expositionsdauer; die vorhergehende Prüfung der Stellung des matten Glases der Camera, und die Prüfung des Objectives, auf etwa vorhandenen chemischen Focus.

Wir beobachten hierbei die natürliche Reihenfolge der Manipulationen.

Die Camera. — Die Camera, deren sich die Photographen bedienen, ist derart bekannt, dass jede weitere Beschreibung überflüssig ist, wir machen deshalb den Leser nur auf einige Hauptpunkte aufmerksam.

1. Das mattgeschliffene Einstellglas, muss von feinstem Korn sein, und sogar mit etwas Oel gerieben werden, um eine möglichst genaue Einstellung zu gestatten.

2. Muss man, ehe man sich einer Camera bedient, sich überzeugen, ob das Einstellglas und das Cassettenglas genau denselben Platz einnehmen, und zu diesem Zweck mit einem Lineal ihre Entfernung nach dem Messingring des auf dem Vordertheil der Camera befestigten Objectivs messen.

3. Das Objectiv muss auf einem Brettchen, welches zwischen zwei auf dem Vordertheil der Camera verticalen, falzartigen Leisten beweglich ist, befestigt sein, was zur Aufnahme von Landschaften und Monumenten unerlässlich ist.

4. Auf keinen Fall darf die Ebene des Einstellglases zur Achse des Objectivs geneigt werden können, wie man dies bei einigen Porträt-Camera's eingeführt hat. *)

Das Einstellen. — Einstellen heisst so viel, als das Bild auf dem matten Glase der Camera, so scharf als möglich zu fixiren. Wenn das Objectiv ein kleines Diaphragma und eine grosse Brennweite hat, so ist das sehr leicht, hat aber das Objectiv bei einer kurzen Brennweite eine grosse Oeffnung, so ist das bedeutend schwieriger, weil alsdann die geringste Verrückung des Einstellglases, die Schärfe des Bildes beeinträchtigt, was seinen Grund in dem auf Seite 91 Gesagten findet.

Um haarscharf einzustellen, ist es gut, sich einer Loupe zu bedienen, wie jene, die in Fig. 72 dargestellt ist. Dieselbe ist aus zwei plan-convexen Linsen, *a* und *b* zusammengesetzt,

*) In unserem Allgemeinen Handbuch der Photographie, haben wir das Gegentheil behauptet, aber sehr sorgfältige Untersuchungen haben ergeben, dass wir uns im Irrthum befunden.

deren convexe Flächen einander zugewendet sind, und welche an beiden Enden der Röhre oder des Cylinders *C* befestigt sind. *C* gleitet mit sanfter Reibung in der Röhre *B* vor- und rück-

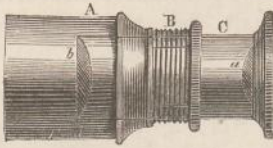


Fig. 72.

wärts, welche durch einen Schraubenumgang sich wieder in eine noch weitere Röhre *A* einschiebt.

Bei [der Einstellung wird *A* auf jenen Theil des Einstellglases angelegt, wo man das Bild zu betrachten wünscht.

Man richtet zunächst die Loupe für sein Auge, indem man den Cylinder *C* in *B* schiebt, und befestigt dann die Stellung dadurch, dass man *B* in *A* durch eine Schraubenumdrehung feststellt, doch muss man Sorge tragen, dass Niemand die Loupe mehr berühre, denn da Jedermann sie erst nach seinem Auge richten muss, so könnte man bezüglich des Einstellens einen argen Fehler herbeiführen, besonders wenn das matte Glas mit Oel angerieben, und sehr feinkörnig ist.

Wenn die Camera mit dem Objectiv gegen das zu reproducirende Object gewendet ist, so wähle man in diesem letzten einen vollständig scharfen Punkt, welcher ungefähr in die Mitte des Einstellglases fällt, und einen andern, der nahe am Rande so viel als möglich, in einer mittleren Ebene liegt, d. h., welcher zwischen dem Vorder- und Hintergrund befindlich ist. Man untersucht das Bild auf dem matten Glas, indem man ein schwarzes Tuch über den Kopf wirft, das zugleich den Oberkörper und die Camera, mit Ausnahme des Objectives einhüllt.

Indem man die Visirscheibe vor- oder rückwärts schiebt, und mit der Loupe das Bild des Mittelpunktes untersucht, kann man demselben leicht die möglichste Schärfe geben.

Untersucht man alsdann den Punkt des Randes der Visirscheibe, so wird man sehen, ob dieser in dem Bilde scharf ist; gewöhnlich ist er es nicht, die zwischen liegenden Punkte werden hingegen desto schärfer, je mehr sie sich dem Centrum nähern. Man befestigt die Visirscheibe nach der Einstellung immer mit einer Klemmschraube.

Wenn das Objectiv aplanatisch ist, (siehe Seite 79) so kann man das Bild mit einem grossen Diaphragma einstellen, das Bild erscheint alsdann sichtbarer; aber um einzustellen, muss man dazu ein bestimmtes, nahe am Centrum des Einstellglases gelegenes Object wählen, welches sich in mittlerer Entfernung von der Camera befindet. Man ersetzt alsdann das grosse Diaphragma durch ein anderes mit kleinerer Oeffnung, welches die Schärfe über eine um so grössere Fläche der Visirscheibe ausbreitet, als das Diaphragma kleiner ist. Bei den nicht aplanatischen Objectiven jedoch, muss man sich eines der kleinsten Diaphragmen bedienen, um scharf einstellen zu können.

Dies ist leicht begreiflich, wenn man sich erinnert, dass was immer für ein in dem zu reproducirenden Object gewählter Punkt, den Scheitelpunkt oder die Spitze des Lichtbüschels bildet, dessen Basis die Objectiv-Oeffnung und dessen Focus-ebene der Punkt des Zusammentreffens aller Strahlen ist. — Der Durchmesser des Objectivs, übt nicht den mindesten Einfluss auf diesen Punkt des Zusammentreffens aus, wenn das Objectiv aplanatisch ist; das Objectiv muss ihn also mit oder ohne Diaphragma, mit derselben Schärfe erzeugen.

Die Anwendung eines Diaphragma's verursacht also nur die Vertheilung der Schärfe des Bildes auf einer grösseren Oberfläche, indem es die Focustiefe vermehrt.

Wenn man das Objectiv mit einem sehr kleinen Diaphragma versieht, so ist es nicht der Platz des Einstellglases allein, von welchem die grösst mögliche Schärfe des Bildes abhängig ist, (siehe Seite 91); daher die Schwierigkeit, mit derartigen Objectiven einzustellen, welche bei den aplanatischen nicht vorkommt, indem man dieselben vorher mit einem grossen Diaphragma versieht, welches dem Bild zunächst mehr Helligkeit verleiht und die Schärfe auf bestimmte Punkte beschränkt, welche Schärfe sich nach der Ersetzung des grossen Diaphragma's auf das kleinere überträgt.

Berechnung der Expositions-Dauer. — Die Expositions-Dauer ist von grösstem Einfluss auf den künstlerischen Werth eines photographischen Bildes. Eine zu lange Exposition, gibt

matte Bilder, eine zu geringe hingegen harte Bilder, eine genaue Expositionszeit aber, gibt brillante Abdrücke mit gleichmässig gefärbtem Himmel durchgebildete Schatten etc. — Herr Leon Vidal in Marseille hat hierüber ein kleines Werkchen geschrieben, betitelt: „Berechnung der Expositionszeit“, welches wegen seiner merkwürdigen Genauigkeit vollste Berücksichtigung verdient. — Wir geben hier nur einen kurzen Auszug.

Folgende Ursachen führen eine Schwankung der Expositionszeit herbei:

1. die Intensität des Lichtes im Augenblick der Aufnahme; 2. die Empfindlichkeit der, der Lichteinwirkung ausgesetzten Schichte;
3. das grössere oder geringere Reflexions-Vermögen des aufzunehmenden Gegenstandes; 4. das Verhältniss des Diaphragma-Durchmessers, zu der Focuslänge des angewendeten Objectivs.

Herr Vidal misst die Intensität des Lichtes, indem er ein gewöhnlich albuminirtes Papier während einer Minute dem Tageslicht aussetzt (im Schatten), dann vergleicht er dasselbe mit einer Scala von 10 verschieden gedruckten Farbenabstufungen, von denen er diejenige wählt, deren Farbe sich der Farbe des Papiers am meisten nähert, und die der Scala entsprechende Zahl, gibt ein Element für die Berechnung der Expositionszeit ab.

Die Empfindlichkeit der, der Einwirkung unterzogenen, empfindlichen, präparirten, photographischen Schichten, stehen in dem folgenden Verhältniss:

Trockenes Collodium mit Tannin 3, nasses Collodium 24. Albuminirtes 1, woraus sich also ergibt, dass das nasse Collodium 8 mal so schnell arbeitet, als das trockene Collodium mit Tannin.

Das Reflexions-Vermögen lässt sich bei einiger Praxis schätzen, man muss jedoch dasselbe nur in ausnahmsweisen Fällen berücksichtigen, wie z. B. bei der Reproduction von Landschaften, wo das Grün allein vorherrschend ist, bei Gemälden, in denen hauptsächlich das Roth, das Gelb, das Grün besonders vorherrschen.

Als vierten und wichtigsten Punkt gibt Herr Vidal an, dass bis auf einen kleinen Bruchtheil alle Objective gleich schnell

arbeiten, wenn das Verhältniss zwischen der Oeffnung des Diaphragma's und der Focuslänge dasselbe ist. Alle Objective, deren Diaphragma gleich $f/30$ ist, geben also dieselbe Intensität des Bildes, wie gross immer auch f (Focus-Entfernung) sein mag, was auch mit der Erfahrung übereinstimmt.

Nur drückt Herr Vidal f in einer Zahlen-Tabelle von 10 zu 90 Centim. aus und nimmt dabei veränderliche Diaphragma-Oeffnungen an, so dass seine Tabellen eine Länge erreichen, die sie nicht erlangt haben würden, wenn man das Verhältniss zwischen der Diaphragma-Oeffnung und f angenommen hätte. Seine Tabellen sind jedoch dadurch praktischer, denn in unserem Systeme (und dies wäre ein Fortschritt, den jeder Optiker zu realisiren suchen sollte) müsste der Constructeur des Objectivs, wie übrigens wohl schon geschieht, Focus-Entfernungen annehmen, welche durch die Dimensionen der Brennpunktebene bestimmt sind, dann Diaphragma-Oeffnungen, welche Bruchtheile genau von dieser Focus-Distanz, wie $f/40$, $f/30$, $f/20$, $f/10$, $f/8$ sein würden. Auf diese Weise würden alle erdenklichen Objective unter sich vergleichbar sein, so wie auch die verschiedenen Diaphragmen desselben Objectivs.

Wie dem auch immer sei, Herr Vidal führt in seinen Tabellen die vorerwähnten Elemente ein, welche sich für den Operateur, im Ganzen auf das Maass der Lichtstärke zurückführen lassen, so dass, wenn er sein Objectiv kennt und die Tabellen nachschlägt er genau die Expositionsdauer herausfindet.

Nehmen wir übrigens den Fall an, dass aus unbedeutenden Veranlassungen ein Irrthum in der Berechnung der Expositionszeit entstände, so kann dieser zwischen gewissen Grenzen schwanken, ohne jedoch die Resultate bedeutend zu verändern, was durch die ungefähre Abschätzung, welche die meisten Photographen anwenden, nicht zu erreichen ist, so dass Herr Vidal aufrichtigsten Dank für seine bemerkenswerthe und nützliche Arbeit verdient.

Untersuchung des chemischen Focus des Objectivs.

— Es ist von grösster Wichtigkeit, ehe man ein Objectiv anwendet, dasselbe zu prüfen, ob nicht ein chemischer Focus vorhanden ist, und zwar verfährt man hierbei folgendermaassen.

Einige Meter von dem zu prüfenden Objectiv entfernt, errichtet man den Focimeter, dessen Bild sich in der Mitte des Einstellglases zeigen muss. Dieser Focimeter besteht (Fig. 73) aus

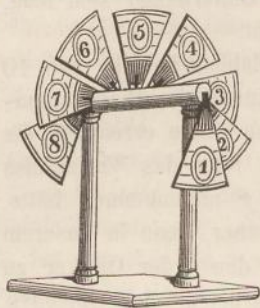


Fig. 73.

8 Segmenten von nummerirten Cartons, welche in gleichen Entfernungen von einander auf einem Holzcyliner angebracht sind, so dass ihre Zusammenstellung von vorne gesehen, einen Kreisbogen bildet. Man stellt nun den Carton Nr. 5 sehr genau und scharf ein, und um jeden Irrthum zu vermeiden, bediene man sich eines matten Einstellglases, welches in die Cassette eingelegt wird. da wo sich später die empfindliche Platte befinden wird.

Ist dies geschehen, so ersetzt man das matte Glas durch eine empfindliche Platte, macht ein Bild und beobachtet ob der Carton Nr. 5 ganz scharf erscheint. Wenn diess nicht der Fall, so besitzt das Objectiv einen chemischen Focus. Sobald der Carton Nr. 6, 7 oder 8 schärfer ist (anstatt des eingestellten Nr. 5) so ist der chemische Focus länger als der optische, und nach jeder Einstellung muss der Auszug der Camera, um eine mit der Entfernung des zu reproducirenden Objectes sich verändernde Distanz, verlängert werden. Wenn Nr. 1, 2, 3 oder 4 sich im Bilde schärfer zeigen, so hat man den umgekehrten Fall.

Von der Anwendung des Objectivs zu Porträts. — Die einzigen Objective, welche für Porträts angewendet werden können, sind: Das Doppel-Objectiv in dem Atelier; die Tripletlinse und das Orthoscop im Freien. — Das nachstehend über deren Anwendung Gesagte, bezieht sich auf alle drei, jedoch hauptsächlich auf das erstere, welches am allgemeinsten angewendet wird.

Zunächst muss man sich zur Vermeidung von Vibrationen ein festes Stativ aus Holz verschaffen (die eisernen Stative sind zu diesem Zweck meist zu verwerfen), welches sich höher und niedriger stellen lässt, so dass das Objectiv bis zur Höhe der

Hüften bei einer sitzenden Person und bis zu der des Herzens bei einer stehenden gebracht werden kann. Die Achse des Objectivs muss ein Weniges geneigt werden können, wenn man aber hiervon Missbrauch macht, so würde man sich der Gefahr aussetzen verzeichnete Bilder zu erhalten, indem theoretisch betrachtet, die Achse des Objectivs stets ganz genau horizontal gehalten werden muss.

Um dies zu beweisen, sei (Fig. 7, Pl. I) $BCDE$ eine sitzende Person, A das zu hochgestellte Objectiv, welches also in Folge dessen gesenkt werden muss. Es ist klar, dass der Winkel a durch den horizontalen Theil CD der Beine gebildet jedenfalls viel grösser sein wird, als wenn das Objectiv bei A' in der Höhe der Hüften angebracht wäre, in welchem Fall derselbe Winkel a' viel kleiner und der Wahrheit entsprechend ist, weil auf der photographischen Reproduction, in dem Fall nämlich, dass das Objectiv in der Richtung von A gestellt wäre, die Figur wie auf einem Stuhl sitzend erscheinen würde, dessen Sitz geneigt ist.

Wenn die Person steht (Fig. 8, Taf. I) so muss die Objectivachse horizontal und in der Höhe von DC' der Schultern A der aufzunehmenden Person liegen. Man muss die Platte, an welcher das Objectiv D befestigt ist, senken, so dass das Bild bac der Person in die Mitte des Einstellglases gelangt und der Zwischenraum be über dem Kopf, dem Zwischenraum dc unter den Füßen nahezu gleich ist. Wenn man nach dieser Weise operirt, ist keine Verunstaltung in dem Bilde möglich.

Wenige Photographen operiren aber nach dieser Weise, sondern neigen die Achse des Objectivs so, dass das Bild verzeichnet werden muss. Wird die Objectivachse in der Höhe der Hüften gehalten, um eine ganze stehende Figur aufzunehmen, so ist dies den Gesetzen der Perspective zuwider, indem die Figur alsdann in der photographischen Darstellung immer einen zu kurzen Hals hat. Es ist somit vorzuziehen, in der oben angegebenen Weise zu operiren. Fügen wir noch hinzu, dass, wenn das Objectiv einen langen Focus hat, eine geringe Neigung der Axe, keine so auffallende Verzeichnung des Bildes hervorbringt, als wenn es sich um Landschafts-Aufnahmen handelt.

Landschafts-Aufnahmen. — Für diese Art der Photographie sind das einfache Objectiv, wie wir es Seite 120 beschrieben, das Triplet und das orthoscopische Objectiv am besten zu verwenden, weil man häufig in Folge der geringen photogenischen Eigenschaft des Grüns, welches die Hauptfarbe der Landschaften bildet, genöthigt ist grosse Diaphragmen anzuwenden.

Da die Landschaften keine geraden Linien bieten, so kann der Photograph die Achse seines Apparates, sei es nach oben, sei es nach unten zu neigen ohne eine empfindliche Verzeichnung in dem Bilde herbeizuführen. Dies ist übrigens Alles, was hier über diese Art der Reproduktionen zu sagen ist.

Aufnahme von Monumenten. Wenn das Monument sehr nahe steht, und man auf bewegte Staffage keine Rücksicht zu nehmen braucht, so sind die Doppel-Objective von Ross, (Seite 139) von Steinheil (Seite 136) und das Kugel-Objectiv die zu dieser Aufnahme geeignetsten Instrumente. — Wenn das Monument weniger nahe liegt, und man besonders Personen mit aufzunehmen wünscht, so ist die Tripletlinse vorzuziehen, indem dieselbe die Anwendung grösserer Diaphragmen, und in Folge dessen eine kürzere Exposition im Licht gestattet. Das einfache Objectiv und das Orthoscop, können aus dem Grund nicht angewendet werden, weil dieselben in dem Bild eine Verzeichnung herbeiführen würden. (Seite 105).

Ein Haupt-Punkt bei der Aufnahme eines Monumentes CBA (Fig. 9, Taf. 1) welcher beobachtet werden muss, besteht in der genau horizontalen Lage der Camera DE .

Meistentheils fällt in diesem Falle der obere Theil A des Bildes des Monumentes ausserhalb des Einstellglases der Camera, aber um diesem Uebelstand vorzubeugen, muss man das Objectiv-Brettchen, in welchem das Objectiv H befestigt ist, in die Höhe schieben, bis das Bild cba des Monumentes genau den gewünschten Platz in der Mitte des Einstellglases einnimmt. — Wollte man anstatt so zu operiren, das Objectiv nach oben neigen, so würden die verticalen Linien des Bildes nach unten zusammenlaufen, wie es Fig. 10,

Taf. 1 zeigt, was strengstens vermieden werden muss. Wenn bei der Reproduction eines Monumentes, der Photograph sich in einer grossen Höhe befindet, so muss er das Objectiv-Brettchen herablassen, ohne die Achse zu neigen, widrigenfalls derselbe Umstand mit den verticalen Linien, aber im umgekehrten Sinne, eintreten würde. —

Es ist freilich wahr, dass bei dieser Weise zu operiren einem Theil des Monumentes, immer die Schärfe mangeln wird, wie dies bei Fig. 9, Taf. 1 mit dem Scheitelpunkt A der Fall ist; weil im Ganzen, wenn man das Objectiv H derart erhöht, dass dessen Achse Bb sich höher befindet als die Achse oo' der Camera, dasselbe für eine grössere Dimension der Focusebene von ba verwendet wird, als für welchen es construirt ist; nun aber ist ba um so grösser als BA grösser ist, so dass also je höher das Monument ist, sein Scheitelpunkt A um so weniger scharf sein wird. Es ist freilich vorzuziehen, die Schärfe eines Theiles des Bildes zu opfern, als jene hässlichen, verzeichneten Bilder zu erzeugen, bei denen die Häuser z. B. in die Strasse zu fallen drohen, oder Thürme welche schief sind etc., Dinge, welche ungerechter Weise als Mängel der Photographie oder der Objective bezeichnet werden, an deren Entstehen aber, der in der Optik unbewanderte Operateur, allein die Schuld trägt.

Was der Mangel an Schärfe des Gipfels des Monumentes betrifft, so lässt sich derselbe in vielen Fällen theilweise vermeiden, indem man sich mit dem Apparat so weit weg, als nur möglich aufstellt, wodurch die Schärfe zum grössten Theil erreicht wird; man vermeidet ihn aber vollständig, wenn man sich in einer Höhe postirt, welche der Hälfte der Gesammthöhe des Monumentes gleichkommt.

Reproduction von Kupferstichen, Zeichnungen, geographischen Karten, Gemälden, photographischen Abdrücken etc. Hierzu werden dieselben Instrumente verwendet, als diejenigen, deren man sich zu den Monument-Aufnahmen bedient. — Die Camera muss genau horizontal, die Ebene des Kupferstiches genau vertical gestellt werden, der Durchschnittspunkt der Diagonalen, welche aus den Winkeln des

Bildes, Gemäldes etc. gezogen werden, muss genau in der Richtung der Achse des Objectivs liegen, was auf dem Einstellglas ersichtlich wird, indem das Bild dasselbe symetrisch bedeckt. — Dieses sind die einzigen Vorschriften, welche die Optik für diese Art von Photographie lehrt.

Die Objective werden umgedreht, wenn es sich darum handelt, eine vergrösserte Photographie zu erhalten, das heisst, dass in diesem Fall die Linse welche gewöhnlich der matten Scheibe zugewendet, jetzt also dem aufzunehmenden Object gegenüber steht.

Hiezu werden hauptsächlich das Triplet und orthoscopische Objectiv angewendet, weil dieselben bei ihrer grossen Oeffnung eine kurze Expositionszeit, im Vergleich zu den auf Seite 79 angeführten, nicht aplanatischen Objectiven gestattet.

Um nun bei der Reproduction einer Zeichnung und besonders eines photographischen Abdruckes (in gleicher Grösse des Objectes oder selbst noch grösser) zu vermeiden, dass die Entfernung, welche das Object von dem Objectiv trennt, eine nicht zu kurze sei, was die schwierige Beleuchtung des betreffenden Objectes zur Folge haben würde, so ist es vorzuziehen sich eines grösseren Objectivs als desjenigen zu bedienen, welches theoretisch nöthig gewesen wäre. — So dürfen z. B. Tripletlinsen und Orthoscope von 10 zu 12 engl. Zoll Focuslänge, nicht zu Reproductionen (bei gleicher Dimension als die des Objectes) von mehr als 16 Centim. zu 20 Centim. angewendet werden, anders ist es freilich, wenn die Reproduction kleiner als das Object ist.

Bei der Reproduction von Daguerrotypen oder Glasbildern, welche eine spiegelnde Oberfläche besitzen, bringt man zwischen diesem und dem Objectiv, an dem letzteren eine mit schwarzem Sammt überzogene Scheibe an, welche eine Oeffnung hat, die der des Objectivs gleich ist, um dadurch zu vermeiden, dass das Bild des Objectes nicht auch gleichzeitig, durch die Spiegelung auf der polirten Oberfläche des letzteren, das Bild des Objectivs zeigt.

II. THEIL.

DIE VERGRÖSSERUNGS-APPARATE.

Die Zukunft der Photographie liegt in der praktischen Lösung der Vergrößerung kleiner photographischer Bilder. Mit den uns jetzt zu Gebote stehenden optischen Hilfsmitteln können wir mit Sicherheit ein kleines Bild, in Visitenkartengröße zum Beispiel, anfertigen, welches sowohl in der Mitte, als auch nach den Rändern hin, vollständig scharf ist.

Wenn wir mit Hilfe eines vollkommenen Apparates, von diesem Bild eine Vergrößerung machen wollen, so werden wir davon Abdrücke, von der Grösse einer Platte, einer doppelten Platte, eines ganzen Bogens und selbst bis zu der Höhe eines Meters, und dabei von einer Vollendung erhalten, wie ein direct angewendetes Objectiv, dieselben nicht so schön und fein geben würde. Der Verfasser dieses Werkchens hat in der That Abdrücke auf einen ganzen photographischen Bogen (44 Cm. zu 57) von einer Schärfe erzeugt, wie dieselbe nach den Urtheilen der tüchtigsten Optiker, als der Herren Secretan, Ross, Dallmeyer, mit grossen Objectiven, nicht so zart erreicht werden können.

Man ersieht also hieraus die Wichtigkeit dieses Theiles unseres Werkchens, welches wir in verschiedene Kapitel einteilen wollen, in denen wir folgende Punkte einer genauen Betrachtung unterziehen werden:

1. Die Erzeugung des zur Vergrößerung bestimmten Negativs.
 2. Die Vergrößerung des Negativs (die Vergrößerungs-Apparate).
-

KAPITEL I.

DIE ERZEUGUNG DES ZUR VERGRÖßERUNG
BESTIMMTEN NEGATIVS.

In diesem Kapitel müssen wir untersuchen:

1. den optischen Apparat zur Erzeugung des Negativs;
2. die photographische Behandlungsweise bei Anfertigung des betreffenden Negativs.

Abtheilung I. — *Von dem optischen Apparate zur Erzeugung eines sehr kleinen und vollkommenen Negativs.*

Einfluss der Focuslänge des Objectivs. — Wenn man eine mit einem Objectiv versehene Camera auf eine Person richtet, welche gehend sich mehr und mehr entfernt, so wird das Bild derselben auf dem Einstellglas einerseits immer kleiner, andererseits aber muss dieses Einstellglas mehr und mehr dem Objectiv genähert werden, damit dieses Bild scharf bleibt. Hierbei ist jedoch bemerkenswerth, dass wenn die Person dem Objectiv sehr nahe ist (welches wir als von einer Focuslänge von 30" annehmen), z. B. 3 oder 4 Meter, dem Einstellglase eine sehr beträchtliche Bewegung ertheilt werden muss, und dass in dem Verhältniss, als die Person sich entfernt, bald ein Zeitpunkt kommt, wo im Gegentheil, diese Bewegung absolut Null wird. Es ist alsdann die Entfernung, welche die Person von dem Objectiv trennt, eine solche, dass ihr Bild sich in dem Haupt-Brennpunkt dieses Objectivs abbildet.

Die Erfahrung hat gelehrt, dass wenn ein Object um hundertmal von der Focuslänge der Objectivlinse entfernt liegt, das Bild des betreffenden Objectes sich in dem Haupt-Brennpunkt der Linse bildet, ebenso wie das, aller weiter entlegenen Objecte. — Das auf Seite 91 etc. Gesagte, bestätigt deutlich diese Thatsache. Um also ein gutes Negativ zu erhalten, muss das Object sehr weit entfernt liegen. — Wie soll man aber dies mit der geringen Länge der Glas-Ateliers vereinbaren, oder

wenn es sich um Ansichten mit Vordergrund in der nächsten Nähe handelt? Augenscheinlich muss man sich hierbei eines Objectivs mit sehr kurzem Focus bedienen *). In diesem Fall wird freilich das Bild sehr klein, aber in allen Theilen scharf sein.

Man muss zuerst von der Richtigkeit des Principes durchdrungen sein, dass ein Objectiv mit sehr kurzem Focus, die Eigenschaft besitzt, die Bilder von verschieden unter sich entfernten Objecten, gleichmässig scharf zu liefern, vorausgesetzt, dass diese letztern in einer Entfernung vom Objectiv sich befinden, welche mindestens 100mal seiner Focuslänge, gleich ist. — Für Porträts sind also die kleinsten Objective die besten. Betrachten wir jetzt den Einfluss des Objectiv-Durchmessers auf die Bildscharfe und richtige Perspective.

Einfluss des Objectiv-Durchmessers. — Ein Objectiv, welches im Vergleich zu seiner Focuslänge einen sehr grossen Durchmesser besitzt, erzeugt nicht nur von dem Mittelpunkt nach den Rändern hin sehr ungleichmässig scharfe Bilder, sondern auch noch mit einer vollständig falschen Perspective. Dieser letzte Punkt wird begreiflich, wenn man bedenkt, dass jeder Punkt des Objectivs, das zu reproducirende Object anders sieht, und dass das Bild des betreffenden Objectes im Ganzen aus einer grossen Zahl übereinander liegender Bilder zusammengesetzt ist, indem jeder Punkt der Objectiv-Fläche ein solches bildet; weshalb die Objective mit grossem Durchmesser auch immer das reproducirte Object verzeichnen. Aus diesem Grund geben die Objective, welche einen mehr als zweizölligen Durchmesser haben, weniger scharfe Bilder, als wenn man dieselben nach einem sehr kleinen Negativ, durch Vergrösserung erzielt. — Niemals wird ein dreizölliges, um so weniger, als noch ein vier, fünf oder sechszölliges Objectiv, scharfe Bilder auf der ganzen Fläche der Bildebene geben, sondern im Gegentheil, ein Objectiv von einem oder selbst zwei Zoll Durchmesser, liefert allein ein scharfes und richtiges Bild (ohne Verzeichnung), weil in

*) Wir verstehen unter Objectiv mit kurzem Focus, nicht Objective mit sehr grossem Durchmesser im Vergleich zu ihrer Focuslänge, wie dies gewöhnlich geschieht, sondern nur sehr kleine gewöhnliche Instrumente.

diesem Fall der Durchmesser im Verhältniss zu der Entfernung, welche das Objectiv von dem aufzunehmenden Object trennt, zu klein ist. — Es haben in Folge dessen schon eine grosse Zahl von Photographen auf den Gebrauch von fünf- oder sechszölligen Objectiven, Verzicht geleistet und diese Zahl wird in dem Verhältniss zunehmen, als die Einführung von Vergrösserungs-Apparaten um sich greift. — Wenn man diese Dimensionen vermindert, so wird die Vergrösserung für ein bestimmtes Papierformat beträchtlicher sein, und die geringsten Spuren von Fehlern des Glases oder der Collodiumschichte würden zu sichtbar hervortreten.

Apparate, welche zur Aufnahme von Porträt-Negativs geeignet sind. — Die zu diesem Zweck geeignetsten Apparate, sind die für Visitenkarten und man verfährt hierbei wie wir Seite 156 angegeben haben.

Apparate für Landschafts-Negative geeignet. — Da die geeignetste Grösse für die zur Vergrösserung bestimmten Negativs, sowohl für Porträts als auch für Landschaften, die der Visitenkarte ist, so sind die kleinen Objective in jedem Fall den grösseren vorzuziehen.

Ross und Dallmeyer, die berühmten englischen Optiker, construiren kleine Tripletlinsen, welche eine Focuslänge von nur 3—4 Zoll (10 Cent.) haben, und Bilder in Visitenkartengrösse von vollkommener Schärfe, sowohl nach dem Mittelpunkt, als auch nach den Rändern hin, liefern.

Wenn der Vordergrund weiter als 7 oder 8 Met. von dem Objectiv entfernt liegt, und man sich des letztern ausschliesslich nur zur Aufnahme von Negativs für Vergrösserungen bedienen will, so wird es geeignet sein, die Negativs in einer kleinen Camera ohne Auszug zu erzeugen, in welcher die Visirscheibe wie in der automatischen Camera von Bertsch, deren Beschreibung im Nachstehenden folgt, feststeht. — Die auf Seite 158 und weiter gegebenen Anleitungen dürfen hiebei nie ausser Acht gelassen werden.

Automatische Camera von M. Bertsch. — Bertsch hat eine kleine Camera speciell für Landschafts-Aufnahmen con-

struirt, welche niemals, kraft des oben (Seite 163) angeführten Princip, eingestellt zu werden braucht. Die Figur 74 stellt uns dieselbe genau dar. Auf ihrem Stativ in die richtige Stellung gebracht, umfasst die Camera auf die Entfernung von 10 Schritt einen Winkel von ungefähr 23° , also einen schwächeren als man mit einer Tripletlinse erhalten würde. Die Linse *G*, deren sich Bertsch bedient, ist ein einfaches Objectiv von alter Construction (Seite 125). *A* ist ein cubischer Kasten aus Messing an dem die viereckigen Ansätze *I* und *L* zu dem Zweck angebracht sind denselben unbeweglich zu

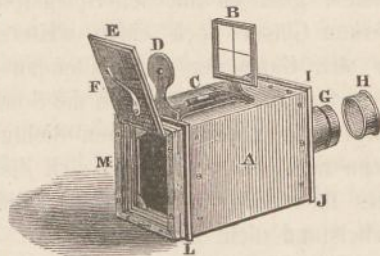


Fig. 74

machen. Eine Wasserwage *C* und ein Visir *B* dienen dazu, die Landschaft in der günstigsten Weise in die Mitte der Cassette *M* zu placiren. Sobald die Landschaft nach Wunsch von dem Visirrahmen *B* eingefasst wird, wird dieselbe auf der in der Cassette *M* eingelegten empfindlichen Platte reproducirt. *E* ist der Cassettendeckel, der mit einer Feder versehen ist, welche die Platten fest an die Ecken der Cassette andrückt. — Die Platten, deren sich Bertsch bedient sind viereckig und 8 Centim. breit. Ausserdem hat Bertsch automatische Porträt-Cameras nach demselben Princip construirt, bei denen das Doppel-Objectiv das einfache Objectiv ersetzt.

Abtheilung II. — Von dem photographischen Process.

Von dem Glase. — Man wähle ein dünnes Glas von höchstens 2 Millim. Dicke und so gleichmässig eben als möglich, weil die Wärme der concentrirten Sonnenstrahlen auf die halbtransparente Bildfläche derartig wirkt, dass polirtes Spiegelglas sehr leicht in Stücke zerspringt, während das gewöhnliche Glas dem Einfluss dieser hohen Temperatur viel eher widersteht. Die kleinen Luftbläschen und anderen Fehler des Glases (wie

die Ungleichheit der Oberfläche sind von keinem störenden Einfluss auf die Vollkommenheit des vergrösserten Bildes. Die Dicke des Glases ist von grossem Einfluss bezüglich des Zerspringens welches durch die Sonnenhitze herbeigeführt wird; je stärker das Glas ist, um so weniger kann es der Hitze widerstehen. Ebenso geht es mit den Spiegelplatten. Ausserdem haben die starken Gläser noch einen weiteren Uebelstand, nämlich, dass sie den Gang der durchfallenden convergirenden Lichtstrahlen verändern und dass alsdann die Sonnenstrahlen stets mit grösster Sorgfalt in genau derselben Richtung erhalten werden müssen, wenn nicht, so verdoppeln sich die Umrisse des Bildes, besonders nach den Rändern hin. Bei dünnen Gläsern ist dieser Uebelstand nicht zu befürchten.

Die Manipulation. — Das einzige, für die zur Vergrösserung bestimmten Negative anwendbare Verfahren, ist das, mit Collodium. — Von dem, was eigentlich ein derartiges Negativ besitzen soll, nämlich eine grosse Durchsichtigkeit, kann man sich erst dann einen Begriff machen, wenn man Negativs die von erfahrenen Experimentatoren angefertigt wurden, gesehen hat. — Trockenes Collodium und Albumin haben uns keine so guten Resultate gegeben, als das nasse Collodium, doch müssen auch jene Stoffe, wenn sie gut angewendet werden, eben so gelungene Bilder liefern, als wie das nasse Collodium.

Diese Durchsichtigkeit des Negativs, auf welche wir die Aufmerksamkeit des Lesers nicht genug lenken können, und die wir noch mehrmals von ihm werden beanspruchen müssen, muss aus mehreren Gründen besonders angestrebt werden. — Der erste Grund ist, dass in den Vergrösserungs-Apparaten das Sonnenlicht frei durch das Negativ durchgehen muss, da sonst eine ausserordentliche Erhitzung des Bildes stattfinden und das Glas, auf dem sich dasselbe befindet, zerspringen würde. — Der zweite Grund ist, dass sich mehrere übereinander liegende Bilder auf dem Papier bilden, indem der optische Apparat zunächst durch das durchgelassene Licht wirkt, und allsdann durch dasjenige, welches von jedem einzelnen Punkt des Negativs ausgestrahlt wird.

Endlich, dass alle scharf begrenzten Contouren sich auf dem vergrösserten Bilde verdoppelt wiederfinden, Beugungs-Erscheinungen erzeugend, auf die wir später wieder zurückkommen werden.

Um diese ausserordentliche Durchsichtigkeit des Negativs zu erreichen und besonders das Vorhandensein eines Schleiers zu vermeiden (weil die Verschleierung die unangenehme Wirkung zur Folge hat, dass ein solches Bild eine doppelt und dreifach so lange Expositionszeit braucht, als wenn es nicht verschleiert wäre), sind vor allen Dingen, ein gut präparirtes Collodium, ein gut präparirtes Silberbad und ein passender Entwickler nothwendig.

Alle Collodien, Silberbäder und Eisen-Entwickler sind gut, wenn dieselben gute Resultate bei dem gewöhnlichen Process liefern; besondere Vorschriften hier anzugeben, würde von keinem Nutzen sein, jedoch geben wir die genaue Manipulations-Methode an, welche von grösster Wichtigkeit ist.

Die collodionirte und empfindlich gemachte Platte, wird in der Camera etwas länger als gewöhnlich exponirt. Der Zweck dieser längeren Exponirung ist leicht zu begreifen. Wenn man eine genaue Expositionszeit nehmen wollte, so würde der Eisen-Entwickler die Details in den Schatten erst nach einiger Zeit, während welcher die Schwärzen eine zu grosse Intensität annehmen würden, hervorbringen; nimmt man hingegen eine längere Expositionszeit, so erscheint das Bild auf einmal, sowohl in den Lichtpartien als in den Schattenpartien. — Man bringt nach der Exponirung in der Camera, die negative Platte in das Dunkelmzimmer, nimmt dieselbe aus der Cassette heraus, und gibt in ein Ausgussglas eine beträchtliche Menge des Eisenentwicklers, während man ein mit Wasser gefülltes Gefäss in das Bereich der Hand stellt. Man übergiesst nun das Negativ mit einer überschüssigen Menge des Entwicklers, so dass alles salpetersaure Silber, welches die Schicht bedeckt, fortgespült wird. Mit einem Wort, man muss so zu sagen die Platte mit dem Eisen-Entwickler waschen. Das Bild entwickelt sich und sobald man die Details in den Schatten hervorkommen sieht, wird die Platte augenblicklich in das Gefäss mit Wasser getaucht, gehörig gewaschen und dann mit Cyankalium fixirt.

Die ganze Fertigkeit besteht darin, sehr schnell zu operiren, nämlich zuerst die Platte mit dem Entwickler zu überschütten, und alsdann, ehe es möglich ist, dass ein Schleier sich bildet (meistentheils fünf oder sechs Secunden, nachdem der Eisen-Entwickler aufgeschüttet wurde) gleich die Entwicklung durch einen kräftigen Strom Wasser zu unterbrechen, worauf mit Cyankalium (nicht mit unterschwefligsaurem Natron) fixirt wird.

Das getrocknete Negativ darf, gegen das Licht gehalten, kaum Details in den Schatten sehen lassen, die Schwärzen müssen sehr schwach sein, so dass man durch dieselben lesen und sogar die feinsten Gegenstände unterscheiden kann, sonst würde die Vergrößerung niemals vollkommen sein. Hauptsächlich müssen Schleier vermieden werden. Je nach Umständen ist es oft besser ein etwas zu intensives Negativ (vorausgesetzt, dass dasselbe nicht verschleiert ist) als ein zu schwaches zu erzeugen. Denn es gibt eine einfache und leichte Methode, mittelst welcher man die Intensität der Negative schwächer machen kann, selbst bei älteren Negativen, vorausgesetzt dass dieselben nicht gefirnisst waren. Diese Methode besteht in Folgendem:

Das Negativ wird zunächst mit destillirtem Wasser nass gemacht, und, wenn die Schichte Neigung zeigt sich abzuheben, firnisse man zuvor die Ränder mit einem Pinsel, welcher in eine Lösung, von in dünnen Scheiben geschnittenen Kautschuk in Benzin, getaucht wurde. Alsdann wird das Negativ in eine Lösung von 1 Gramm sublimirten Eisenchlorid (perchlorure de fer sublimé) in 100 Gramm destillirten Wasser getaucht und zwar, je nachdem, von einigen Secunden bis zu einigen Minuten hindurch. Das Eisenchlorid greift das Bild an, jedoch nur in den intensiveren Theilen. Man wasche hierauf das Negativ mit Wasser, übergiesse es mit einer schwachen Cyankalium-Lösung, und wäscht abermals mit Wasser. Das Negativ wird alsdann von geringerer Intensität erscheinen. Hat dieselbe zu sehr abgenommen, so blieb das Negativ zu lange in der Eisenchlorid-Lösung liegen, ist hingegen das Negativ noch zu sehr intensiv, so wird die anfängliche Manipulation (selbst mehrmals) wiederholt.

Das Negativ darf nicht gefirnisst werden, selbst nicht mit Gummi, denn der Firniss und der Gummi würden bei ihrer Erwärmung das ganze Bild verderben. Dieser Punkt ist von grosser Wichtigkeit. Ausserdem zerstört der Firniss einen grossen Theil der Feinheit des Bildes, eine Behauptung, welche sonderbar erscheinen mag, welche jedoch die genauesten Untersuchungen uns zu bestätigen erlauben.

Für das schnelle Nitro-Glucose (Nitrozucker) - Verfahren (Abdrücke mit Entwicklung) gibt ein gutes gewöhnliches Negativ (jedoch nicht verschleiert) ausgezeichnete Resultate, indem dies Verfahren auch gewöhnlich Bilder liefert, bei welchen der Contrast zwischen den Schwärzen und Weissen geringer ist, als bei dem Albuminpapier. Selbst gefirnisste Negativs, welche nicht speciell für die Vergrösserung angefertigt wurden, und welche mit dem gewöhnlichen Albuminpapier der Einwirkung der Sonnenstrahlen sehr lange ausgesetzt werden müssten, können zur Vergrösserung bei dem Entwicklungsprocess angewendet werden.

KAPITEL II.

GESCHICHTE UND BESCHREIBUNG DER VERGRÖSSERUNGS-APPARATE.

Der Zweck der Vergrösserungs-Apparate besteht darin, Bilder in grossem Format von kleinen Matrizen, wie z. B. einem Visitenkarten-Negativ, zu erzeugen und zwar mit einer über ihre ganze Fläche verbreiteten gleichmässigen Schärfe, welche ohne deren Anwendung, nicht erreicht werden könnte. Da die Sonne das intensivste Licht liefert, welches wir besitzen, so sind es gewöhnlich die Strahlen dieses Himmelskörpers, deren wir uns zu unseren Operationen bedienen, daher soll dieses Kapitel auch nur den Solar-Apparaten gewidmet sein.

Es gibt der Natur der Sache nach zwei Methoden, um ein Negativ zu vergrössern und dessen vergrössertes Bild auf einer lichtempfindlichen Platte zu fixiren. Die Eine besteht darin, das Negativ direct durch die Sonnenstrahlen zu beleuchten, indem sie

durch dasselbe hindurchgehen; die zweite Methode besteht darin die Beleuchtung ebenfalls durch die Sonnenstrahlen zu bewerkstelligen, nachdem man diese früher durch eine Linse concentrirt hat.

Ein lebhafter Streit, den Vorzug einer dieser Methoden vor der andern betreffend, hat sich zwischen mehreren Gelehrten erhoben, über welchen wir im nächsten Kapitel sprechen werden.

Abtheilung I. — *Der Apparat von Woodward und seine Modificationen.*

Dieser Apparat, welcher häufig mit dem Namen amerikanische Solar-Camera bezeichnet wird, besteht hauptsächlich aus einer Linse *I* (Fig. 75) Condensator genannt, in dessen Hauptbrennpunkt ein achromatisches Objectiv *L* angebracht ist. Ein

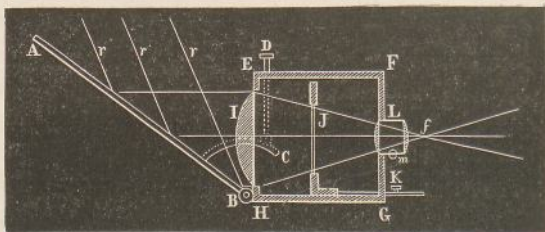


Fig. 75.

Spiegel *AB* reflectirt die Sonnenstrahlen *rr* auf den Condensator *I* und das Negativ *J*, welches mit Hilfe einer Zahnstange *K* und einer Schraube bewegt werden kann, ist zwischen den beiden Linsen in einer gewissen Entfernung angebracht, welche je nach der Grösse des Rahmens, auf welchem das Bild sich entwickelt, verschieden ist.

Dies ist die allgemeine Zusammenstellung des Apparates; gehen wir nun zu den Details desselben über.

Der Condensator hat einen Durchmesser von 8 Zoll, kann aber auch grösser sein, wenn möglich von 50 Centim. Der Grund dafür liegt einfach darin, dass je grösser die Linse ist,

um so mehr Licht vereinigt dieselbe und um so schneller wird sich in Folge dessen das Positiv erzeugen.

Seine Focuslänge darf nicht kürzer sein, als der doppelte Durchmesser und nicht länger als der dreifache.

Das Objectiv, welches bestimmt ist in L angebracht zu werden, muss bezüglich des chemischen Focus corrigirt sein; sein Platz ist ein wenig vor dem Brennpunkt f des Condensators. Ein gewöhnliches Objectiv, einfach oder doppelt, entspricht diesem Zweck, jedoch muss man genau beobachten, dass diejenige Linse, welche bei dem gewöhnlichen Gebrauch, der Visirscheibe zugewendet ist, hier nach der Seite des Negativs J gestellt werden muss.

Das Negativ lässt sich in der Richtung der Achse des optischen Systemes bewegen, es muss somit die Vorrichtung zu diesem Zweck speciell gestellt werden. Hierzu dient die Zahnstange K .

Die gewöhnlichste Form der Solar-Camera besteht in einer grossen viereckigen Kasten $EFGH$; der Spiegelträger, welchen wir Seite 16 beschrieben, ist an dem Apparate angebracht, an dessen beiden entgegengesetzten Enden, sich der Condensator I und die Vergrösserungslinse L befindet.

Die Behandlung des Apparates ist eine sehr einfache. Es genügt den Theil $EHB A$ der Solar-Camera in die Oeffnung eines ringsherum geschlossenen Fensters zu bringen, den Stellschrauben B und D die nöthige Bewegung zu geben und die reflectirten Sonnenstrahlen in einer constanten Richtung If zu erhalten, das Negativ J in richtiger Weise zu stellen, so dass dessen vergrössertes Bild scharf auf einem in einiger Entfernung und perpendicularär zur optischen Achse des Apparates angebrachten Schirm gezeichnet wird, und schliesslich den Schirm durch einen Bogen empfindlich gemachtes Papier oder irgend eine andere photographische Fläche zu ersetzen.

Veränderungen, welche an der Woodward'schen Solar-Camera vorgenommen wurden. — Jedesmal, wenn man die zur Bewegung des Spiegels bestimmten Stellschrauben berührte, wurde der Apparat erschüttert, dadurch entstand eine

um so grössere Bewegung in dem vergrösserten Bilde, als die Vergrösserung bedeutender wurde. Der Wind oder die geringste Luftbewegung genügten daher schon, um den Apparat zu erschüttern und so die Schärfe des Bildes zu zerstören.

Wothly in Achen brachte an dem Woodward'schen Apparat die erste Modification an. Der Reflector wurde von dem Apparat getrennt, und bestand aus einem zwischen zwei verticalen Ständern *B* und *D* grossen drehbaren Spiegel *A*. (Fig. 7, Taf. III.) Ein an dem oberen Theile des Spiegels angebrachtes Gewicht, zog denselben nach einer Richtung, nach der entgegengesetzten Richtung wirkte eine Schnur *a*, welche nach dem Dunkelzimmer ging, und um eine Rolle gewunden war, die durch eine Schraube ohne Ende regulirt wurde. Zwei Schnüre *b* und *c*, theilten dem Spiegel seine zweite Bewegung, um die durch den Dreifuss *C* getragene verticale Achse mit.

Der Spiegel *A* wurde gegen Norden aufgestellt, die belegte Seite desselben gegen Süden gerichtet, über dem Dach eines kleinen niedrigen Gebäudes. Der Reflector war also um einige Meter von dem Apparat getrennt, (im Freien stehend) wie wir dies Seite 16 erklärt haben. Die eigentliche Solar-Camera war aus einem Condensator *A*, (Fig. 6, Taf. III) zusammengesetzt, welchem Wothly einen Durchmesser von 10, 14, 18, 24, 30 und selbst 36 Zoll gab, und der eine plan-convexe Form besass. Diese Linse hatte eine Focuslänge, welche ungefähr $1\frac{1}{2}$ mal ihrem Durchmesser gleichkam, und war in einem eisernen Ring gefasst, der durch drei eiserne, gleich weit von einander entfernte und perpendicular zur Contour der Linse befindliche Stäbe, gehalten wurde. Auf diesen Stäben war ebenfalls das Objectiv *F* im Brennpunkt des Condensators befestigt.

Der Rahmen *E*, welcher zur Aufnahme des Negativs bestimmt ist, liess sich zwischen dem Objectiv und dem Condensator mit Hülfe einer endlosen Schraube, welche in der Figur nicht dargestellt ist, bewegen. Der Apparat war ganz aus Eisen und in einem Holzkasten eingeschlossen.

Hermagis, der französische Optiker, welcher durch die grosse Zahl ausgezeichnete Objective, welche er in den Handel

gebracht hat, rühmlichst bekannt ist, brachte seinerseits ebenfalls eine Modification an dem ursprünglichen Woodward'schen Apparat an. Sein Spiegelträger war von dem Apparat getrennt und ungefähr so wie der, dessen wir uns bei unserem dyalischen Apparat bedienen, nur war der Spiegel, anstatt in seinem Schwerpunkt befestigt zu sein, was zur Erlangung der Festigkeit nothwendig ist, blos an seinem inneren Theil durch einen runden Bogen unterstützt, welcher an der Seite des Spiegels befestigt war.

Das ganze Gewicht des Spiegels ruhte somit auf einem Punkt, auch war die Biegung desselben beträchtlich, und hatte zur unvermeidlichen Folge, dass der Parallelismus der reflectirten Sonnenstrahlen gestört wurde, was ein grosser Fehler ist.

In einer bestimmten Entfernung von dem Reflector oder Spiegelträger, befand sich die Solar-Camera, welche der von Woodward gleich war, nur dass dem Negativträger in einer Ebene, vermittelt zweier Stellschrauben, zwei Bewegungen gegeben wurden und zwar aus dem Grund, um die Mitte des Negativs, genau in die Richtung der optischen Achse des Apparates zu bringen.

Ausserdem brachte Hermagis zwischen dem zu vergrössernden Negativ und dem Condensator eine bewegliche matte Glastafel an, so dass man entweder mit zerstreutem Licht oder mit den directen Sonnenstrahlen, je nachdem man das matte Glas einsetzte oder herausnahm, arbeiten konnte.

Die Solar-Camera war endlich mit dem Reflector durch einen Cylinder aus Stoff in Verbindung gesetzt, um das Licht welches schief in diesen Zwischenraum einfallen konnte, abzuhalten.

Solar-Camera ohne Reflector. — Schon seit dem Bekanntsein der Vergrösserungen, richteten mehrere Personen in dem falschen Glauben, dass der Spiegel einen grossen Theil des Lichtes absorbire, (in Wirklichkeit beträgt der Verlust nicht $\frac{1}{8}$), ihre Apparate direct nach der Sonne, indem alle Theile des Apparates auf einem Holz- oder Eisenstativ angebracht wurden.

Der erste derartige Apparat wurde im Jahre 1863 in England von Stuart beschrieben und das von ihm angenommene System war folgendes:

Der Condensator ist in einem sehr langen Kasten befestigt und das Negativ sowie das Objectiv sind ganz, wie bei der amerikanischen Construction, angebracht. Auf dem Kasten ist ein Conus befestigt, an dessen hinterem Ende sich eine Cassette oder ein Rahmen befindet, auf welchem das empfindliche Papier aufgespannt ist. Stuart stellt so zwei Apparate einen neben den andern auf, schützt dieselben gehörig gegen den Einfluss des Windes, und dreht sie mittelst zweier Getriebe, von denen das eine horizontal, das andere vertical ist, gleichmässig nach dem Gang der Sonne.

Solar-Camera von Liébert. — Liébert in Frankreich hat einen auf dasselbe Princip basirten Apparat construirt, jedoch nicht gegen den Wind geschützt, da er glaubte, dass wenn das Negativ, das Objectiv und das Bild zusammen verbunden wären, der Wind oder die Bewegung des Bodens alles zugleich afficiren würde und das Bild unbeweglich bleiben müsste. Diese Annahme erscheint bei der ersten Betrachtung vollständig gerechtfertigt, aber gibt bezüglich der Schärfe des Bildes Veranlassung zu grossem Irrthum, denn, damit dieses sich so verhielte, müsste die Sonne selbst in derselben Weise sich bewegen, während sie doch unbeweglich bleibt, ebenso verursacht der geringste Wind oder die kleinste Erschütterung des Bodens eine Verdoppelung der Contouren des Bildes, wodurch natürlich die ganze Feinheit der Vergrösserung zerstört wird.

Um sich einen klaren Begriff von dieser Wirkung zu machen, muss man bedenken, dass die Sonne ein fester leuchtender Punkt ist, und dass, wenn der optische Apparat, während dessen Achse nach diesem Punkt hingerichtet ist, sich bewegt, diese Achse also auch bewegt wird und so der Scheitelpunkt des Lichtkegels, anstatt auf den Mittelpunkt des Objectivs zu fallen, mehr oder weniger nach dem Rande zu fällt. Die Folge hiervon ist eine Verrückung des Bildes, weil das durch den Centraltheil des Objectivs erzeugte Bild, und jenes durch den Rand erzeugte

nicht zusammenfallen und zwar um so weniger, je kürzer die Krümmungshalbmesser der optischen Flächen sind, welche dieses Objectiv bilden. (Es würde keine Verrückung im Bilde stattfinden, wenn die Krümmungshalbmesser unendlich gross wären.) Diese Verrückung des Bildes ist nicht sehr auffallend und dies ist es wahrscheinlich, was Liébert zu dem Irrthum verleitet hat. Jedenfalls kann man sich sehr leicht davon überzeugen, wenn man das gewöhnliche Negativ durch ein Netz ersetzt, welches durch zwei sehr dünne gekreuzte Fäden gebildet wird.

Wenn man mit einem Bleistiftpunkt den Durchschnitt in dem vergrösserten Bilde dieser Fäden markirt und dann den Apparat bewegt, so sieht man diesen Punkt sich verrücken (oft einen Millimeter weit).

Diese Erfahrung lässt sich leicht bei einem Apparat mit Reflector wiederholen, wenn man in dem vergrösserten Bilde einen sehr scharfen Punkt wählt und denselben alsdann mit einem Bleistiftpunkt bezeichnet; sobald die Stellung des Reflectors geändert wird, verändert sich auch sofort die Lage des Punktes, wenn auch nur um ein Geringes, so doch in der That immerhin genügend, um die vollständige Schärfe des Bildes zu beeinträchtigen.

Der Liébert'sche Apparat muss somit, wie die Instrumente mit Reflectoren, vor dem Einfluss des Windes oder den Erschütterungen des Bodens auf welchem er steht geschützt werden, sonst würde, obgleich Condensator, Negativ und vergrössertes Bild in einem gemeinschaftlichen Kasten befindlich sind, das vergrösserte Bild seine Schärfe verlieren. Es ist dies übrigens bei allen erdenklichen Apparaten der Fall, und versuchen wollen diess abzuändern, würde heissen eine mathematische Wahrheit unnützer Weise zu läugnen.

Fig. 4, Taf. III stellt den Apparat von Liébert dar.

Der viereckige Kasten AB , trägt an seinem obern Theil den Condensator α , welcher aus Crown Glas besteht, und eine plan-convexe oder concav-convexe Form und sehr kurze Brennweite hat. Der Rahmen b , welcher das Negativ trägt, lässt sich,

wie bei dem amerikanischen Apparat, zwischen dem Objectiv, c , welches in dem Haupt-Brennpunkt des Condensators angebracht ist, und diesem letzteren bewegen. An den Kasten ist ein Conus DC angehängt, auf dessen Basis sich das vergrösserte Bild des Negativs zeichnet. Zwischen dem Conus und dem optischen Apparat befindet sich ein Blasbalgauzug CB , welcher gestattet, dem Apparat eine beliebige Länge, je nach der gewünschten Vergrößerung zu geben und zwar geschieht dies mit Hülfe der Schraube g .

Der ganze Apparat wird von einem Fuss H getragen, welcher zwei Bewegungen gestattet, nämlich eine horizontale, durch die Schraube f , die andere vertical durch die Schraube e . Da aber der Schwerpunkt des Apparates sich über dem Stützpunkt befindet, so folgt daraus eine sehr geringe Stabilität, so dass der geringste Wind die Solar-Camera um ihren Stützpunkt schwanken macht. Um dies zu vermeiden, müsste man es so, wie bei den astronomischen Fernröhren von schwerem Gewicht machen, nämlich, den Apparat über seinem Schwerpunkt, zwischen zwei verticalen Ständern befestigen, wie dies Fig. 5, Taf. III zeigt. Auf diese Weise würde das Gleichgewicht stabil, und somit den Regeln der Mechanik entsprechend. Die Basis LM des Apparates, müsste sehr schwer und von grossem Durchmesser sein, wie unsere Figur zeigt. Die zwei Bewegungen, die eine horizontal die andere vertical, werden durch die Kurbeln N und O bewerkstelligt.

Der grösste Fehler, welchen dieser Apparat besitzt, besteht in der geringen Länge, welche man ihm zur bequemeren Handhabung geben muss, und was nur durch eine sehr kurze Brennweite des Objectivs und des Condensators erreicht wird. Der Condensator gibt in seinem Brennpunkt kein scharfes Sonnenbild mehr, und dies in Folge der sphärischen und chromatischen Abweichungen, welche sehr beträchtlich sind. Das Objectiv, welches einen geringen Durchmesser besitzt, umfasst keinen genügenden Gesichtswinkel, seine Ränder sind durch eine Anzahl der von dem Condensator ausgehenden Sonnenstrahlen bedeckt, welche die Beugungserscheinungen veranlassen, und die Ver-

doppelung der scharfen Contouren des Bildes zur Folge haben, Thatsachen, denen wir später ausführlicher unsere Aufmerksamkeit zuwenden werden.

Der Vortheil, welchen diese Apparate bieten, besteht im Gegensatze darin, dass sie im Winter leicht in Thätigkeit gehalten werden können, und keiner besonderen Einrichtung bedürfen, was jedenfalls in grossen Städten eine grosse Annehmlichkeit ist. Der Erfinder hat bei der Construction dieses Apparates, die strengste Ersparung im Auge gehabt, und denselben durch einen mässigen Preis, für die kleineren Photographen zugänglich gemacht, was allerdings den Geschmack für die Vergrösserungs-Photographie verbreiten hilft.

KAPITEL III.

THEORIE DER BILDUNG DES VERGRÖSSERTEN BILDES IN DER WOODWARD'SCHEN CAMERA.

Heftige Debatten fanden in den Versammlungen der französischen photographischen Gesellschaft in den Jahren 1860 und 1861 wegen der Theorie des Woodward'schen Apparates und den an demselben haftenden Unvollkommenheiten statt.

Wir geben hier nun einen Auszug der Hauptartikel dieser Debatte, welche wir dem *Bulletin de la société française de photographie* entnehmen.

Theorie von Claudet. — Claudet, welcher sich zuerst mit dieser Theorie beschäftigte (*Bull. soc. franc. de phot. année 1860, p. 249 et suiv.*) behauptet, dass die Solar-Camera folgende Bedingungen erfüllt:

1. Das Objectiv wirkt, um das Negativ zu vergrössern, durch seinen Centraltheil, welcher durch den Durchmesser des im Brennpunkt des Condensators gebildeten Sonnenbildes bedeckt ist. Da das Bild der Sonne, im Brennpunkt des Condensators fast nur ein Punkt ist (dies ist richtig, wenn der Condensator keinen grösseren Durchmesser als 8 Zoll hat), so

folgt hieraus, dass das vergrößernde Objectiv dadurch auf einem sehr kleinen Bruchtheil seiner Oeffnung reducirt wird.

2. Alles Licht, welches von dem Condensator ausströmt, und durch das Negativ und dann das Objectiv hindurchgeht, dient dazu, das vergrößerte Bild des projectirten Cliché's auf einer lichtempfindlichen Fläche fertig zu zeichnen.

3. Das vergrößernde Objectiv oder der Amplificator wirkt, um das Bild zu vergrößern, nach dem Gesetz der gepaarten Brennpunkte.

Beobachtungen von Bertsch. — Bertsch behauptet, dass das Beleuchtungs-System mit Hülfe des convergirenden Lichtes keine scharfen Bilder in den vergrößerten Abdrücken geben könne. Untersuchen wir nun den Werth seiner Gründe.

Zunächst sagt Bertsch (*Bull. soc. franc. phot. 1860, p. 63 et suiv.*), dass die nicht achromatische Linse von grossem Durchmesser, welche als Condensator angewendet wird, keinen Lichtkegel bildet, von welchem irgend eine Durchschnittsebene, wie z. B. die, in welcher sich das zu vergrößernde Negativ befindet, eine gleichmässig erleuchtete Kreisfläche gäbe, und dass dieser Lichtkreis aus concentrischen Ringen bestehe, welche aus Strahlen von ungleicher Brechbarkeit zusammengesetzt sind, indem nur das Roth auf dem Umkreis sichtbar ist. Durch diese verschiedenen farbigen Ringe nun, welche durch das vergrößernde Objectiv verschieden brechbar sind, wird das Bild, obgleich scharf auf dem Negativ, nicht so auf dem Vergrößerungsschirm erscheinen.

Diese Beobachtung ist begründet, und man müsste zur Vermeidung dieses von Bertsch angeführten Fehlers eine achromatische Linse als Condensator anwenden. Eine genaue Prüfung der Bertsch'schen Beobachtung beweist jedoch, dass die Durchschnittsebene des Lichtkegels, da wo sich das Negativ befindet, in der That als ein weisser Lichtkreis (bis auf die Ränder) zu betrachten sei, denn, wenn es auch scheinbar anders ist, so ist es doch nicht so für die photographischen Substanzen, welche nur für Blau und Indigo empfindlich sind. Der unwiderlegbarste Beweis, welchen man hierüber liefern kann, besteht darin, dass man eine Vergrößerung von einem Netze anfertigen kann, das

durch sehr fein gezogene Linien auf einer Glasplatte gebildet wird, und zwar zunächst mittelst einer gewöhnlichen Solar-Camera und dann mittelst einer, durch eine blaue ammoniakalische Kupferchlorid-Lösung (wie wir dies Seite 83 beschrieben), achromatisirte Solar-Camera. Das Bild des Netzes in dem ersten Falle, scheint von dem in dem zweiten Fall, bei dem Anblick auf dem Schirm ungleich scharf zu sein, in der Wirklichkeit hingegen, sind beide auf den Abdrücken gleich scharf.

Dieses Experiment, welches der Verfasser dieses Werkes oft vor competenten Personen ausgeführt hat, beweist mit entscheidender Gewissheit, dass es nicht nöthig ist, den Condensator der Solar-Camera zu achromatisiren, weil das vergrößerte Bild, nicht auf dem auffangenden Schirm scharf sein muss, sondern nur auf dem photographischen Abdruck.

Die zweite Behauptung des Herrn Bertsch, scheint uns auch nicht begründeter. Derselbe sagt nämlich: „Um die Frage „nicht zu verwickeln und uns innerhalb der Grenzen der praktischen Vergrößerungen von fünf- oder sechsfacher Dimension zu „halten, nehmen wir an, dass die convergirenden Strahlen, welche „aus der Sammellinse austreten, weisses Licht besitzen. Bei der „Untersuchung dieser Strahlen, nachdem in deren Lauf ein paralleles Glas eingesetzt wurde, sehen wir, dass die Brennlinien, „welche den Brennpunkt begrenzen, sich sehr stark verlängern, „und dass zu gleicher Zeit, das Lichtfeld sein Aussehen verändert. Wir haben es also mit einer Interferenz-Erscheinung zu thun. Von dem Mittelpunkt, wo die Brechung gleich Null ist, „bis zur Pheripherie, wo dieselbe ihr Maximum erreicht, fallen „die Lichtbüschel unter sehr verschiedenen Neigungswinkeln auf „das Glas, so dass bei deren Austritt ebenfalls die verschiedenartigsten Verhältnisse der Austrittswinkel stattfinden“.

„Dieselben laufen alsdann weniger parallel unter sich, und „durchkreuzen sich, ehe sie nach dem Brennpunkt gelangen. „Das Endresultat, ist eine neue Störung in der Gleichmässigkeit „der Beleuchtung, und was diesen Umstand noch verwickelter „macht, ist, dass niemals das Spiegelglas, auf welchem ein „Negativ sich befindet, ganz gleich parallele Flächen besitzt.

„Es genügt uns das transparente Spiegelglas durch ein mikroskopisches Object zu ersetzen, um den Einfluss dieser neuen Ursache der Abweichung zu erkennen.

„Beugungswülste bilden sich auf allen Conturen; die Details sind unbestimmt, die entwickelten Linien dick und vielfacht.“

Wir müssen bescheiden gestehen, dass wir niemals bemerkt haben, dass wenn man eine Glasscheibe mit parallelen Flächen in den Weg eines Lichtstrahlenkegels anbrachte, eine Interferenzerscheinung sich gebildet hätte, deren Folge die Erzeugung doppelter Linien auf den Umrissen des vergrösserten Bildes gewesen wäre. In dem Teleskop von Newton, eine Form, welche noch heut' zu Tage sehr gebräuchlich ist, wirft ein concaver Spiegel einen convergirenden Lichtstrahlenkegel auf ein Prisma; nun wirkt aber dieses Prisma unwiderlegbar wie eine Glasscheibe mit parallelen Flächen, und es müssten somit in dem Bild ebenfalls Interferenzerscheinungen vorkommen, und daher auch dasselbe an Schärfe beeinträchtigt werden.

Wir glauben nicht, dass irgend ein Astronom oder Optiker dies jemals bemerkt noch erfahren haben wird.

Wir haben oftmals den Versuch gemacht, die Glasscheibe, auf welche mit dem Diamant ein feines Netz gezogen war, durch einen Rahmen zu ersetzen, in welchem ein Netz aus feinen Platinadräthen eingespannt war, und niemals haben wir bei vergleichender Anwendung dieser beiden Netze in der Solair-Camera eine Unschärfe bemerkt, welche nach Bertsch, nach der Einschaltung der Glasscheibe auf dem vergrösserten Bild der gezogenen Linien sich bilden müsste.

Freilich haben wir diese vervielfachten Linien beobachtet, welche rings um die scharfen Contouren des vergrösserten Bildes sich zeigen, aber wir werden später beweisen, unter welchen Umständen dieselben entstehen.

Um den Fehlern der Woodward'schen Solar-Camera vorzubeugen, Fehler, welche wir im Vorhergehenden angegeben haben, ersetzt Bertsch (*Bull. soc. franc. phot., 1860 p. 67.*) den aus einer Linse bestehenden Condensator von Woodward

durch zwei Linsen von gleichem Glase, die erste o (Fig. 76) convergirend, die zweite B divergirend und in einer derartigen Entfernung von der ersteren, dass die aus dem System austretenden Sonnenstrahlen in der Richtung $o'r'$ folgen, und zwar parallel unter sich und zur Hauptachse. Auf diese Weise, sagt Bertsch, fallen die Strahlen senkrecht auf das zu vergrößernde Negativ und die Beugungswülste werden aufgehoben.

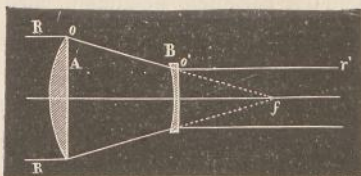


Fig. 76.

Es ist richtig, dass ein derartiges System einen Cylinder von fast parallelem Licht gibt, aber ein Durchschnitt dieses Cylinders gibt einen ganz verschiedenen und ungleichen Lichtkreis verglichen mit demjenigen, welcher bei einem aus einer einfachen Sammellinse austretenden Conus sich erzeugt. Die chromatische Abweichung ist hier viel beträchtlicher als in dem Woodward'schen System. Wir glauben nicht, dass Bertsch je einen Apparat mit zwei Linsen in den Handel gebracht hat (wir haben wenigstens nie einen gesehen), wissen aber, dass er den doppelten Condensator durch einfache auf das negativ normal fallende Sonnenstrahlen ersetzt hat. In diesem letzten Falle ist die Beleuchtung ohne Zweifel vollkommen, aber ungenügend, bezüglich der Intensität, eine Sache, auf die wir gelegentlich, wenn wir von dem Apparat mit parallelem Licht von Bertsch sprechen, zurückkommen werden.

Beobachtungen von A. Thouret. — (*Bull. soc. franc. phot.* 1860, p. 285.) Ohne den Einfluss der Nichtachromatisierung des Condensators und den Durchgang dieses convergenten Lichtes pc und $p'c$ durch das Negativ NO (Fig. 77) untersuchen zu wollen, behauptet Thouret, dass dem vergrößerten Bild des besagten Negativs die Schärfe fehle, weil die Vergrößerungslinse LM

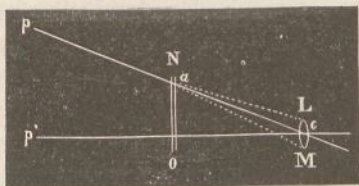


Fig. 77.

in ihrem Centraltheile nicht begrenzt ist, welcher durch den Scheitelpunkt c des Conus pcp' der von dem Condensator hergeleiteten Strahlen bestimmt wird. Aber, sagt Thouret, irgend ein Punkt a des Negativs sendet auch nach der ganzen Fläche der Linse LM einen Strahlenkegel $L a M$, daher die Vergrößerungslinse so wirkt, dass sie diesen Punkt auf zweierlei Weise vergrößert, den ersteren durch die durchfallenden Sonnenstrahlen, den zweiten durch die von diesem Punkt ausgehenden Strahlen.

Hierauf erwidert Claudet (*Bull. soc. franc. phot. 1861, p. 7*), dass die Argumente Thouret's richtig wären, wenn das Negativ das Sonnenlicht aufhalten würde; dasselbe ist jedoch sehr durchsichtig, mithin ist das Verhältniss zwischen den durchgelassenen und ausgesendeten Strahlen derartig, dass dies keinen Einfluss (wegen seinem Mangel an Intensität) auf die Schärfe des Bildes ausübt, so dass also die vergrößernde Linse LM , als durch ihren Mittelpunkt wirkend, betrachtet werden kann. Die Erfahrung hat gelehrt, wie wir später sehen werden, dass Claudet vollkommen Recht hatte.

Theorie von Foucault. — Das Wesentlichste der über die Solar-Camera angestellten Versuche besteht in Folgendem: Man sieht, dass man nicht daran zweifelte, dass der eigentliche Platz des vergrößernden Objectivs, nicht derjenige war, welcher durch den Scheitelpunkt des Kegels der convergirenden Strahlen bestimmt wurde. Als die Debatte (welche mehrere Monate dauerte) beendet war, ergriff Foucault, der berühmte Physiker, seinerseits das Wort und gab von der Theorie der Solar-Camera eine kurze und deutliche Beschreibung, der wir vollkommen beipflichten. (*Bull. soc. franc. phot. 1861, p. 14, 15 et 16.*)

„Als ich den durch Herrn Anthony Thouret mitgetheilten Erörterungen mit grösster Aufmerksamkeit gefolgt, habe ich zu bemerken geglaubt, dass die Auseinandersetzung einzig und allein auf einer Begriffsverwechslung beruhe.“

„Das kleine Bild, welches er auf die Vergrößerungslinse in dem Woodward'schen Apparat fallen lässt, ist niemals, wie Herr Thouret glaubt, für das Bild des zu vergrößernden Negativs genommen worden, es ist ein Sonnenbild, welches thatsächlich

durch die Vereinigung aller durch den Condensator aufgefangenen Strahlen gebildet wird. Ist diese Bedingung erfüllt, so lässt sich mit Recht behaupten, dass die vergrößernde Linse in einer Weise wirke, als wenn sie mit einem Diaphragma von dem Durchmesser des Sonnenbildes versehen wäre.“

„Es seien C der Condensator (Fig. 12, Taf. I), L die vergrößernde Linse, und der Schirm E sei in einer mit dem gepaarten Focus der Ebene N , woselbst das Negativ angebracht werden muss, correspondirenden Entfernung befindlich. In dem auf diese Weise hergerichteten Apparat und bei Abwesenheit des Negativs, ist es klar, dass die ganze Menge des auf dem Schirm ausgebreiteten Lichtes aus denselben Strahlen zusammengesetzt ist, welche sich im Kreuzungspunkt der vergrößernden Linse derartig gestalten, dass sie ein Sonnenbild erzeugen. — Dieses Bild enthält also in seiner geringen Ausbreitung das ganze Licht, welches später auf der Fläche des Schirmes zerstreut wird. Es folgt daraus, dass, ohne an der Wirkung etwas zu ändern, und ohne nur einen Strahl zu unterdrücken, man die ganze Zone der Linse, welche sich ausserhalb des Sonnenbildes befindet, mit einem Diaphragma versehen kann. Man setze nun in die Ebene N ein Negativ ein, wobei das Glas, auf dem sich dasselbe befindet, nahezu genau parallele Flächen hat, so wird der allgemeine Gang der Strahlen nicht geändert, und das Sonnenbild wird sich auf der vergrößernden Linse wie früher bilden; nur wird die Mehrzahl der Strahlen, beim Durchgang durch die verschiedenen Punkte des Negativs, eine theilweise und verschiedene Vernichtung erleiden, deren Effect sich in ebensolcher Weise in den auf dem Schirm geordneten Punkten zu erkennen gibt. Auf diese Weise bildet sich also das vergrösserte Bild des Negativs einzig nur in Folge der theilweisen und stellenweisen Vernichtung der Strahlen, welche, ohne irgend etwas in dem geometrischen Gang der ursprünglichen Strahlen abzuändern, dasselbe erzeugt.“

„Man ist also zu der Behauptung berechtigt, dass bei der Erzeugung des vergrösserten Bildes der Theil der Objectivlinse, welcher durch das Sonnenbild bestrahlt wird, allein in erfolgreicher Weise wirkt, und dass die äussere Zone nur in unwirk-

samer Weise zerstreute Strahlen durchfallen lässt, so dass also durch die Abweichung der Kugelgestalt dieselbe keine fehlerhafte Richtung den wirklichen Strahlen mittheilen kann.“

„Heisst dies nun, um bessere Resultate zu erlangen, wäre es nothwendig, dass der Brennpunkt des Condensators auf die Vergrößerungslinse fallen müsse? Dies ist eine ganz andere Frage. Das, was aus den vorstehenden Erklärungen sich ergeben soll, besteht einzig darin, dass überall dort, wo das Bündel der beleuchtenden Strahlen sich zu einem Bild der Lichtquelle gestaltet, man dasselbe als wie durch ein Diaphragma gehend, und von derselben Form und Ausdehnung dieses Bildes, betrachten kann. Durch diese einfache Betrachtung gelangt man leicht zur Einsicht, welchen Zweck die verschiedenen Theile der Vergrößerungslinse zu erfüllen haben, sei es, dass das Bild sich auf der Oberfläche vor oder hinter dem optischen Mittelpunkt bildet.“

„Wenn man auf die Vergrößerungslinse den Brennpunkt der Sonnenstrahlen fallen lässt, so wird das Resultat sein, dass nur ein und derselbe Theil dieser Linse, bei der Bildung des ganzen Bildes des Negativs mitwirkt, was im Allgemeinen keine vortheilhafte Bedingung für die Gleichmässigkeit des Effectes sein würde*). Unter dem Vorwand die sphärische Abweichung vermeiden zu wollen, fällt man in einen viel grösseren Fehler, welcher in einer Verkleinerung der Schärfe des Bildfeldes besteht; es ist dies ein der Woodward'schen Einrichtung anhängender Fehler, welcher nicht gestattet, dieselbe als eine vollständige Lösung des Problems der photographischen Vergrößerung anzusehen.“

„Nach meiner Ansicht würde es vortheilhafter sein, das Sonnenbild *I* (Fig. 11, Taf. I) jenseits der Vergrößerungslinse *L* fallen zu lassen, unter der Bedingung, dass derselben die Form eines Meniscus gegeben wird, dessen concave Seite nach dem Brennpunkte der Sonnenstrahlen gerichtet ist. Man würde auf diese Art ein System haben, welches in einer der alten, von

*) Siehe Seite 95 und Fig. 46.

Daguerre angenommenen, Wollaston'schen Camera entgegengesetzten Weise arbeiten würde.“

„Diese auf die Anwendung eines einfachen Glases gegründete Einrichtung, muss schon ziemlich gute Resultate geben; man würde aber neue Hilfsquellen in dem Gebrauch zusammengesetzter Gläser finden.“

Diese vorläufige Untersuchung wird dem Leser eine Gesamt-Idee von der Theorie der Entstehung des Bildes in dem Woodward'schen Apparat liefern, wir wollen nunmehr unsererseits diese Theorie untersuchen und die hauptsächlichsten Fehler derselben anführen.

KAPITEL IV.

DIE UNVOLLKOMMENHEITEN DES WOODWARD'SCHEN APPARATES.

Beugungswülste, welche durch den Abweichungskreis des Condensators herbeigeführt werden. — Wenn der Condensator des amerikanischen Apparates nur einen kleinen Durchmesser hat, z. B. 8 Zoll, und eine ziemliche Focuslänge, z. B. drei- oder viermal diesen Durchmesser, so kann man bestimmt annehmen, dass alle aus der Linse austretenden Strahlen nach einem einzigen Punkt zusammenlaufen, und dass sich in ihrem Brennpunkt ein scharfes Sonnenbild erzeugt.

Wenn nun der Winkel (Fig. 78), welcher das Vergrößerungsobjectiv M^*) umfasst, grösser ist, als der Winkel O des Kegels der Sonnenstrahlen, so wird kein Strahl, welcher die Condensatorlinse trifft, in seinem Gange aufgehalten, und die Vergrößerung des photographischen Negativs, wird mit grösster Schärfe bewirkt werden.

Bei keiner von den Solar-Camern, welche bis jetzt construirt wurden, ist diese Bedingung erfüllt, indem das Objectiv

*) Wir sprechen hier von dem Fall, in welchem man sich als Vergrößerungs-Objectiv eines Doppel-Objectivs bedient, indem das einfache Objectiv zu diesem Zweck keine, auch nur annähernd so gute Resultate gibt.

keinen genügenden Winkel umspannt*), und es bilden sich dadurch in den vergrößerten Bildern, Beugungswülste, welche sich besonders erkennen lassen, wenn das vergrößerte Bild sich auf dem lichtempfindlichen Papier abdruckt: man sieht rings um alle von dem Negativ scharf angegebenen Contouren, vervielfachte Linien sich bilden, deren Spur man auf dem fertigen Abdruck wiederfindet.

Viele Personen schreiben diese verdoppelten Contouren einer Verrückung des Fussbodens zu, welcher unter Einfluss des Vorüberfahrens eines Wagens erzittert, oder auch einer Bewegung des Sonnenstrahlenkegels, welche durch die Unvollkommenheit entsteht, mit der man die, in den Apparat reflectirten Sonnenstrahlen in einer genau gleichen Richtung halten muss. Dies ist jedoch nicht der Fall, denn wenn es ein Theil des Apparates wäre, der sich bewegte, wie z. B. das Negativ, oder der Rahmen, auf dem das empfindliche Papier aufgespannt ist, so müssten die vervielfachten Linien alle Contouren in einer der Verrückung entgegengesetzten Richtung angreifen, nun bemerkt man aber gewöhnlich, nach dem Mittelpunkt des Bildes zu, keine Beugungswülste, sondern dieselben entstehen hauptsächlich nach den Rändern hin.

Was die zweite Behauptung betrifft, so entstehen die Beugungswülste dennoch, wenn auch noch so viel Sorgfalt auf die Bewegung des Reflectors verwendet, oder wenn derselbe sogar durch einen genau gerichteten und genau construirten Heliostaten ersetzt wird; es kann somit hierin nicht die Ursache liegen.

Wenn man irgend welche Solar-Cameren besitzt, so ist es leicht, willkürlich Beugungswülste zu erzeugen, und zwar auf folgende Weise: Man bringt vor dem Vergrößerungsobjectiv und fast in Berührung mit seiner Fläche, (welche das zu vergrößernde Negativ betrachtet) ein Diaphragma an, dessen Oeffnung etwas zu klein ist, um die von der Sammellinse ausgehenden Sonnenstrahlen durchzulassen. Das vergrößerte Bild des Negativs erscheint auf dem Schirm sehr scharf, lässt man aber dieses

*) Indem die beiden, das Objectiv zusammensetzenden Linsen, unter sich zu weit entfernt sind.

Bild auf Papier sich abdrucken, so sieht man nach wenigen Augenblicken Beugungswülste sich bilden, besonders wenn das Negativ scharf begrenzte Linien zeigt, um welche herum sich vervielfachte Linien bilden, welche die ganze Schärfe der Contouren dieser Partie des Abdrucks, zerstören. Wenn man ein Negativ nach gedruckten Buchstaben anfertigt, und dasselbe vergrößert, so kann man diese Beugungswülste ganz besonders wahrnehmen.

Man findet auch noch Beugungswülste, wobei niemals das vergrößerte Bild eines sehr feinen Negativs PQ (Fig. 78) scharf sein kann, wenn nämlich der Rand rr des Kegels LOL' der Sonnenstrahlen auf den Metallring fällt, welcher dem Objectiv M als Fassung dient. Man weiss, dass, wenn die Sonnenstrahlen in der Richtung der Achse auf eine Sammellinse fallen, die-

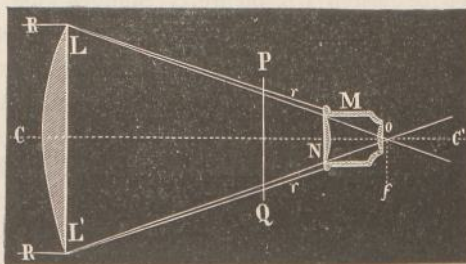


Fig. 78.

selben alle nach dem Brennpunkt o zusammenfallen werden, und dass ein Durchschnitt dieses Conus PQ einen weissen Lichtkreis mit einem rothen Saume bildet, welcher von der Nichtachromatisirung der Linse L herrührt. Wenn diese rothen Strahlen nicht frei durch das Vergrößerungs-Objectiv M hindurchgehen, sondern auf die Ränder der Fassung fallen, wie es die Figur darstellt, so werden sich, obgleich diese Strahlen bezüglich der Zeichnung des optischen Bildes gänzlich unwirksam sind, und obgleich das vergrößerte Bild für das Auge vollkommen scharf erscheint, doch während man das Bild druckt, doppelte Linien um die scharf angegebenen Contouren des Bildes erzeugen. Diesen Versuch haben wir wohl mehrere hundert Male gemacht, und zwar im Freien und auf einem sehr festen Boden, entfernt von jedem Weg oder Geräusch, und mit einem mit besonderer Sorgfalt gerichteten, ausserordentlich genauen Heliostaten, aus

der berühmten Werkstätte von Ertel & Sohn in München. Diese Beugungswülste bilden sich keineswegs unter den, anfangs von uns aufgeführten Umständen, welche wir nunmehr näher ins Auge fassen wollen.

Mit dem ursprünglichen Apparat von Woodward, dessen plan-convexer Condensator nicht mehr als 8 Zoll Durchmesser besitzt, sieht man die Beugungswülste nicht erscheinen, sondern, was eigenthümlich ist, sie erscheinen erst dann, wenn man um schneller zu arbeiten, den Durchmesser des Condensators vergrößert, wobei das Vergrößerungs-Objectiv dasselbe bleibt. Wir operirten im Jahre 1861 mit einem 6zölligen Condensator, doch bedurften wir mehrerer Stunden, um auf dem Chlorsilber-Papier Vergrößerungen von 40 Centim. zu 50 Centim. zu erhalten. Im Jahre 1862 wendeten wir uns an Herrn Sautter, Ingenieur und Director der Fabrik der Beleuchtungs-Apparate für die französischen Leuchtthürme, welcher uns zu unseren Versuchen, zwei Sammellinsen construirte von 13 und 20 Zoll Durchmesser auf eine Focuslänge von $2\frac{1}{2}$ mal dieser Durchmesser. Es ist erstaunlich, dass diese beiden Linsen mit demselben Negativ und demselben Vergrößerungs-Objectiv angewendet uns niemals annähernd so scharfe vergrößerte Abdrücke gaben, als der ursprünglich kleine Apparat, dessen Condensator nur 6 Zoll Durchmesser hatte. Unsere erste Idee bestand darin, die Linsen zu achromatisiren, und zwar durch eine zwischen dem reflectirenden Spiegel und dem Condensator angebrachte und mit einer ammoniakalischen Kupferchlorid-Lösung gefüllten Cuvette, welche die rothen, gelben und orangefarbigem Strahlen aufhalten sollte, jedoch wurden die Resultate durchaus nicht geändert.

Diese Versuche wurden sehr häufig wiederholt und gaben uns bald den bestimmten Beweis, dass die grossen Condensatoren niemals für Solar-Cameras angewendet werden würden, und dass es keineswegs ihr Fehler der Achromatisirung ist, welcher als Ursache des Mangels an Schärfe (verdoppelte Linien) in dem vergrößerten Bild auftritt.

Ein Besuch in dem prächtigen Vergrößerungs-Atelier der Herren Ghémar frères (Chaussée de Charleroi à Bruxelles)

im Jahre 1864 gab uns einen neuen Beweis von der Richtigkeit unserer Beobachtungen. Diese Herren besaßen zwei Apparate von Wothly, der erstere hatte einen Condensator von 9, der zweite einen von 24 Zoll Durchmesser. Ungeachtet der grösseren Oberfläche des Condensators arbeitete der erstere viel schneller, als der zweite, gab aber häufig Veranlassung zu Beugungswülsten, die bei dem zweiten nicht vorkamen. Eine genaue Prüfung bewies uns, dass der erste Apparat, dessen Condensator 9 Zoll Durchmesser hatte, seinen ganzen Lichtkegel der austretenden Strahlen nach dem Objectiv sandte, und da seine Focuslänge sehr kurz war, trafen die rothen Ränder des Conus, wie Fig. 78 zeigt, die Fassung des gewöhnlichen Porträt-Objectivs. Bei dem zweiten war der Negativhalter PQ (Fig. 79) mit einer Oeffnung von ungefähr 18 Centim. im Quadrat versehen, so dass der Conus LfL der Sonnenstrahlen auf nur einen Theil seines Durchschnichts $of'o'$ reducirt wurde. Mit anderen Worten, die Ränder dieses Negativträgers verminderten in einem bedeutenden Verhältniss die Ausdehnung des Condensators. Dies war die Ursache der geringen Kraft des Apparates; aber die Ursache des Nichtvorhandenseins von Beugungswülsten liegt darin, dass der Kegel der austretenden Sonnenstrahlen jetzt ungehindert durch das Vergrößerungs-Objectiv hindurchgehen konnte.

Eine genaue Prüfung der meisten Vergrößerungs-Apparate sowohl in Frankreich, als in Deutschland und anderwärts construirt, zeigte uns bald, dass das Vergrößerungs-Objectiv gewöhnlich eine zu lange Brennweite hatte, und zwar eine solche, dass das Negativ dem Condensator zu sehr genähert war, so dass (wie Fig. 79 zeigt), ein Theil der von diesem letzteren ausgehenden Sonnenstrahlen aufgehalten wurde; daher auch die geringe Wirkungskraft aller dieser Apparate, welche für den Abdruck eines Bildes von 55 Cent. Höhe und 45 Cent. Breite, auf Chlorsilberpapier, mehrere Stunden in Anspruch nahmen und jetzt noch immer nehmen.

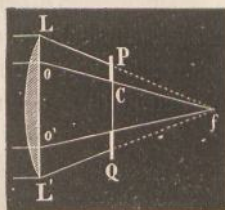


Fig. 79.

Verwendet man hingegen die ganze Oberfläche LfL' (79) des Condensators, indem man dem Vergrößerungs-Objectiv eine kürzere Brennweite gibt, und so, dass das Negativ in den Conus der convergirenden Strahlen kommt; und zwar, dass das Roth, welches denselben begrenzt, auf die Ränder des betreffenden Objectivs fällt, so wird man bemerken, wie beim Abdrucken des Bildes die Beugungswülste entstehen, besonders wenn das Bild eine grosse Ausdehnung besitzt. Es ist dies eine Erscheinung, welche dadurch, dass die Ränder des Kegels nicht frei durch das Objectiv hindurchgehen, herbeigeführt wird.

Diesen Abdrücken fehlt alsdann die Schärfe der Contouren, welche die Schönheit des Bildes ausmachen, besonders bei einer Landschaft, und müssen dieselben alsdann häufig einer sehr starken Retouche unterworfen werden.

Aus dem Vorhergehenden wird der denkende Leser gleich uns erkannt haben, dass man auf einen Condensator mit kurzer Brennweite verzichten, und diesem Condensator LL' (Fig. 80) eine beträchtliche Focuslänge LM geben müsse, mindestens muss

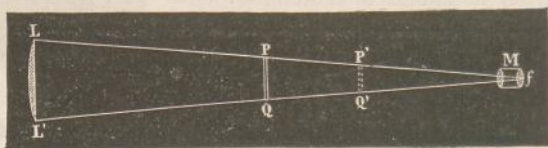


Fig. 80.

dieselbe 5- oder 6 mal den Durchmesser des Objectivs übertreffen, wenn derselbe grösser als 14 Zoll ist. In diesem Fall muss aber auch das Objectiv M eine grosse Focuslänge bekommen, denn das Negativ P muss davon sehr entfernt sein, wenn man die ganze Fläche desselben beleuchten will. Von nun an, müsste das vergrösserte Bild, auf mehrere Meter Entfernung projicirt werden, und bei Anwendung eines Condensators von 19 Zoll Durchmesser (50 Cent.) müsste unter derartigen Bedingungen das Dunkelzimmer für einen Abdruck von 1 Meter im Quadrat 12 Meter lang sein. Man begreift also, dass dieses System, welches im Ganzen genommen nach allen Richtungen das Beste

sein würde, nicht unter jenen Verhältnissen angewendet werden kann, in welchen sich die Mehrzahl der Photographen befindet.

Um diesem Uebelstand zu begegnen, hatten wir gegen Ende des Jahres 1863 negative Linsen NN' (Fig. 81), machen lassen, welche, in den Raum des Conus LfL' der von dem Condensator LL' ausgehenden Strahlen angebracht, deren Brennweite von f zu f' verlängerte.

Das Objectiv M^* , hatte einen grossen Durchmesser oo' im Verhältniss zu seiner Focuslänge, so dass sich dasselbe dem

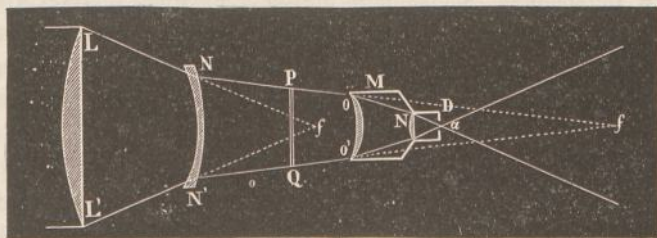


Fig. 81.

Negativ PQ in einer Weise nähern liess, dass das Bild in einer kürzeren Entfernung gebildet werden konnte.

Dieser Apparat lieferte uns jedoch keine guten Resultate. Wir fanden nach genauer Prüfung, dass die sphärische Abweichung (und nicht die achromatische) des Systems $LL' NN'$ eine sehr beträchtliche war, und dass es unmöglich war, durch ein Diaphragma D , das Bündel α der austretenden Strahlen scharf zu begrenzen, selbst nicht durch die Achromatisirung des Systems durch die Cuvette mit ammoniakalischer Kupferchloridlösung (chlorure de cuivre ammoniacal) und seit dieser Zeit haben wir Condensator-Systeme construirt, welche vollkommen frei von dieser Abweichung waren, und die uns seitdem Abdrücke von einer bemerkenswerthen Schärfe geliefert haben.

Die Ursache der verdoppelten Linien in den Solar-Cameras mit einfachem Condensator, scheint uns somit abhängig von der

*) Dieses Objectiv hatte die Form der Oculare, der Ramsden'schen sogenannten Cometensucher.

beträchtlichen sphärischen Abweichung dieser Condensatoren. Wenn man bedenkt, dass diese Linsen von plan-convexer Form bis 30 und 36 Zoll Durchmesser haben, dass ihre Focuslänge gewöhnlich kleiner ist, als der doppelte Durchmesser, und oft von nur $1\frac{1}{2}$ mal so gross, so kann man sich leicht einen genauen Begriff von der grossen Bedeutung des Abweichungskreises machen, dessen Durchmesser mit dem Cubus der Öffnung zunimmt. (siehe Seite 69). Was ist die Folge, wenn man selbst künstlich einen derartigen Condensator achromatisirt (sei es nun durch Berechnung, sei es nun durch Einsetzung einer Cuvette mit ammoniakalischer Kupferchloridlösung, welches nur die blauen und violetten Strahlen durchfallen lässt)? Das Vergrösserungs-Objectiv wird alsdann, selbst wenn man ihm einen beträchtlichen Durchmesser geben wollte, immerhin eine bestimmte Menge der aus dem Condensator austretenden Strahlen, besonders jene vom Rande des Condensators kommenden, in Folge des grossen Durchmessers des Abweichungskreises aufhalten, und selbst wenn das Objectiv da, wo der Abweichungskreis am geringsten ist, angebracht wäre, was eine in der Praxis fast unansführbare Sache ist, so würde dennoch dieselbe Erscheinung vorkommen.

Mit einem Condensator im Gegentheil, welcher frei von sphärischer Abweichung ist, durch Beifügung einer Zerstreuungslinse, deren Krümmungen den Umständen angemessen sind, erzeugen sich diese Beugungswülste nicht mehr, indem die aus dem Condensator tretenden Strahlen, jetzt alle die Achse in demselben Punkt schneiden, und so frei durch das Vergrösserungs-Objectiv hindurchgehen, ohne von den Wandungen der Objectivfassung aufgehalten zu werden.

Der Hauptfehler der Solar-Cameras, so wie sie ihr Erfinder anfänglich construirte, rührt also nicht von dem Fehler der Achromatisirung, sondern davon her, dass, wenn man nur eine Ordnung einfallender Strahlen in Betracht zieht, diejenigen, welche den Abdruck auf das Chlorsilber-Papier veranlassen, die blauen und Indigo-Strahlen nämlich, die Achse in zwei verschiedenen Punkten schneiden, wodurch im Brennpunkt des Condensators

ein mit einem runden Lichthof umgebenes Sonnenbild entsteht, dessen Durchmesser um so grösser wird, je kürzer die Brennweite des Condensators ist.

Man kann (doch in der Praxis nicht gut ausführbar) ein einfaches Vergrösserungs-Objectiv (jedoch achromatisch, da es sonst einen chemischen Focus haben würde), wählen, welches sämtliche, aus dem Condensator tretende Strahlen umfassen würde, wie es Fig. 11, Taf. I, von Herrn Léon Foucault gezeichnet, darstellt; jedoch haben die einfachen Objective, als Vergrösserungs-Objective, bis jetzt keine guten Resultate gegeben. Gewöhnlich ist das Feld des vergrösserten Bildes gekrümmt, d. h. demselben fehlt die Schärfe nach den Rändern hin und ausserdem ist die Verzeichnung des Bildes um so beträchtlicher, je kürzer die Focuslänge dieser Objective ist.

Was das Doppel-Objectiv von Petzval*) betrifft (gewöhnliches Doppel-Objectiv), so gibt dasselbe bei seinem grösseren Umspannungswinkel und ebeneren Bildfläche, in der Solar-Camera angewendet, bessere Resultate als das einfache Objectiv. Wenn man aber dasselbe auf die Achse eines Condensators placirt, dessen sphärischer Abweichungskreis sehr beträchtlich ist, selbst wenn die erste der beiden Linsen N (Fig. 78, diejenige, welche dem zu vergrössernden Negativ zugewendet ist) sämtliche aus dem Condensator tretenden Strahlen auffangen würde, so würden doch dieselben Strahlen nur zum Theil die zweite Linse oo' treffen. Man kann leicht den Versuch anstellen und bemerkt alsdann auf der ersten Linse des Doppel-Objectivs den roth umfängenen Lichtkreis, und auf der zweiten Linse (welche dem Copirrahmen gegenüber ist) das mit Blau umgrenzte Lichtbild, von welchem ein Theil (derjenige, welcher aus den Rändern des Condensators hervortritt) durch die Fassung des Objectivs aufgehalten wird. Jedoch gibt dieses Objectiv, besonders wie wir dasselbe abgeändert und später beschreiben werden, recht genügende Resultate, unter der Bedingung, dass dasselbe mit

*) Die Tripletlinse von Dallmeyer und noch mehr das Kugel-Objectiv sind zu diesem Zweck nicht verwendbar.

einem Condensator in Verbindung gebracht wird, dessen Abweichungskreis einen nur geringen Durchmesser hat.

Um deutlich zu verstehen, aus welchem Grund man nicht die Form des Objectivs, der Nothwendigkeit angemessen, wählen kann, darf man nicht vergessen, dass die geeignetste Grösse des zu vergrößernden Negativs gegeben ist, es existirt zwischen der Entfernung des Negativs PQ vom optischen Mittelpunkt C des Vergrößerungs-Objectivs und derjenigen dieses selben Punktes C

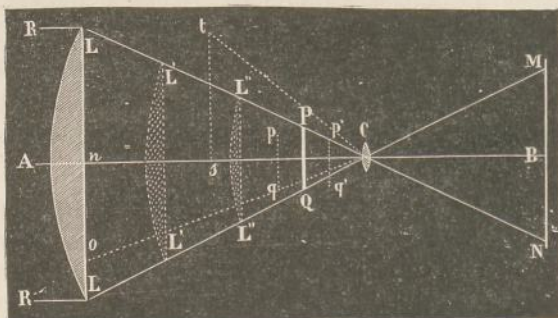


Fig. 82.

zur Entfernung des Schirmes NM , auf welchen das vergrößerte Bild des Negativs projicirt wird, ein festes Verhältniss (das der gepaarten Brennpunkte), welches auch die Vergrößerung bestimmt, d. h. das Verhältniss PQ zu MN , der Grösse des Negativs zu dessen vergrößertem Bilde.

Wenn man dieses Negativ PQ durch zerstreutes oder convergirendes Sonnenlicht beleuchtet, so bleiben die Entfernungen PQ zu C und NM zu C unverändert. Will man nun das Negativ PQ durch convergirendes Licht mit Hülfe von Condensatoren L oder L' beleuchten, so müssen die Focuslängen dieser Condensatoren derartige sein, dass der Winkel des Conus PCQ sich stets gleich bleibt, welches auch immer der Durchmesser des Condensators sein mag.

Man sieht somit, dass mit einem kleinen Condensator L' oder einem sehr grossen L die Resultate, sowohl der Schärfe nach und in dem Verhältniss von $(LL)^2:(L'L)^2$ auch der Schnellig-

keit, gleich sein müssten. Wenn hingegen L'' einen kleinen Durchmesser hat, so wird auch sein Abweichungskreis klein sein, und könnte von da an geringer sein als der Durchmesser des Vergrößerungs-Objectivs C ; wenn er jedoch beträchtlich ist, so nimmt sein Abweichungskreis im cubischen Verhältniss seiner Oeffnung zu, und wird grösser als der Durchmesser des Objectivs, daher die Beugungswülste herbeigeführt werden.

Man müsste somit den Durchmesser des Vergrößerungs-Objectives C vergrössern, ihm jedoch dabei seine Focuslänge PC bewahren, und zwar umsomehr, als der Condensator grösser wird. Nun weiss jedoch Jedermann, dass dies in der Praxis nicht ausführbar ist, und dass zwischen dem Durchmesser eines Objectivs und seiner Focuslänge ein Verhältniss besteht, welches durch die Berechnung und die Erfahrung festgestellt ist, und welches unbedingt von jedem Optiker beobachtet werden muss.

Wenn es einerseits unmöglich ist Vergrößerungs-Objective für grosse Condensatoren mit kurzer Focuslänge anzufertigen, so ist es anderseits möglich, grosse Condensatoren zu machen, deren austretende Strahlen sich in dem praktischen und thatsächlichen Zustand befinden, welchen Fig. 82 beansprucht. Es genügt einfach deren sphärischen Abweichungskreis wegzuschaffen, und zwar, indem man die Abweichung selbst aufhebt. Von nun an bleibt die Grösse des Negativs fest bestimmt, und mithin auch das Objectiv, welches dasselbe vergrössert, welches immer auch der Durchmesser des Condensators sein mag.

Unvollkommenheit des Objectivs. — Die von Herrn Thouret aufgestellte, und von uns auf Seite 181 besprochene Behauptung, obgleich von Claudet widerlegt, ist doch in der Praxis gerechtfertigt. Das Negativ lässt freilich, wenn es sehr transparent ist, ungefähr das ganze Sonnenlicht, welches auf dasselbe fällt, durchscheinen, häufig jedoch ist dieses Negativ weniger durchsichtig als es sein sollte, und die Sonne besitzt in Folge der vor dieselbe tretenden leichten Wolken, besonders in unseren Climates, eine weniger starke Leuchtkraft.

Es wird alsdann ein gegebener Punkt des Negativs durch das Objectiv auf zweierlei Weisen reproducirt, bei der ersten

durch das Sonnenlicht, welches durch das Negativ hindurchgeht, bei der zweiten, durch dasjenige, welches jeder Punkt ausstrahlt.

Je intensiver das Negativ ist, und je weniger lebhaft das Sonnenlicht, um so mehr bestätigt sich das Gesagte. In dem ersten Fall, wirkt das Objectiv durch einen Punkt seiner Fläche, und in dem zweiten, durch seine ganze Fläche und diese beiden Bilder sind weder gleich scharf, noch übereinstimmend, besonders nach den Rändern des Bildes hin.

Ein Jeder, welcher eine gewöhnliche Solar-Camera besitzt, kann sich leicht hiervon überzeugen, indem er auf dem Copirrahmen scharf einstellt. Sobald eine Wolke die Sonne trübt, wird man bemerken, dass die Ränder des Bildes unscharf werden, (die Schärfe nimmt wieder zu, wenn man das Vergrößerungs-Objectiv diaphragmirt) und dass, in dem Verhältniss als die Sonne von den Wolken befreit wird, die Schärfe des Bildes nicht nur nach den Rändern desselben bedeutend zunimmt, sondern auch, mit oder ohne Diaphragma, dieselbe bleibt.

Setzt man zwischen den Condensator, und das Negativ eine matte Glastafel, so verliert das Bild seine Schärfe nach den Rändern zu, nimmt man das Glas fort, so wird das Bild nicht nur heller, sondern auch viel schärfer.

Dies beweist, dass das Objectiv (wir sprechen hier von dem gewöhnlichen Doppel-Objectiv) in der Solar-Camera nicht so arbeitet wie gewöhnlich, denn bei der Solar-Camera wird jeder einzelne Punkt des zu vergrößernden Negativs von einem einzelnen Büschel der Sonnenstrahlen im durchgelassenen Lichte erleuchtet, und nur ein unendlich kleiner Bruchtheil des Vergrößerungs-Objectives, liefert das Bild dieses Punktes auf dem Schirm. Gewöhnlich sendet ein Punkt, der zu reproducirenden Zeichnung nach dem Objectiv ein Strahlenbündel, dessen Basis die ganze Oeffnung des Objectivs und dessen Scheitel der betreffende Punkt bildet. Alsdann bildet das ganze Objectiv, oder wenigstens jener Theil seiner Fläche, welchen das Diaphragma frei lässt, das Bild. Die beiden Fälle sind sehr verschieden, denn es kann ein Objectiv, welches als Vergrößerungs-Objectiv

einer Solar-Camera ausgezeichnet ist, als gewöhnliches Objectiv angewendet, gar nichts taugen, und umgekehrt. *)

Die Nothwendigkeit, in der man sich befindet, dem Objectiv einen so grossen Durchmesser als möglich zu lassen, um alle aus dem Mittelpunkt und den Rändern des Condensators tretenden Strahlen durchlassen zu können, hat zur Folge, wie dies von Bertsch und Thouret ganz richtig begriffen wurde, den Abdruck zu verschleiern, weil die von den benachbarten Punkten der Sonne ausgehenden Strahlen, ganz ebenso wie die Sonnenstrahlen selbst durch das Objectiv hindurch gehen.

Die Erfahrung hat uns gezeigt, dass bei den gewöhnlichen Solar-Camern dieser Fehler bei sehr hellem Wetter, wenn die Sonne mit voller Kraft beleuchtet, und das zu vergrössernde Negativ sehr transparent ist, von nur geringem Einfluss ist. Ist hingegen der Himmel bewölkt, oder die Sonne durch leichte Wolken getrübt, und das Negativ etwas zu intensiv, so erscheinen die Weissen des Bildes immer durch das zerstreute Licht, welches das Objectiv umherwirft, schmutzig. Wenn man das Objectiv diaphragmirt, so verfällt man in den Fehler der Beugung, welcher die Schärfe des Bildes zerstört (selbstverständlich bei dem gewöhnlichen Condensatoren-System).

Aus diesem Grund haben wir bei der Construction der Solar-Camera die Form des Doppel-Objectivs verlassen, um eine andere anzunehmen (immer auf die Angaben Petzval's gestützt), die durch *M* (Fig. 78, Seite 187) dargestellt wird.

Dieses Objectiv hat eine derartige Form, dass das Bild durch die Sonne oder das zerstreute Licht des beleuchteten Negativs gleichmässig scharf erscheint. Um das zerstreute Licht zu vermeiden, welches, wie wir früher gesagt haben, das Bild verschleiern, wird die dem Schirme zunächst liegende Linse *O* gerade so gross genommen, um das Sonnenbild vollständig frei hindurch zu lassen und zugleich noch jene Punkte des Himmels aufzunehmen, welche um das Gestirn herumliegen.

*) So ist dies bei der Tripletlinse, dem Orthoscop und dem Kugel-Objectiv etc., der Fall, welche selbst bei gleich grosser Oeffnung dem Systeme von Petzval zurückstehen.

Befestigung des Negativs. — Die dritte Unvollkommenheit der Solar-Camera von Woodward liegt in der Art, wie das Negativ in dem Conus der Sonnenstrahlen placirt ist. Dasselbe wurde in einem viereckigen oder rechtwinkligen Rahmen befestigt und es wurde von den durchfallenden Sonnenstrahlen um so mehr erwärmt, je kräftiger die Sonne schien. Die Ränder des Negativs blieben kalt, denn meistens gingen die Sonnenstrahlen nur durch den mittleren Theil des Negativs hindurch, die Ausdehnung wurde ungleich und der Bruch dadurch herbeigeführt.

Diese Unvollkommenheit war, wie die beiden anderen, in der ursprünglichen amerikanischen Solar-Camera, deren Condensator nur einen Durchmesser von acht Zoll hatte, von wenig Belang, weil die Erwärmung des Negativs nicht sehr beträchtlich war, jedoch änderte sich dieser Umstand, als die grösseren Linsen mehr in Aufnahme kamen und bei einem Condensator von 19 oder 24 Zoll Durchmesser unter 10 Negativs neun zersprangen.

Herr Delessert, der eine Solar-Camera mit einem Condensator von 80 Centim. Durchmesser hatte, wobei ihm sämtliche Negative zersprangen, war genöthigt, mittelst eines Ventilators, einen kalten Luftstrom auf die Platte zu leiten und so dieselbe abzukühlen.

Herr Verbecke in Louvain, ohne das Hülfsmittel des Herrn Delessert gekannt zu haben, fand dasselbe seinerseits auch, und er wendet es noch an, nur dass er anstatt eines Ventilators, des Blasbalges einer Orgel sich bedient. Wenn das Negativ in einer Weise befestigt wird, dass es sich gleichmässig auf seiner ganzen Fläche erwärmt, so wird diese Unannehmlichkeit vermieden. Die Art und Weise der Befestigung des Negativs, werden wir in dem folgenden Kapitel beschreiben.

KAPITEL V.

VON DEM DIALYTISCHEN APPARAT *).

Ueber den Unterschied, welcher zwischen dem dialytischen Apparat und der gewöhnlichen Solar-Camera besteht. — Der dialytische Vergrößerungs-Apparat, welchen Namen wir, wegen seiner Aehnlichkeit der Form mit dem dialytischen Fernrohr gewählt, unterscheidet sich von der Woodward'schen Solar-Camera durch die drei folgenden Punkte:

1. Ist der Condensator für die sphärische Abweichung corrigirt, so dass, wenn man nur eine gewisse Ordnung der einfallenden Strahlen berücksichtigt, alle aus dem Condensator tretenden Strahlen die Achse in demselben Punkte schneiden, wodurch die Beugungswülste vermieden werden.

2. Das Negativ ist in einer Weise befestigt, dass dasselbe unter dem Einfluss der Wärme der Sonnenstrahlen nicht springt.

3. Das Objectiv ist von einer besonderen Construction, welche für die Vergrößerung mehr geeignet ist als das einfache oder Doppel-Objectiv, indem das vergrößerte Bild schärfer und frei von Schleiern erscheint.

Kurzgefasste Beschreibung des dialytischen Apparates. — Der Reflector (Fig. 1, 2, 5, Taf. II) besteht aus einem sehr eben geschliffenen, fein polirten und gut versilberten Spiegel, welcher in einen Rahmen von Eisen oder Holz gefasst wird, der eine etwaige Biegung verhindert. Dieser Spiegel ist etwas breiter als der Durchmesser des Condensators und $2\frac{1}{2}$ mal so lang. Die Achse, welche denselben trägt, liegt in der reflectirenden Ebene senkrecht auf die Länge des Spiegels und ist so angebracht, dass sein Gleichgewicht ein stabiles ist. Der Spiegel lässt sich um die Achse in alle möglichen Lagen bringen, und zwar mittelst eines Zahnrades, welches an seiner Rotationsachse befestigt, und welches Rad durch eine Schraube ohne Ende in

*) Siehe Vol. X du Bull. soc. franç. de phot.: „Abhandlung über einen neuen dialytischen Apparat für Vergrößerungs-Photographien.“

Bewegung gesetzt wird, deren Leitstange bis in das Dunkelzimmer, in welchem sich der dialytische Apparat befindet, hineinreicht. Die Spiegelachse dreht sich zwischen zwei horizontalen Armen, die an einer sich vertical drehenden Scheibe befestigt sind und welche letztere, ebenfalls von der Dunkelkammer aus, durch eine kleine Kurbel gedreht werden kann. Der Spiegel kann somit je nach dem Stand der Sonne, in jede nöthige Stellung gebracht werden, um die Sonnenstrahlen horizontal in den optischen Apparat zu reflectiren.

Der Reflector ist in den Fensterrahmen eines entsprechend verdunkelten Zimmers, der eigentlichen Solar-Camera gegenüber befestigt.

Der optische Apparat (Fig. 4, Pt. II), besteht aus einem Kasten, an dessen vorderer Seite der Condensator befestigt ist, dessen Durchmesser 19, 14, oder 8 Zoll hat, je nach der Leistungskraft, welche gewünscht wird. Dieser Condensator ist bi-convex, die Fläche, welche nach dem Innern gewendet, ist fast eben, die nach Aussen jedoch stark convex. Seine Krümmung ist derartig, dass die sphärische Abweichung auf ein Minimum reducirt wird. In einer dem Durchmesser dieser Linse gleichen Entfernung, befindet sich eine concav-convexe Linse, deren concave Seite dem Condensator zugewendet ist.

Der Durchmesser dieser negativen Linse übersteigt um ein Geringes die Hälfte desjenigen des Condensators, die Dicke derselben ist sehr gering, und beträgt nur 6 bis 8 Millimeter, um so wenig als möglich Licht zu absorbiren. Die Wirkung dieser Linse besteht in der vollständigen Aufhebung der sphärischen Abweichung des Condensators, so dass der Conus der aus der negativen Linse heraustretenden Strahlen nur einen Punkt zum Scheitelpunkt hat.

Nachstehend die numerischen Daten dieses Systems, und zwar ausgedrückt als Function des halben Durchmessers des Condensators, diesen als Einheit angenommen.

erste Fläche R	= 2,645	Dicke im Mittelpunkt	0,196
zweite „ R'	= 21,639	Focuslänge	4,0150
dritte „ R''	= 1,083	Dicke an den Rändern	0,067
vierte „ R'''	= 1,234		

Entfernung der beiden Linsen	2,0075
Focuslänge des Systems	4,617
Brechungsindex (blau)	1,543

Das Negativ ist in dem Lauf des Kegels der Sonnenstrahlen angebracht, und lässt sich in der Richtung der optischen Achse in einer Weise bewegen, dass dasselbe dem Condensator genähert, oder von demselben entfernt werden kann.

Im Brennpunkt des Beleuchtungssystemes befindet sich das Vergrößerungs-Objectiv, dessen optische Achse mit jener des Condensators und der negativen Correctionslinse zusammenfällt. Dieses Objectiv besitzt die äussere Form der Oculare, von Ramsden, welche auf Ferngläser mit Fadenkreuzen angebracht sind, aber die Construction desselben ist auf das Princip der Petzval'schen Doppel-Objective basirt, und ist in der Richtung der Achse, vollständig frei von sphärischer Abweichung und ohne chemischen Focus.

Der Durchmesser der beiden Linsen, aus welchen dasselbe zusammengesetzt ist, ist verschieden, und zwar ist die grössere dem Negativ zugewendet. Der Zweck dieses Unterschiedes liegt darin, zu vermeiden, dass das Objectiv nicht durch Zerstreung auf das empfindliche Papier einen Theil des Lichtes werfe, das nicht von den direkten Sonnenstrahlen, sondern von den, aus der Umgebung der Sonne liegenden Punkten herrührt. Ein Objectiv, dessen beide Linsen denselben Durchmesser haben, würde, wenn diejenige, welche dem vergrösserten Bild gegenüber liegt, mit einem Diaphragma versehen wäre, demselben Zweck entsprechen. Der Verfasser dieses Werkes hat mehrere dieser Objective von verschiedener Focuslänge und verschiedenem Durchmesser construiren lassen, aber diese sämtlichen Objective umschlossen immer einen Winkel sCt (Fig. 82 Seite 194), welcher grösser war, als der Winkel der Divergenz ACL des Kegels der aus dem Condensator tretenden Strahlen. Theoretisch würde es genügen, wenn der von dem Objectiv umspannte Winkel dem divergirenden Winkel des Sonnenstrahlenkegels gleich, aber auf keinen Fall kleiner als derselbe wäre, es müsste aber alsdann das Objectiv für bleibend in dem Apparat befestigt werden, da, wenn

dies nicht geschieht, die Ränder des Sonnenstrahlenkegels bei dem Vorwärtsschieben des Objectivs gegen den Condensator auf die Fassung desselben fallen und die Schärfe des Bildes durch die Erzeugung von Beugungswülsten beeinträchtigen würden. Es würden hieraus für die Praxis viele Unannehmlichkeiten entstehen, weil der Platz des Negativs (dessen Durchmesser verschieden ist) in dem Sonnenstrahlenkegel genau durch den Durchmesser $p q$, $P Q$, $p' q'$ (Fig. 82) des Durchschnittes bestimmt wird, welcher mit der grössten Fläche des Negativs übereinstimmt, und zwar um so viel als möglich das aus dem Beleuchtungs-System kommende Licht zu verwerthen. Nachdem also der Platz des Negativs auf diese Weise festgestellt ist, so wäre es zunächst nöthig, dass die Focus-Distanz des Objectivs genau diejenige wäre, deren es bedarf, um das scharf vergrösserte Bild auf einen Rahmen zu werfen, dessen Grösse je nach den verschiedenen grossen Formaten des angewendeten photographischen Papiere, bestimmt wird. Da diese Bedingungen unter tausend Fällen nicht Ein Mal erfüllt werden, so müsste man das Negativ selbst bewegbar machen, wie dies Woodward ebenfalls gethan. Wird nun das Negativ nach der Seite des Condensators bewegt, so geht alles Licht, welches an den Seiten vorüberstreift, verloren, wird es aber nach dem Objectiv hinbewegt, so ist das Bild nur auf den Theil des Negativs beschränkt, durch welchen die Sonnenstrahlen durchgehen.

Der divergirende Winkel des Objectivs, seine Focuslänge und die Grösse des Negativs müssen also mit dem divergirenden Winkel des Kegels der Sonnenstrahlen im Verhältniss stehen, und dem Vergrösserungs-Objective gestatten, sich um einige Centimeter in der Richtung der Achse des Apparates zu bewegen. Dieses letztere ist unbedingt nothwendig um seine Entfernung vom Negativ, verändern zu können. Man gibt derjenigen Linse, welche dem Negativ zugewendet ist, einen viel grösseren Durchmesser, um den Winkel, welchen dieselbe umspannt, zu vergrössern und so zu vermeiden, dass die Ränder des Strahlen-Conus nicht die Ränder der Objectiv-Fassung treffen.

Da der Zerstreungswinkel der drei Dimensionen des dialytischen Apparates, welche durch diejenige der Condensatoren von 8, 14 bis 19 Zoll bestimmt wurden, für alle drei gleich ist, da ferner das Format des Negativs von $6\frac{1}{2}$ zu 9 Cent. angenommen ist, welches Format das Visitenkartenformat genannt wird, und da endlich vorausgesetzt wurde, dass die linearen Vergrößerungen zwischen 4fach und 12fach sein dürften, so ergab sich durch die Berechnung, welche bei dem Versuch als vollkommen richtig sich herausgestellt, dass das Objectiv, welches unter obigen Bedingungen am zweckentsprechendsten erschien, Folgendes*) war:

Durchmesser derjenigen Linse, welche sich dem Negativ gegenüber befindet	63 Millim.
Durchmesser derjenigen Linse, welche sich dem vergrößerten Bild gegenüber befindet	45 „
Entfernung der beiden Linsen von einander	85 „
Focuslänge des Systemes**)	150 „

Dieses Objectiv ist durch den Buchstaben *B* bezeichnet.

Es kommt häufig vor, dass das Negativ, obgleich auf eine Platte von $6\frac{1}{2}$ zu 9 Zoll gemacht, kleiner ist, und zwar geschieht dies besonders dann, wenn es sich darum handelt nur einen Theil des Negativs zu reproduciren. — Man ist alsdann genöthigt dieses Negativ zu beschneiden und kleiner zu machen. Der Platz des Negativs in dem Conus der Sonnenstrahlen nähert sich alsdann beträchtlich dem Brennpunkt des Condensators, so dass das Objectiv nicht mehr zweckentsprechend angewendet werden kann. — Aus diesem Grund haben wir ein zweites Instrument construirt, welches wir mit dem Buchstaben *C* bezeich-

*) Wenn der Durchmesser des Condensators nur 8 Zoll beträgt, so kann das Vergrößerungs-Objectiv einen geringeren Durchmesser haben, indem der rothe Kreis, welcher den convergirenden Strahlenkegel umgibt, ein geringerer ist. Nachstehend geben wir die angenommenen Dimensionen für dieses Objectiv, welches wir mit dem Buchstaben *A*, zum Unterschied von den andern *B* und *C*, bezeichnen.

Durchmesser der Linse dem Negativ gegenüber	60 Millim.
„ „ „ „ vergrößerten Bild gegenüber	40 „
Entfernung der beiden Linsen von einander	55 „
Focuslänge des Systemes	114 „

**) Berechnet auf der Achse von der eigentlichen Brennpunktebene bis zu der Berührungsebene derjenigen Linse, welche dem Focusplan zugewendet ist.

diese Diaphragmen bei einem lebhaften Sonnenlicht überflüssig; ist aber der Himmel leicht verschleiert, so sind dieselben unerlässlich. (Siehe S. 196).

Dies ist die Beschreibung des dialytischen Apparates, wenigstens von der rein wissenschaftlichen Seite betrachtet. Es bleibt uns nur noch übrig die Beschreibung dieses Apparates vom praktischen Standpunkt zu geben und sie wird zugleich beitragen den Leser mit anderen Systemen *) vertraut zu machen.

*) Ehe wir dies beginnen, sei es uns gestattet einige Versuche zu erwähnen, welche wir oftmals zu dem Zwecke wiederholt haben, uns zu versichern, ob die verschiedenen Vervollkommnungen, welche wir der ursprünglichen Woodward'schen Solar-Camera haben zu Theil werden lassen, von wirklichem Nutzen gewesen. Wir werden uns hier nur mit der Einführung der corrigirenden negativen Linse und des Vergrößerungs-Objectives beschäftigen, indem wir alle mechanischen Verbesserungen, als von geringerer Wichtigkeit bei Seite lassen.

Eine Frage ist häufig an uns gerichtet worden, nämlich: Glauben Sie wirklich, dass die negative Linse unerlässlich nothwendig ist, und reicht der Condensator, dessen Krümmungsflächen derartig sind, dass seine sphärische Abweichung auf das Minimum reducirt wird, nicht aus?

Ferner, genügt das gewöhnliche Doppel-Objectiv, wie dasselbe von den guten Optikern construirt wird, nicht, um das Bild besser oder wenigstens eben so gut, als das Objectiv, dessen Sie sich bedienen, zu vergrößern und bei welchem Sie die vordere Linse unverhältnissmässig gross gemacht haben, welcher Umstand gewiss den Gesichtswinkel des Objectives vermehrt und das Bildfeld eben macht, aber auch auf der anderen Seite die Astigmatation ungemein vergrößert?

Auf diese Fragen haben wir Folgendes zu erwidern:

Es ist freilich möglich, dass wenn man anstatt des alten plan-convexen Condensators mit kurzer Focuslänge (deren man sich auch noch heute bedient) einen Condensator mit einer Focuslänge von dreimal seinem Durchmesser anwendet, und indem man ihm die entsprechenden Krümmungsflächen gibt, die Beugungswülste bis zu einem gewissen Punkt in dem vergrößerten Bild vermieden werden können, deren Folge die Zerstörung der Schärfe des Bildes sein würde. (Siehe Seite 186). Dies wird jedoch nur dann als richtig sich ergeben, wenn der Durchmesser des Condensators 8 bis 10 Zoll nicht überschreitet und das Negativ die Grösse der Visitkarte hat. Ebendasselbe findet bei dem dialytischen Apparat mit 8zölligem Condensator statt, indem, wenn die negative corrigirende Linse herausgenommen, das Resultat nicht wesentlich von dem unterschieden sein wird, welches mit der negativen Linse sich ergibt, was durch den geringen Durchmesser des transversalen Abweichungskreises einer 8zölligen Linse mit einer Focuslänge von 16 zu 20 Zoll, sich erklären lässt. Die Resultate sind jedoch sehr verschieden, wenn man sich eines Condensators von 14 oder 19 Zoll Durchmesser bedient. Wenn man bei diesem letztern Instrumente die negative Linse wegnimmt, so scheint das vergrößerte Bild an Schärfe nicht zu verlieren aber an dem abgedruckten Bilde zeigen sich immer Beugungswülste, die sich nicht bilden, wenn die

negative Linse eingesetzt wird, und in welchem Fall die Bilder merkwürdig scharf sind, was besonders auffällt, wenn man eine Reihenfolge immer grösser werdender Abdrücke unter einander vergleicht. Der blosser Anblick zeigt, dass die Feinheit mit der Vergrösserung zunimmt, was eben den bedeutenden Unterschied gegen die gewöhnlichen Camera beweist, indem dieselben bei schwachen Vergrösserungen ziemlich gute Resultate geben, hingegen bei grösseren Bildern die Resultate sich immer ungünstiger gestalten.

Dieses wird durch den beträchtlichen Abweichungskreis des Condensators erklärt. Jedesmal, wenn die negative corrigirende Linse aus dem Apparat herausgenommen wird, besonders wenn der Condensator einen 19zölligen Durchmesser hat, so bildet sich eine unüberwindliche Schwierigkeit um das Objectiv in einer Weise zu befestigen, dass auf die inneren Wandungen der Fassung keine Strahlen fallen, was also einen sichtbaren Beweis des unregelmässigen Ganges der Sonnenstrahlen durch das Objectiv gibt, und selbst in einer Stellung des Objectivs, in welcher dieser Fehler am wenigsten sichtbar ist (nämlich bei dem geringsten Abweichungskreis) bemerkt man, wie während des Abdruckens auf dem Papier, die scharf begrenzten Contouren sich verdoppeln.

Während des Sommers 1864 haben wir zwei unter sich ganz gleiche 19zöllige Apparate in Thätigkeit gehabt, wo bei einem derselben die corrigirende Linse fortgenommen war, und wir liessen dieselben neben einander stehend zu gleicher Zeit arbeiten. Jedesmal, wenn wir den Besuch eines Photographen oder eines Gelehrten empfangen, liessen wir beide Apparate mit ganz gleichen Negativen arbeiten und immer gab der dialytische Apparat die besten Resultate. Es findet nur dann eine Ausnahme statt, wenn dem Negativ die Schärfe fehlt und dasselbe keine scharf begrenzten Linien zeigt, wobei selbstverständlich eine genaue Einstellung nicht möglich sein würde.

Es ist somit entschieden festgestellt, dass die convergirende Beleuchtung bei den photographischen Vergrösserungen frei von sphärischer Abweichung sein muss, indem sonst die doppelten Linien sich immer kund geben, wenn nicht der Werth der Abweichung mindestens einen kleinsten Bruchtheil des Objectiv-Durchmessers bildet, was nur der Fall sein wird, wenn der Condensator mit geeigneten Krümmungen weniger als 10 Zoll Durchmesser und seine Focuslänge mehr als $2\frac{1}{2}$ mal dieses Durchmessers beträgt.

Selbst wenn das System des Condensators von sphärischer Abweichung ganz frei wäre, so würde man dennoch nicht beständig gleichmässig gute Resultate bezüglich der Schärfe erhalten, wenn man sich der gewöhnlichen Doppel-Objective bedienen wollte, besonders der in dem Handel mit Viertel und Sechstel bezeichneten. Wir wissen recht wohl, dass, wenn diejenige Linse des Petzval'schen Doppel-Objectivs, welche bei gewöhnlichem Gebrauche der Visirscheibe zugewendet ist, unverhältnissmässig vergrössert wird, die ganze Astigmatation, welche von der geneigten Stellung der Linsen zu den einfallenden Strahlen herrührt, vorhanden bleibt. Hierbei muss aber bemerkt werden, dass ein beträchtlicher und wesentlicher Unterschied zwischen dem für die gewöhnliche Camera angewendeten und dem für Vergrösserungen benutzten Objectiv besteht. In diesem letzteren Fall sendet jeder Punkt des zu reproducirenden Objectes ein Lichtbündel nach dem Objectiv, dessen Winkel durch die Objectiv-Oeffnung und die Entfernung des leuchtenden Punktes bestimmt ist. Die Astigmatation entsteht somit nur aus der Schiefe des strahlenden Punktes, und wenn die Linse des Doppel-Objectivs, welche dem matten

KAPITEL VI.

BESCHREIBUNG UND HERRICHTUNG*) DES DIALYTISCHEN APPARATES UND IM ALLGEMEINEN ALLER VERGRÖSSERUNGS-APPARATE.

Von den für den Apparat bestimmten Räumlichkeiten.

— Die erste Bedingung bei der Aufstellung eines Vergrößerungsapparates, von welcher Construction derselbe auch sein mag, besteht in der Wahl eines Ortes, dessen Fussboden sehr solid und vor jeder Erschütterung, so viel als möglich, geschützt ist. Wenn das Vergrößerungsgebäude solid gebaut ist, so wird das Vorüberfahren der Wagen die Schärfe des Bildes keineswegs beeinträchtigen. So hat unter andern der Schreiber dieses die Apparate der Herren Franck de Villecholles, rue Vivienne in Paris und Alexander Ken, Boulevard Montmartre in Paris, also in sehr durch Wagen und Passage belebten Gegenden, in Thätigkeit gesehen und sich überzeugt, dass die Festigkeit des Gebäudes den Apparat vor jeder Bewegung des Bodens beschützte.

Glase zugewendet, alle aus der ersten Linse austretenden Strahlen auf die Focusebene überträgt, so wird sicher die Astigmatation unerträglich sein. Bei uns kömmt dergleichen jedoch nicht vor; man muss in der That berücksichtigen, dass jeder Punkt des Negativs durch einen einzelnen Sonnenstrahl beleuchtet wird, welcher bei dem Objectiv angelangt durch dasselbe hindurchgeht. Man kann somit mit Hülfe eines undurchsichtigen Rahmens ungestraft den gewünschten Theil der Objectiv-Oberfläche bedecken, ohne einen nachtheiligen Einfluss auf die, in dem Bild durch den Rahmen aufgehaltene Punkte hervorzubringen. Es genügt somit, dass das Objectiv frei von sphärischer als auch chromatischer Abweichung in der Richtung der Achse sei, und dass die Focustlänge der schief einfallenden Lichtbündel mit jener der mit der Achse gehenden gleich ist, wenn das Objectiv vollkommen sein soll. In diesem Fall ist weder eine Abweichung wegen der Dicke, noch eine Astigmatation möglich und der unumstösslichste Beweis, den wir davon geben können, besteht darin, dass das Objectiv, dessen wir uns als Vergrößerungs-Objectiv bedienen, obgleich dasselbe diese zwei Unvollkommenheiten in beträchtlichem Grade besitzt, wenn man es bei der gewöhnlichen Camera benutzen wollte, es dennoch bei der Vergrößerung, Bilder gibt, bei welchen die geraden Linien genau bewahrt bleiben und eine Spur von Astigmatation nicht aufzuweisen ist.

*) Auf den Figurentafeln II und III ist die Aufstellung des Apparates Nr. 3 sowohl für den Winter als auch für Sommer mit grösster Genauigkeit dargestellt. In den Zeichnungen ist das Verhältniss von 5 Centim. gleich 1 Mètre angenommen.

Will man Abdrücke auf Bögen von 120 Centim. Höhe anfertigen, was schon eine sehr bedeutende und für die meisten Photographen genügende Dimension ist, so muss der Raum, in welchem man arbeiten will, 5 Meter lang sein. — Der Fussboden muss so viel als möglich, vor Aufstellung des Apparates befestigt werden und für den Fall, dass derselbe sich dennoch bewegt, lässt man in die Wand zwei Holzbalken *F* und *H* ein, wie Fig. 83 zeigt, welche ungefähr 20 zu 35 Centim. stark sind und auf die der ganze Apparat gesetzt wird. Diese Balken berühren nicht den Fussboden, sondern werden 3 oder 4 Centim. über demselben gehalten, so dass man also gehen kann, ohne

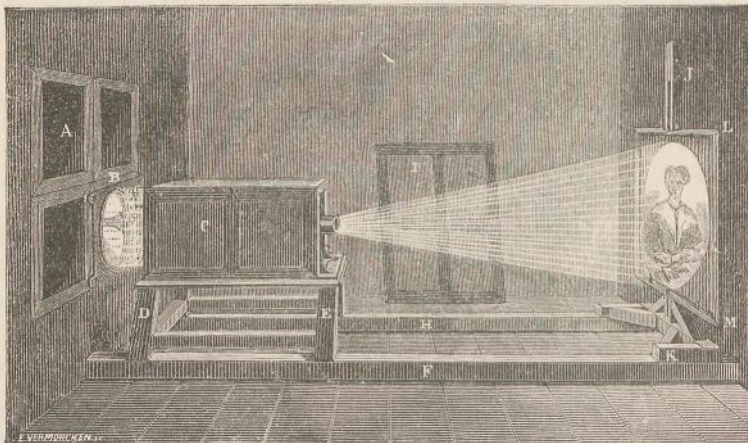


Fig. 83.

befürchten zu müssen, dass man die einzelnen Stücke, aus welchen der Apparat besteht, bewegt, was jedenfalls vermieden werden muss.

An der Wand *A* (Fig. 83), welche senkrecht zu der Länge des Zimmers steht und so viel als möglich nach Süden gewendet sein muss, wird der Reflector befestigt. Dies ist wenigstens die günstigste Bedingung, indem man alsdann die Sonne den ganzen Tag hat, vorausgesetzt, dass die benachbarten Gegenstände hierbei nicht hinderlich sind, ausserdem wenn die Richtung

eine südöstliche, so ist namentlich im Winter Nachmittags die Länge des Spiegels eine ungenügende, nach Südwesten gerichtet, ist dies des Morgens der Fall. Es ist deshalb nöthig, dass der Reflector und der Apparat so viel als möglich von Süden nach Norden gerichtet werde, wobei dann der Spiegel nach Süden gewendet sein muss.

Die allgemeine Aufstellung und Einrichtung einer Solar-Camera, (welches System es auch sein mag) ist in Fig. 83 dargestellt. — *A* ist das geschlossene Fenster nach Süden gerichtet, an welches der Rahmen mit dem Spiegel *B* angeschraubt ist, diesem gegenüber ist die Solarcamera *C* auf einem Fussgestelle *DE* angebracht. — Das vergrößernde Bild des Negativs wird auf einen Copirrahmen *LM* geworfen. — Gehen wir nun zur Betrachtung der Details über.

Beschreibung des Reflectors. (Spiegelträgers). — Wenn der Spiegel gross ist, so thut man wohl denselben ganz in Eisen einzufassen; wie wir dies nach einer längeren Erfahrung bei unseren Reflectoren eingeführt haben. Es müssen drei Bedingungen erfüllt sein, wenn der Reflector vollkommen seinem Zweck entsprechen soll. Derselbe muss nämlich beständig im Gleichgewicht erhalten bleiben, so dass er dem Einfluss des Windes widersteht; der Mittelpunkt der Bewegungen muss mit dem Mittelpunkt der Figur zusammenfallen oder sich in symmetrischer Lage gegen denselben befinden, um schliesslich für die Bewegung die geringste mechanische Kraft nothwendig zu haben, und drittens darf bei dem den Spiegel tragenden Rahmen, keine Krümmung zu befürchten sein. — Dieser letzte Punkt ist von besonderer Wichtigkeit, wenn man ein rundes Sonnenbild anstatt eines länglichen im Brennpunkte des Condensators erzielen will, welches letztere entsteht, wenn der Spiegel anstatt eben zu sein gebogen ist. — Diese Bedingungen sind bei dem Modell des Reflectors, welches wir angenommen und in Fig. 1, Taf. II dargestellt haben, vollkommen erfüllt.

Die Spiegeltafel *AB* ist vier- oder auch achteckig, wenn die Ecken abgestumpft sind; der eiserne Rahmen, auf welchem dieselbe ruht, wird, ohne diese, durch Fig. 2 erläutert. — Der

Rahmen kann ebenfalls aus gut ausgetrocknetem Eichenholz gemacht werden, wobei vier eiserne Vorsprünge $CDEF$ verhindern, dass derselbe nicht bei verticaler Stellung des Rahmens nach unten rutschen kann.

Vier andere rechtwinklig gebogene, über den Spiegel (dessen Dicke je nachdem, zwischen 5 und 10 Millim. beträgt) greifende Hacken, die an dem Rahmen festgeschraubt sind, halten den Spiegel. Die beiden Querstangen O und N geben dem Rahmen eine gewisse Festigkeit. —

Die Gabel GH (Fig. 2, Taf. II) ist aus Gusseisen und mittelst einer Schraube, an dem Rahmen in einer Weise befestigt, dass die Ebene des versilberten Theiles des Spiegels, genau durch die Achse der beiden Zapfen G und H geht, wie dies aus der Figur ersichtlich ist. An beiden Enden dieser Gabel befinden sich die Zapfen G und H , deren einer H mit dem messingenen Zahnrad I verbunden ist. Damit der Rahmen und das Rad I in verlässlicher Verbindung stehen, ist letzteres durch eine Schraube an der Gabel befestigt. — Dies ist nämlich unbedingt nothwendig, wenn das Rad, welches, wie wir später sehen werden, seine Bewegung durch ein Getriebe erhält, sich nicht drehen soll, ohne gleichzeitig den Rahmen mit zu bewegen, es ist deshalb unerlässlich dies genau zu untersuchen und nöthigenfalls noch eine zweite Schraube anzubringen. —

Wie wir bereits bemerkt haben, kann der eiserne Rahmen durch einen solchen aus Holz ersetzt werden, und kann ferner das Getriebe, anstatt direct durch eine Schraube ohne Ende, durch ein weiteres Rad bewegt werden, so dass Fig. 3 die Schraube ohne Ende m , das Rad n und dieses wieder das Rad o , welches auf der Achse des den Spiegel tragenden Rahmens sitzt, in Drehung versetzt. In diesem Falle ist die Bewegung langsamer, allein man muss, damit der Rahmen B sich nicht willkürlich um seine Achse dreht, Sorge tragen, das Rad o durch eine Schraube a an dem Rahmen zu befestigen, sonst würde der Rahmen B sich frei um seine Achse drehen.

$SUVX$ Fig. 1, Taf. II. ist ein auf seinen beiden Seiten eben gehobelter, gusseiserner Rahmen, in welchem sich eine

runde Oeffnung befindet, um die sich die ringartige an ihrem Umfang gezahnte Scheibe ZY dreht. An den vier Ecken des Rahmens sind vier Löcher angebracht, durch welche derselbe an dem Fensterrahmen des Dunkelzimmers befestigt werden kann. Die beiden Arme ab , cd sind an dem Ring YZ durch sechs Kopfschrauben befestigt. Der Ring ist auf seinem ganzen Umkreis gezahnt und wird durch ein kleines eingreifendes Rad mittelst einer Kurbel X bewegt; da nun die Arme an den Ring befestigt sind, so werden diese ebenfalls gedreht und somit auch der Spiegel, indem die Zapfen des Rahmens in zwei an den äusseren Enden der Arme angebrachten Zapfenlager eingeschlossen sind, was durch die Figur beim ersten Blick begreiflich wird.

Eine eiserne Stange Re geht durch den Ring YZ und die Basis des Armes ba und ist an der einen, nach aussen liegenden Seite mit einer Schraube ohne Ende e , an der anderen im Innern des Dunkelzimmers, mit einem messingenen Knopf R versehen.

Wenn der Spiegelträger vollständig zusammengesetzt ist, wie Fig. 1, Taf. II zeigt, so muss der Anstoss des eisernen Rahmens AB an irgend einem Körper vorsichtig vermieden werden, da sonst die endlose Schraube des Zapfens Re sehr leicht überdreht werden kann; wenn alsdann der Knopf R gedreht würde, so liesse sich die eine Hälfte des Getriebes leicht, die andere aber nur schwer bewegen. — Man kann die verdrehte Stange e leicht wieder in ihre gerade Richtung bringen, indem man dieselbe fest gegen die innere Seite des eisernen Rahmens drückt, wodurch gegen die Verdrehung, in entgegengesetzter Richtung gewirkt wird, jedoch muss dies mit Vorsicht geschehen, da sonst sehr leicht dieser Theil des Apparates zerstört werden kann. — Die Zapfenlager, welche sich an den äusseren Enden der Arme befinden, müssen nicht zu fest geschraubt werden, damit die Zapfen des Spiegelrahmens sich leicht drehen lassen.

Um den todten Gang, welcher bei der endlosen Schraube und dem Zahnrad I stets vorkommt, zu vermeiden, kann man an dem, nach der Wand zu liegenden Theil des Spiegels, leicht

ein Gewicht von 2 bis 4 Kilogr. anbringen; wenn jedoch die einzelnen Theile des Spiegelträgers genau eingepasst wurden, so ist dies in den meisten Fällen überflüssig. Letztere müssen mitunter auseinander genommen werden um dieselben einzuölen und etwaigen Rost zu entfernen, besonders gut müssen die Zahnräder geölt werden. —

Die Spiegelplatte muss gut versilbert und dann nochmals mit einem Anstrich überdeckt sein. Man kann zu grösserer Sicherheit auf die überstrichene Fläche noch Staniol aufkleben, wodurch die Belegung des Spiegels noch mehr, als durch den Oelfarbenüberstrich allein, geschützt wird.

Die Ränder des Spiegels müssen mit Streifen schwarzen Papieres eingefasst werden, um die Bildung von farbigen Linien (Regenbogen) auf dem vergrösserten Bild zu vermeiden, welche von der Zerstreung der Sonnenstrahlen durch die Glaskanten herrühren.

Der Spiegel selbst muss alle acht Tage mit einer in Alkohol und Tripel getauchten Leinwand und jeden Morgen mit einem trockenen Tuch gereinigt werden. — Im Laufe des Tages muss mitunter der Staub, welchen der Wind auf die Oberfläche geweht, mit einem langhaarigen Pinsel weggewischt werden, da sonst sehr leicht eine Verlängerung der Expositionszeit herbeigeführt wird. — Ausserdem muss der Spiegel gegen den Regen geschützt werden, da sich sonst nach wenigen Monaten in der Versilberung gelbe Flecken zeigen, und so eine Erneuerung der Belegung nothwendig werden würde.*)

Die Bewegung des Spiegels ist sehr leicht zu bewerkstelligen. — Da die Sonne von Osten kommend in westlicher Richtung sich bewegt, ausserdem aber gleichzeitig nach ihrem Aufgang bis Mittag immer höher steigt und von da an bis zu ihrem Untergang wieder sinkt, so sind auch zwei Bewegungen des Spiegels nöthig, die erste mit Hülfe der Kurbel *L* (Fig. 5, Taf. II.) um nämlich die lange Seite des Spiegels in die Ebene der Son-

*) Was sehr gut in Brüssel gemacht wird, bei Nysseus & Comp., miroitiers, Laeken.

nenstrahlen zu bringen, und die zweite vermöge des Knopfes *P*, welcher dem Spiegel die nöthige Stellung ertheilt, um die Sonnenstrahlen horizontal (*Va*) und zu dem Rahmen *KC*, genau senkrecht zu reflectiren.

Auf diese Weise erhält man einen Cylinder von reflectirenden Sonnenstrahlen, welcher die ganze Oeffnung *KC* ausfüllt. Später werden wir sehen, auf welche Weise die reflectirten Strahlen, stets genau in einer und derselben Richtung erhalten werden.

Die Aufstellung des Reflectors. — Dieselbe ist äusserst einfach.*) Man wählt in einem Raum ein Fenster *AX* (Fig. 5, Taf. II), welches dem Fussboden so nahe als möglich gelegen ist, und bringt an demselben an die Stelle des Glases ein ungefähr zwei Zoll starkes Brett von Tannenholz an, in welchem sich eine Oeffnung befindet, und in welche in einem, ungefähr 1 Cent. tiefen Falz, der gusseiserne Rahmen genau eingepasst wird. Vier Kopfschrauben sind alsdann genügend um denselben festzuhalten, damit er nicht in das Zimmer fallen kann.***) — Ausserhalb des Fensters oder des Brettes wird ein Deckelbrett *BF*, welches durch das Charnier *I* drehbar ist, befestigt. — Dieses mit dünnem Zinkblech bekleidete Deckelbrett muss um ein Drittel länger und ebensoviel breiter als der Spiegel sein, und das Charnier darf sich nur einige Cent. über dem obern Theil der Oeffnung *D* angebracht finden. — Ein starkes Seil *GHIQ* gestattet das Deckelbrett derartig in die Höhe zu ziehen, dass dasselbe in keiner Weise nachtheilig auf die Bewegungen des Spiegels einwirkt (Siehe Fig. 10, Taf. II). Zwei kleine Seitenflügel *EE* (Fig. 9 und Fig. 10, Taf. II) legen sich von der Seite an das Deckelbrett an und bilden so ein geschlossenes

*) Die Fig. 5, Taf. II stellt in der Aufstellung den Reflector eines Apparates Nr. 3, auf das Genaueste in ein Zwanzigstel der natürlichen Grösse dar, ferner Fig. 4 den optischen Apparat und Fig. 6, 7 und 8 den Copirrahmen.

**) Fig. 5, Taf. II, stellt den Spiegelträger an einen Holzrahmen *DN* befestigt dar, welcher um das Charnier *NO* drehbar ist, so dass (siehe Taf. III) der Reflector, wie dies namentlich im Winter unvermeidlich, in eine gesenkte Lage gebracht werden kann.

Dach über dem Spiegel, ausgenommen an dem untern Theil, welcher offen bleiben kann. — Diese Seitenflügel können auch mit Hülfe von Seilen geschlossen (Fig. 9) und geöffnet werden (Fig. 10).

In Fig. 5 ist die Stellung des Spiegels SR bei geschlossenen Thüren dargestellt, wobei derselbe anstatt nach dem Himmel wie er am Tage gestellt wird dem Boden zugewendet ist. — Man gibt diese Stellung, indem man die Kurbel L dreht bis die Spiegelachse horizontal steht. — Auf diese Weise erspart man die Mühe jedesmal nach dem Gebrauch den Spiegel in das Zimmer zurückziehen zu müssen, um denselben vor dem Regen zu schützen. Das Holzbrett AX (Fig. 5, Taf. II) muss in gleicher Ebene mit der äusseren Mauer ZY , an dieselbe stossend, liegen, ausser es wäre eben so breit als der Spiegel lang ist und es habe unter der Oeffnung eine Länge, die der halben Länge des Spiegels gleich ist, denn wenn ein Hinderniss sich dort befände, so könnte es die Bewegung des Spiegels aufhalten.

Eine Hauptbedingung bei der Aufstellung des Reflectors ist die, denselben so nahe als möglich am Boden anzubringen, und dass der Rahmen ganz genau vertical gerichtet ist. Der Theil C der innern Oeffnung, muss ungefähr 80 Centim. über dem Fussboden X und die Kurbel L am oberen Theil des Rahmens (rechts oder links) sich befinden. Ist man durch irgend einen Umstand genöthigt, den Rahmen höher als 80 Centim. über dem Boden anzubringen, so ist es besser, wenn die Kurbel L sich an dem untern Theil C desselben befindet, was man je nach Belieben einrichten kann, da der gusseiserne Rahmen viereckig ist und sich rechts oder links in den Falz des Brettes einsetzen lässt.

Wenn der Apparat auf Balken steht, wie wir in Fig. 83 dargestellt, so muss der Theil C des Rahmens 80 Centim. über der Oberfläche der Balken sich befinden. —

Beschreibung der Solar-Camera. — Wir haben bereits die dialytische und amerikanische Solar-Camera von dem wissenschaftlichen Standpunkte aus, einer Betrachtung unterzogen und wollen nunmehr zu der praktischen Beschreibung übergehen,

wobei wir letztere jedoch unberücksichtigt lassen, indem dieselbe im Allgemeinen von derselben Construction ist, bis auf den doppelten Condensator, der durch einen einfachen Condensator ersetzt ist; der Negativträger mit verschiebbaren Haltern ist durch einen gewöhnlichen, mit einem Falz und das Vergrößerungsobjectiv, durch ein gewöhnliches Doppelobjectiv versetzt. Im Uebrigen ist die Art und Weise der Handhabung, Einrichtung etc. dieselbe.

Die Fig. 4, Taf. II stellt die dialytische Solar-Camera im Durchschnitt dar. Der grosse Condensator A^1B^1 ist an der Vorderwand befestigt, so dass dessen stärker convexe Seite nach aussen gerichtet ist. — Die corrigirende Linse C^1D^1 befindet sich in der Mitte und die convexe Seite derselben, ist nach der Seite des Objectivs M^1 gewendet.

Der Holzrahmen H^1I^1 lässt sich in der Längenrichtung der Camera, mittelst eines Knopfes G^1 , der verzahnt ist und in eine am Boden der Camera befestigte Zahnstange eingreift, bewegen; durch eine neben dem Knopf befindliche Stellschraube kann derselbe festgehalten werden. Das Objectiv M^1 ist an einem, eben so wie der Rahmen verstellbaren Brett befestigt. Im Ganzen ist der Apparat so einfach, dass man dessen Einrichtung sofort bei Betrachtung unserer Figur deutlich erkennt. Sollten sich die stellbaren Schlitten nur schwierig bewegen lassen, so braucht man nur einen von den Holzbalken, welche an dem Boden der Camera festgeschraubt sind, sich aber nichts desto weniger leicht verschieben lassen, etwas weiter auseinander zu rücken, was sehr leicht zu bewirken ist, da die Löcher, durch welche die Schrauben gehen, etwas weiter als der Durchmesser der letzteren sind.

Es ist unbedingt nöthig, dass die Achse für sämtliche gebogenen Flächen des optischen Systems, deren 12 an der Zahl, genau dieselbe ist. Dies muss natürlich die Sorge des Mechanikers sein, was freilich eine lange und schwierige Arbeit ist; wird dieselbe aber nicht mit der gehörigen Aufmerksamkeit ausgeführt, so erwächst hieraus eine grosse Schwierigkeit, um schöne scharfe Vergrößerungen, deren Contouren keine doppelten Linien zeigen sollen, zu erzielen.

Der Kasten $O^1 P^1 Q^1 R^1$, welcher die Solar-Camera bildet, ist gewöhnlich durch hölzerne Seitenthüren geschlossen, wir haben jedoch gefunden, dass es vortheilhaft ist, wenn man dieselben auf der Seite, auf welcher die Kurbel L (Fig. 5) sich befindet, weglässt. Es ist am bequemsten, wenn die Kurbel an der rechten Seite der runden Oeffnung, durch welche die Sonnenstrahlen einfallen, sich befindet, weil man alsdann bequem in das Innere der Camera sehen kann, was früher bei geschlossenen Flügeln nicht der Fall war. Damit nun aber das Licht nicht durch diese Seitenöffnungen der Camera in das Dunkelzimmer eindringen kann, sowie auch hauptsächlich um die Augen nicht zu ermüden, so ersetzen wir diese Thüren durch grüne Glasscheiben, welche sich in zwei eingefalzten Leisten MN und OP (Fig. 11), die parallel oben und unten an der Camera befestigt sind, hin und her schieben lassen. Man weiss, dass das Grün empfindliches Papier unbeeinträchtigt lässt.

An dem einen Kopfe $P^1 Q^1$ (Fig. 4) der Camera haben wir ein Brett angebracht QR (Fig. 11), in dessen Mitte sich eine viereckige Oeffnung X von 16 Cent. Breite befindet; sowohl oberhalb als unterhalb, sind horizontal, zwei Leisten je mit einem Falz befestigt. In diese Fälze lassen sich zwei Glasscheiben, eine mattgeschliffene Y und eine grüne Z vor die Oeffnung H schieben, und zwar befindet sich die erstere auf der rechten, die andere auf der linken Seite desselben. Ferner lässt sich das Brett in zwei vertical stehenden Falzen ST , UV auf und nieder schieben, und zwar ist dasselbe an einem Seile α befestigt, welches über eine, an der Decke befestigte Rolle geht, und dessen Ende dem bei dem Reflector stehenden Operateur bequem zur Hand ist. — Der Zweck dieser Vorrichtung liegt darin, zu verhindern, dass das Licht, welches das Innere der Solar-Camera beleuchtet, nicht ausserhalb derselben fällt und so der Raum zwischen dem Objectiv und dem Copirrahmen, nicht zu ungünstiger Zeit beleuchtet wird. Dieses Brett RQ (Fig. 11) muss sich natürlich heben und senken lassen, damit man zu dem, das Objectiv bewegenden Knopfe gelangen kann.

Das grüne Glas ist in so weit von grosser Wichtigkeit, weil man vermittelst desselben die photogenische Wirkung des Sonnen-

lichtes aufhalten kann, derart, dass man das Bild des Negativs auf den Copirrahmen sieht, ohne dass dasselbe auf das empfindliche Papier einen Einfluss ausübt.

Das mattgeschliffene Glas dient dazu, um einen verschwommenen weissen Lichtkreis auf den schon vergrösserten, fertig gezeichneten Abdruck zu werfen, indem es das Bild des Negativs auf seiner matten Fläche zurückhält.

Alle Apparate sollten mit dieser Vorrichtung, von deren grossem Nutzen wir uns vollkommen in der Praxis überzeugt haben, versehen werden. Ausserdem haben wir noch auf dem Objectivbrett eine Platte von Eisenblech befestigt, in welcher eine Oeffnung sich befindet, die mit der des Objectivs gleich ist, damit wenn der Sonnenstrahlen-Kegel über die Achse des Apparates hinwegfällt, derselbe dieses Brett nicht entzünden kann. *)

Die Aufstellung der Solar-Camera. — Die Fig. 4, Taf. II stellt die Solar-Camera auf einem Untersatz befestigt und dem Spiegelträger gegenüberstehend dar. — Die Entfernung von Letzterem beträgt ungefähr 20 Cent., wobei in den Zwischenraum ein schwarzer Vorhang angebracht ist, welcher jedoch gestattet, dass man die Kurbel frei bewegen kann. (Der Knopf *P* (Fig. 5), welcher mit der endlosen Schraube *TU* in Verbindung steht, wird immer nach der Seite der Kurbel *L* hingeführt, was jederzeit leicht möglich ist.)

Die Solar-Camera muss auf ihrem Untersatz ganz genau horizontal stehen, wovon man sich mittelst einer, auf deren oberen Theil angebrachten Wasserwaage *S'* überzeugt; ferner muss darauf geachtet werden, dass der Mittelpunkt der Oeffnung *KC* des Spiegelträgers ganz genau in der Achse des Condensators A^1B^1 liegt. — Dies lässt sich leicht dadurch nachweisen, dass wenn der Apparat ganz genau horizontal steht und die Sonnenstrahlen auf die vordere Linse reflectirt werden, dieselbe alsdann voll-

*) Wir haben die Nothwendigkeit dieser Vervollkommnungen erkennend, dem Verfertiger unserer Apparate den Auftrag ertheilt, die Seitenthüren fortzulassen, dahingegen die eben von uns besprochenen Theile beizufügen, doch überlassen wir es dem Käufer, sich selbst die grünen Gläser zu verschaffen, weil dieselben bei dem Transport leicht der Gefahr des Zerbrechens ausgesetzt sein würden.

ständig beleuchtet sein muss, während gleichzeitig der Scheitel α des Sonnenstrahlen-Kegels aus dem Condensator heraustritt und durch das Objectiv fällt.

Der Untersatz oder das Fussgestell des Apparates muss sehr einfach und solid ausgeführt sein, wie dies in der Fig. 83 dargestellt ist. Untersätze, an welchen Schrauben zum Höher- oder Niedrigerstellen des Apparates angebracht sind, müssen wegen des Mangels an Festigkeit vollständig verworfen werden. Man könnte freilich an den Füßen des Gestelles vier Schrauben zum Befestigen desselben anbringen, jedoch ist eine genaue und gute Tischlerarbeit hierbei immer vorzuziehen. — Wenn der Untersatz auf dem Boden ordentlich fest steht und auf seiner Oberfläche sich ein solides ebenes Brett befindet, welches mit der Grösse der Camera genau übereinstimmt, so kann letzterer immerhin zur genauen Richtung noch eine kleine Bewegung vor ihrer Befestigung ertheilt werden.

Der Negativträger. — Der Negativträger (Fig. 12 Taf. II) besteht aus einem hölzernen oder metallenen Rahmen $ABCD$, welcher genau in den bewegbaren Rahmen $H^1 I^1$ (Fig. 4, Taf. II) passt, und aus welchem derselbe leicht heraus genommen werden kann. An diesen Rahmen sind vier Arme befestigt, welche ihrer Länge nach einen Schlitz haben, so dass dieselben sich leicht gegen vier Schraubenköpfe verschieben und je nach Belieben fest geschraubt werden können.

An dem Arm oder Halter G befindet sich an dem unteren Theil ein kleiner vorstehender Zapfen m auf welchen sich eine Feder im legt und so den Arm immer nach unten drückt.

Diese Feder im ist sehr schwach und nur dazu bestimmt dass das Negativ unveränderlich festgehalten wird, wenn die beiden Seitenarme auseinander gestellt sind und man den Rahmen herausnimmt. Diese Feder kann übrigens auf Negative verschiedener Grösse einwirken und ist zu diesem Zweck an deren einem Ende i eine Schraubenmutter angebracht. Man schraubt diese Mutter in die Höhe, und befreit so die Feder; dann wird das Negativ zwischen den beiden Armen H und G angebracht, wobei jedoch nur H festgeschraubt wird; dann drückt man mit dem

Finger auf die Mitte der Feder, während man die Mutter *i* festschraubt. Auf diese Weise, wirkt die Feder auf den oberen Arm *G*, welcher das Negativ festhält. Die Folge hiervon ist, dass, wenn die Hitze das Negativ ausdehnt, dasselbe den Arm in die Höhe drückt; wäre derselbe jedoch festgeschraubt, so würde das Negativ in Stücke zerspringen. — Es muss deshalb speciell darauf Gewicht gelegt werden, dass, um das Zerspringen der Platten unter dem Wärmeeinfluss der concentrirten Sonnenstrahlen zu vermeiden, der Arm nur mittelst der Feder das Negativ hält.

Was die Seitenarme betrifft, so bedienen wir uns derselben fast nie; dennoch können sie verwendet werden, um das Negativ in der Ebene des Rahmens zu erhalten; jedoch dürfen dieselben niemals in zu nahe Berührung mit dem Negativ gebracht, noch dürfen die dieselben haltenden Schrauben zu fest angezogen werden.

Die Feder *im* könnte durch ein, an dem oberen Arme *G*, befestigtes Gewicht von circa 200 Grammen vollkommen ersetzt werden, indem alsdann in gleicher Weise das Negativ gehalten werden würde. Diese Methode wendet Herr Damry in Lüttich an, wobei demselben niemals ein Negativ zerspringt.

Die zwischen die Arme des Negativträgers einzusetzenden Platten müssen zuvor mit einem guten Diamant*) beschnitten und genau nur auf den zu vergrößernden Theil verkleinert werden, so dass Alles, was nicht mit auf die Vergrößerung kommen soll, weggeschnitten wird.

Die besten Vergrößerungen werden nach Negativen in Visitenkarten-Grösse (siehe Seite 203) erzielt. Wünscht man eine ganze Figur, so macht man ein Negativ derselben in Visitenkarten-Grösse, wünscht man ein lebensgrosses Brustbild, so macht man ein Negativ auf eine halbe Platte, so dass die Büste etwas kleiner als die Karte ist, ungefähr wie die bekannten Brustbilder auf verlaufendem Grund, dann schneidet man von dem Negativ, soviel weg, dass nur die Grösse einer Visitenkarte bleibt.

*) Wenn das Negativ mit dem Diamant nicht scharf und gut beschnitten wird, so bilden sich häufig Sprünge, welche für das Auge anfänglich nicht sichtbar sind, unter dem Einfluss der Wärme aber sich vergrössern und den Bruch des Negativs herbeiführen.

Beschreibung des Rahmens, auf welchen das vergrößerte Bild reflectirt wird; der Copir-Rahmen. — Dieser Rahmen muss so construirt sein, dass dessen Dimensionen mit denen des im Handel gebräuchlichsten Papiere übereinstimmen. Derjenige, dessen wir uns seit vier Jahren bedienen, ist sehr einfach und gestattet uns drei Grössen anzufertigen, nämlich

der photographische Bogen	45 Centim.	× 59,
der doppelte Bogen	59 „	× 90,
Gross Adler-Format	80 „	× 105.

Diese Bögen spannen wir auf Rahmen oder Bretter von einem Cent. Dicke und folgenden Grössen:

50 Centim.	× 60,
60 „	× 95,
85 „	× 110.

Die Tafel II, Fig. 6, 7 und 8, zeigt uns den Copirrahmen*) vollständig aufgestellt. $A^2 B^2, C^2 D^2$ sind zwei senkrecht stehende Balken, welche durch Querbalken, wie aus der Figur ersichtlich, verbunden werden. Auf diese beiden Balken wird ein Rahmen $F^2 G^2 H^2 I^2$ befestigt, auf dem sich oben und unten ein Sockel oder Querbalken $F^2 G^2$ und $J^2 M^2$ (betrachte auch Fig. 8) von einem Cent. Höhe befindet. Zwischen diesen Querbalken lassen sich die Rahmen von 85×110 und 95×60 Cent. einsetzen. In den beiden verticalen Brettern $K^2 J^2 M^2 L^2$, des Rahmens finden sich Schlitzte oder Leitungen $T^2 U^2$, durch welche die Schrauben V^2 und X^2 gehen und vermittelst welcher erstere an den Balken befestigt werden können. Der Rahmen lässt sich somit höher und niedriger stellen, so dass dessen Mittelpunkt, genau in derselben Höhe angebracht werden kann, in welcher sich das Objectiv des Apparates oder dessen Achse befindet. Dies geschieht ein für alle Male.

Da der Rahmen breiter ist als die Bretter, so lassen sich letztere etwas nach rechts oder links zur Seite schieben, was nöthig ist, um das empfindliche Papier genau zu richten. Vermittelst kleiner Holzriegel wird das Brett, wenn einmal gerichtet, auf dem Rahmen fest gehalten. Endlich in den zwei unteren

*) Dieser Copirrahmen ist in dieser Figur im Zwanzigstel seiner Grösse dargestellt.

Sockeln oder Querbalken $J^2 M^2, L^2 K^2$ passt ein Brett $O^2 N^2$ von 95×60 Cent. Grösse und in diesem befindet sich wieder ein Ausschnitt $P^2 Q^2 S^2 E^2$, in den das dritte Brett für die Bögen von 50×60 Cent. eingesetzt werden kann.

Die Bretter von leichtem Holz, auf welchen das empfindliche Papier befestigt wird, sind 14 Millim. stark, jedoch nach den Seiten hin von rückwärts schief abgehobelt, so dass dieselben an dem Rand nur 1 Cent. dick sind, und so mit dem Sockel, durch kleine Holzriegel, fest an den Rahmen angedrückt werden können.

Das Brett für die Bögen von 50×60 Cent. besteht aus einem Stück Holz, dahingegen werden die beiden anderen von 60×95 und 85×110 Cent. durch einen Rahmen aus leichtem Holz gebildet, welcher durch ein Kreuz befestigt und mit einem Bogen erst angefeuchteten braunen Packpapiers überklebt wird, das sich beim Trocknen vollständig eben ausspannt (Fig. 7, Taf. II).

Ausserdem muss man bei dem Copirrahmen einige andere Rahmen haben, welche mit weissem Papier überzogen sind und zum Einstellen des vergrösserten Bildes dienen.

Man sollte 12 Bretter oder Rahmen für die Grösse 50×60 Cent. sechs für die von 60×95 und sechs für die Bögen von 85×110 Cent. besitzen, welche in Kästen von leichtem schwarzem Holz, aussen schwarz angestrichen, und innen mit Fälzen versehen, aufbewahrt werden müssen.

Wenn man noch grössere Bögen als 85×110 Cent. verwenden will, so dreht man den ganzen Copirrahmen herum und befestigt an den senkrechten Balken ein sehr grosses Zeichenbrett, auf das alsdann das Papier in nachstehend angegebener Weise aufgespannt wird.

Das empfindliche Papier*) sei es albuminirt oder mit Nitroglucose präparirt, wird, wenn es vollständig trocken ist, auf den Rahmen aufgespannt und mit Reissstiften befestigt. — Auf die sich etwa bildenden Falten braucht man, besonders bei Porträts,

*) Der Präparation der Papiere thun wir in diesem Werk keine Erwähnung, da dieselbe ganz übereinstimmend mit derjenigen ist, welche man bei dem gewöhnlichen Druckverfahren anwendet.

kein so grosses Gewicht zu legen, noch zu deren Vermeidung eine kleinliche Sorgfalt zu verwenden. Wir befestigen meist das Papier mit nur 10 Reissstiften wovon 3 oben 3 unten und je 2 an der Seite sich befinden. Erst wird das Papier oben befestigt dann dasselbe nach unten leicht angezogen und fest gemacht, worauf erst die Seiten angestiftet werden, wozu im Ganzen eine Minute Zeit genügt. Sind nun die Bretter oder Rahmen mit dem Papier bedeckt, so können dieselben in einem Kasten mit Falzen aufgehoben und leicht transportirt werden.

Wenn man nur ein Brett benutzen will, z. B. das ganz Grosse, von dem wir vorhin gesprochen, so stellt man einfach das Bild scharf auf diesem Brett ein, schiebt alsdann die grüne Scheibe vor die Apparat-Oeffnung, wodurch der aus dem Objectiv tretende Strahlenkegel unterbrochen wird, und durch die grüne Färbung trotzdem, dass das Bild auf der Platte erscheint, seine Wirkung auf das präparirte Papier verliert, so dass man unterdessen ganz ruhig das Papier auf seinen geeigneten Platz befestigen kann.

Aufstellung des Copirrahmens. — Dieser Rahmen muss sich genau in der Längenrichtung der Solar-Camera auf zwei eisernen oder hölzernen Schienen bewegen lassen, und es ist dabei nöthig, dass der Mittelpunkt des Ganzen durch die Achse des optischen Apparates getroffen wird. Man bringt hierzu unter den Rollen Z^2 auf denen der Copirrahmen ruht, zwei parallele Schienen an, oder was noch besser ist, man lässt in den Fussboden zwei Fälze von der Länge der Solar-Camera ein, in welche die Rollen genau einpassen. Eine Schraube Y^2 , welche an der Vorderseite des Rahmens angebracht ist und in den Fussboden leicht eingedrückt werden kann, gestattet, dass der Rahmen genau an einem Platz festgehalten wird. Es versteht sich von selbst, dass bei dieser Aufstellung des Rahmens die Fläche des Papierrahmens cb (Fig. 8,) rechtwinklich zu den Schienen oder Fälzen, und zugleich genau perpendiculair, stehen muss.

KAPITEL VII.

DIE HANDHABUNG DES VERGRÖSSERUNGS-APPARATES.

Wenn Alles genau eingerichtet ist, wie wir vorhin beschrieben, wenn nämlich die Linsen und der Spiegel gehörig mit Alkohol und einem trockenen Leintuch gereinigt und aller Staub entfernt, wenn, kurz gesagt, Alles bereit zur Arbeit ist, so wird folgendermassen verfahren. Um hierbei ein leichteres Verständniss herbeizuführen, theilen wir diese Beschreibung wiederum nach den verschiedenen einzelnen Theilen des Apparates ein.

Handhabung des Reflectors. — (Fig. 4, 5 und 6, Taf. II). Die auf den Spiegel auffallenden Strahlen müssen in der Richtung von rr' auf den Condensator A^1B^1 , und zwar so auffallen, dass sich dieselben genau in dem Mittelpunkt a des Objectivs M^1 schneiden, was sich sehr leicht dadurch erreichen lässt, dass man die Kurbel L und den Knopf P , welche die Bewegung des Spiegels bestimmen, fortwährend in einer entsprechenden Drehung erhält. — Ein Gehülfe, welcher bei dem Reflector steht, muss fortwährend dafür Sorge tragen, dass die Strahlen dieselbe Richtung beibehalten, und stehen ihm hierzu zwei Hülfsmittel zu Gebote. Das erste nämlich ist, dass auf die Ränder der Linse xx' des Objectivs, welche dem Negativ gegenüber befindlich ist, und die er nicht ausser Auge lassen darf, keine rothen Strahlen fallen dürfen; das zweite Mittel, noch viel praktischer und vor Allem auch viel genauer, besteht in Folgendem:

Der aus dem Vergrößerungs-Objectiv M^1 tretende Licht-Conus bac bildet auf dem Copirrahmen oder der Bildfläche einen Lichtkreis, der von einem rothen Ring bef (Fig. 6) eingefasst wird. Man überzeugt sich nun, ob auf der Linse a das Sonnenbild genau in der Mitte ist und befestigt alsdann schnell in der Peripherie des rothen Ringes drei Reissstifte g, f, e .

Der bei dem Reflector befindliche Operator beobachtet nun, dass dieser rothe Lichtring stets auf die drei Reissstifte fällt und ertheilt hierzu der Kurbel und dem Knopf alle 20 Secunden eine Bewegung. — Von der genauen Beobachtung und Führung des

Reflectors ist die Schärfe des Bildes wesentlich abhängig. — Die Einstellung des Bildes muss vor dieser Operation bereits vorgenommen worden sein.

Wenn man mit der Arbeit fertig ist, so dreht man schnell die Kurbel L in der entgegengesetzten Richtung, damit die Strahlen ausserhalb des Apparates reflectirt werden. Will man hingegen ein anderes Negativ vergrössern, so schiebt man einfach vor die Apparat-Oeffnung das grüne Glas, ersetzt den Papierrahmen durch einen andern, schiebt die grüne Scheibe wieder zurück, wobei der zweite Operateur den Spiegel fortwährend in entsprechender Bewegung hält.

Einsetzung des Negativs. — Man befestigt zunächst das beschnittene Negativ, zwischen den Armen des Negativ-Trägers, wie wir früher beschrieben. Man darf hierzu den Negativhalter nicht aus seinem Rahmen herausnehmen. — Zunächst wird das grüne Glas, welches den Apparat schliesst, zur Seite geschoben, das verkehrt gestellte Negativ zwischen dem oberen und unteren Arm befestigt, und die Collodiumfläche dem Vergrösserungs-Objectiv zugewendet, und dann mittelst des Knopfes G^1 (Fig. 4), welcher in die am Boden der Camera befestigte Zahnstange eingreift, den Negativträger in dem Lichtstrahlen-Kegel bewegt. — Der Negativträger muss in der Weise gestellt werden, dass auf dem von rückwärts beleuchteten Negativ der rothe Lichtring beinahe die Ränder desselben ($H^1 F^1$ Fig. 4), jedenfalls aber die Ecken bestimmt berührt. Je mehr Licht nach der Seite des Negativs fällt, um so länger dauert die Exponirung zur Vergrösserung des Bildes. Aus diesem speciellen Grunde muss von dem Negativ so viel als irgend möglich weggeschnitten werden, was von grösster Wichtigkeit ist, da sonst zu den Vergrösserungen viel mehr Zeit benöthigt werden würde.

Befindet sich das Negativ nun an seinem bestimmten Platz, so wird der Kopf des Stellgetriebes fest angezogen, so dass beim Vorüberfahren eines Wagens Nichts aus seiner Lage gebracht wird, da sonst die Contouren des vergrösserten Bildes sich verdoppeln würden. Dieselbe Vorsicht ist bei dem Objectiv und dem Vergrösserungs-Rahmen zu nehmen.

Von der Einstellung des Negativ-Bildes werden wir alsbald sprechen, nur sei hier noch erwähnt, dass man besonders darauf achten muss, dass dasselbe nicht nur in der Mitte des Strahlenkegels sich befindet, sondern dass auch die senkrechten Linien desselben genau parallel mit den Rändern des empfindlichen Papiere fallen, da sonst leicht eine beträchtliche Menge des Abdrucks würde weggeschnitten werden müssen. Das Negativ lässt sich jedenfalls zwischen dem oberen und unteren Arme leicht richten und man kann, wenn dies geschehen ist, die beiden Seitenarme anschieben, so dass sie das Negativ leicht berühren.

Handhabung des Objectivs und des Copirrahmens, sowie Einstellung des vergrösserten Bildes. — Wenn das Negativ die Grösse einer Visitkarte besitzt, so genügt zur Vergrösserung desselben das den dialytischen Apparaten beigegebene Objectiv*) (Siehe Seite 203, was wir über diesen Gegenstand gesagt haben.)

Wenn das empfindliche Papier, auf welches die Vergrösserung gemacht werden soll, die Grösse von 45×59 Cent. besitzt, so wird der Copirrahmen bis auf die Entfernung von einem Mètre von dem Vergrösserungs-Objectiv vorgeschoben, oder um das Doppelte und Dreifache, wenn die Bogengrösse doppelt oder dreimal so gross ist. Man stellt das Bild ein, indem man das Objectiv dem Negativ nähert oder entfernt, und beobachtet hierbei speciell den Theil des Negativs, welcher als am schärfsten auf demselben erscheinen soll. Findet man, dass das vergrösserte Bild grösser ist als das Format des empfindlichen Papiere, so nähert man den Copirrahmen der Solar-Camera, ist dasselbe aber kleiner, so verfährt man umgekehrt, und beginnt jedesmal die neue Einstellung durch die Bewegung des Objectivs, bis das Bild so gross als der Papierbogen und ganz genau scharf erscheint. — Hierauf wird der Copirrahmen mittelst der Schraube Y^2 (Fig. 8) festgestellt. Der

*) Bei unseren Apparaten mit 8 und 14zölligem Condensator befindet sich nur ein Objectiv, welches für die Vergrösserung von Negativen in Visitkartengrösse berechnet ist, dahingegen wird den Apparaten mit 19zölligem Condensator noch ein zweites Instrument beigegeben, mit welchem man kleinere Matrizen vergrössern kann.

rothe Lichtring berührt alsdann die Ränder des Papiere und die Copirung des Bildes wird unter diesen Umständen eine sehr rasche sein.

Es ist von grösster Wichtigkeit, zu beobachten, dass das Objectiv an einem Platz sich befindet, wo der rothe Ring, welcher den Strahlenkegel einfasst, nicht auf den Rand x' und x der Fassung des Objectivs M^1 fällt*), indem sich hierdurch Beugungswülste bilden würden. Bezüglich des Diaphragma's, welches sich in dem Objectiv befindet, haben wir uns früher ausgesprochen.

Sind diese Vorarbeiten beendet, so schiebt man die grüne Scheibe vor den Apparat zwischen das Objectiv und den Rahmen mit der weissen Fläche, auf welcher man das Bild einstellte, ersetzt letzteren durch einen anderen mit dem empfindlichen Papier, öffnet die grüne Scheibe, und lässt die Strahlen wirken. Wenn man von Zeit zu Zeit, z. B. von 5 zu 5 Minuten, das mattgeschliffene Glas vor die Apparat-Oeffnung schiebt, so kann man die bereits erhaltene Entwicklung des Bildes beobachten. In dem Augenblick, wo die Exponirung eine genügende, oder derjenigen eines direct unter einem Negativ erhaltenen positiven Abdrucks gleich ist, wird das grüne Glas wieder vor die Oeffnung geschoben und so die Wirkung der Strahlen unterbrochen. Der Rahmen mit dem empfindlichen Papier wird nun abgenommen etc. Bei dieser Operation verfolgt der Gehülfe genau den rothen Ring und dreht dem entsprechend den Reflector so, dass die auf dem Rahmen befindlichen Reissstifte, immer gleichmässig bedeckt bleiben.

*) Sollte dies vorkommen, so müsste das Objectiv nach rückwärts (von der Seite des vergrösserten Bildes) bis zu dem Punkte, wo der rothe Ring auf die Linsenoberfläche x' und x fällt, bewegt werden, und muss alsdann mit dem Negativ selbst, das natürlich auch vorbewegt werden muss, eingestellt werden. Bei Negativen in Visitenkartengrösse kommt dies übrigens niemals vor.

KAPITEL VIII.

DIE AUFSTELLUNG DES VERGRÖSSERUNGS-APPARATES, UM IM WINTER DAMIT ARBEITEN ZU KÖNNEN.

Abänderungen, welche man an den einzelnen Theilen des Apparates zu diesem Zwecke vornehmen muss. — In den nördlichen Climates müsste die Länge des Spiegel-Reflectors mindestens 50mal den Durchmesser des Condensators betragen, um am 31. December die Sonnenstrahlen auf die ganze Oberfläche des Condensators reflectiren zu können. Bei der Länge, welche wir dem Spiegel gegeben, wird der Condensator schon von Ende September an (bis zum März) nicht mehr vollständig durch die reflectirten Strahlen bedeckt, und anstatt einen runden Lichtkreis auf dem Copirrahmen zu sehen, erblickt man ein, durch Kreisbögen durchschnittenen Rechteck, dessen Seiten Mittags vertikal stehen und Morgens und Abends eine geneigte Lage annehmen. Hiervon rührt die Nothwendigkeit her, im Winter eine besondere Einrichtung zu treffen, welche übrigens sehr bequem ist, wenn die gewünschten Bilder die Grösse eines einfachen und doppelten photographischen Bogens nicht zu überschreiten brauchen*).

Man kann sehr leicht alle Theile, welche wir im Vorhergehenden beschrieben und auf Taf. II dargestellt haben, auch zu der Wintereinrichtung verwenden. Taf. III, Fig. 2 zeigt uns in demselben Verhältniss (5 Cent. = 1 Met.) den Apparat für den Wintergebrauch.

Zunächst wird der Spiegelträger nach vorn, wie die Figur angibt, geneigt und die dadurch entstehenden Seitenöffnungen durch dreieckige Holzbretter geschlossen; der obere Theil des Spiegelträgers wird durch eine solide eiserne Platte gehalten und nach den Seiten durch ein schwarzes Tuch geschlossen. Auf dem Untersatz, auf welchem der Apparat stand, wird ein

*) Bei der Anwendung eines Heliostaten kann man mit dem Apparat gleichwohl im Winter wie im Sommer arbeiten. Näheres in den folgenden Kapiteln.

zweiter befestigt, dessen Dimensionen aus der Figur ersichtlich (20fache Verkleinerung)*), und welcher bezwecken soll, die Achse des Apparates mit derjenigen der Oeffnung des Reflectors zu vereinen. Ausserdem muss noch der Copirrahmen abgeändert werden, indem nämlich (Fig. 3, Taf. III) um dessen beide senkrechte Balken zwei Hülsen aus Holz gelegt werden, die sich auf und ab schieben und mit je einer Schraube N feststellen lassen. Der durch $ABCD$, Figur 4, dargestellte Papierrahmen-Halter wird auf dem geneigten Brett FG befestigt, so dass sich der auf Taf. III dargestellte Copirrahmen von demjenigen auf Taf. II eigentlich nur durch den Theil $FENG$ unterscheidet, dessen Dimensionen, speciell aber die Neigung desselben, genau nach der Angabe inne gehalten werden müssen. Die Handhabung dieser Einrichtung ist der des horizontalen Apparates ganz gleich, nur muss der Copirrahmen nicht nur, je nach Bedürfniss, nach vorn und rückwärts bewegt werden, sondern der Rahmen mit dem Papier, muss zugleich in die Höhe oder nach unten geschoben werden, bis der Mittelpunkt desselben mit der Achse des optischen Apparates zusammenfällt.

KAPITEL IX.

AUFSTELLUNG DES TRANSPORTABLEN DIALYTISCHEN APPARATES.

Beschreibung des Apparates. — Die flüchtigste Betrachtung unserer Fig. 1, Taf. III wird dem Leser genügenden Aufschluss über die Zusammenstellung des Apparates geben. Der Spiegelträger ABD ist mittelst starker eiserner Arme an die eigentliche Solar-Camera befestigt, an die sich ein Blasbalg-Auszug EF , und dann ein Conus aus Holz FG anschliesst, an dessen Ende sich die Cassette GH befindet, deren Grund weiss

*) $\pi\varphi\psi$ ist ein rechtwinkliges Dreieck, dessen Seite $\pi\psi = 1^m,64$; $\pi\varphi = 1^m,75$; $\varphi\psi = 0^m,57$ ist, welches erst an die Wand gezeichnet wird und an welches alsdann der Untersatz angeschoben wird um sich von der Richtigkeit der Neigung desselben zu überzeugen.

ist, und welche sich aus dem Conus herausnehmen lässt. In einen Falz lässt sich ein Bristol-Carton einschieben, so dass hierdurch das Licht von dem in der Cassette befindlichen lichtempfindlichen Papier zurückgehalten werden kann. Eine Kurbel L gestattet, dass man den Blasbalg kürzer oder länger machen kann und der ganze Apparat wird von einem Untergestelle getragen. Die anderen Theile stimmen mit denen überein, welche wir früher beschrieben haben.

Handhabung des Apparates. — Zunächst wird der Apparat*) gerichtet, so dass die Sonnenstrahlen, welche auf den Spiegel fallen, in das Vergrößerungs-Objectiv K reflectirt werden; man bedient sich hierzu natürlich der an dem Reflector befindlichen Stellschraube und Kurbel. Man bewegt den Negativträger bis zu dem geeigneten Platz (siehe Seite 224), richtet das Objectiv K , indem man den Conus EG , dessen Seitenthüren sich öffnen lassen, verlängert oder verkürzt, so, dass man das vergrößerte Bild auf dem Grund der Cassette beobachten kann, schiebt das grüne Glas vor das Objectiv (was aus unserer Figur nicht ersichtlich), schliesst die Thüren des Conus FGH und beobachtet hierbei fortwährend die Richtung der reflectirten Sonnenstrahlen nach dem Objectiv K , und nimmt alsdann die Cassette GH aus dem Apparat heraus, um in dieselbe das empfindliche Papier einzulegen.

Zu diesem Zweck wird die Cassette geöffnet und auf deren Boden das vorher auf der Rückseite mit einem angefeuchteten Schwamm bestrichene empfindliche Papier aufgelegt, dann geschlossen und das Papier einige Minuten trocknen gelassen. Hierauf wird der Bristolcarton, welcher die Lichtstrahlen zurückhält vor das Papier in den Falz eingeschoben und dann die Cassette wieder in den Apparat eingesetzt.

*) Wenn der Apparat im Freien aufgestellt wird, so ist der Spiegel immer lang genug, selbst am 21. December, um den Condensator vollständig mit den Sonnenstrahlen zu bedecken, was bei den in einem Zimmer aufgestellten Apparaten nicht der Fall sein würde. Hierzu würde es genügen, dass die Achse des Apparates einen grösseren oder kleineren Winkel mit einer Ebene bildet, welche durch die Sonne, zur Stunde der Operation gelegt gedacht wird.

Es ist nöthig, dass man mehrere Cassetten besitzt, damit keine Zeit verloren geht, indem das Papier ganz trocken sein muss, damit sich dasselbe ganz eben ausbreitet. (Obgleich die Falten die Empfindlichkeit des Papiers nicht beeinträchtigen.)

KAPITEL X.

DIE ANWENDUNG DER HELIOSTATEN BEI DEN VERGRÖßERUNGS-APPARATEN.

Der Umstand, dass man genöthigt war, mittelst des Handgetriebes, den Spiegel in einer fortwährenden Bewegung zu erhalten, damit die Sonnenstrahlen in einer stets gleichmässigen Richtung auf den Condensator geworfen wurden, hat viele Personen veranlasst, nach einem Mittel zu suchen, um denselben Zweck durch ein Uhrwerk zu erreichen. — Um aber diese Aufgabe zu lösen, ist es vor Allem nöthig, dass die Achsen derjenigen Theile, aus welchen der Spiegelträger zusammengesetzt ist, mit einer bestimmten Geschwindigkeit sich drehen und sich auch in einer Lage befinden, welche durch die Gesetze der Bewegung der Erde um ihre Achse bedingt ist.

Diese Instrumente werden Heliostaten genannt. — Um einen Heliostaten anwenden zu können, ist eine gewisse Kenntniss der Astronomie und der Mechanik unerlässlich nothwendig, da man ohne dieselbe, sich nicht genau würde orientiren, noch das Instrument mit der Genauigkeit, welche ihm eigen ist, würde arbeiten lassen können.

Es existiren drei verschiedene Modelle von Heliostaten*), welche zu der photographischen Vergrößerung verwendbar sind, und die alle drei ihre Vorzüge und Nachtheile besitzen, welche wir bei deren Beschreibung in Betracht ziehen wollen.

Heliostat von August. — Man denke sich einen Spiegel in der Weise gefasst, wie Fig. 2, Taf. II denselben darstellt, bei welchem die Drehungs-Achse GH durch die Ebene der reflectirenden Fläche geht und mit der Erdachse genau zusammenfällt, sowie auch dass sich dieser Spiegel um die Achse mit einer

*) Die anderen Modelle vertragen keine Spiegel von grösserer Dimension.

Geschwindigkeit dreht, welche gleich ist der Hälfte der Winkelgeschwindigkeit der Sonne um die Erde, so dass also eine vollständige Drehung in 12 Stunden beendet ist. Das ist der August'sche Heliostat, welcher wegen seiner Einfachheit auch von einer sehr grossen Genauigkeit, ist.

Wenn sich die Sonne in der Ebene des Aequators oder in einer zu der Drehungsachse des Spiegels perpendicularen Ebene befindet (z. B. am 21. März), zu irgend einer Stunde des Tages, so ist es möglich dem Spiegel eine derartige Richtung zu geben, dass der reflectirte Strahl horizontal und in der Ebene des ersten Vertikalkreises liegt, eine Stellung, welche der reflectirte Strahl den ganzen Tag bewahren wird.

Wenn nun am folgenden Tage die Sonne sich dem Pole um eine Entfernung δ genähert hat, so wird der reflectirte Strahl um horizontal zu erscheinen, in einer anderen Ebene liegen, als in der des ersten Vertikalkreises, oder wenn der reflectirte Strahl in dieser Ebene angenommen wird, so bildet derselbe mit dem Horizont einen Winkel, welcher gleich δ ist. Dem Vergrösserungs-Apparat müsste somit jeden Tag eine andere Stellung gegeben werden, was sehr unbequem wäre. Ausserdem würde die Länge des Spiegels, welche am Morgen, wenn der Strahl nach Osten reflectirt wird, sehr gering ist, von zwei oder drei Uhr Abends an, ebenfalls eine zu kurze sein.

Dieser Heliostat liesse sich deshalb in der Praxis nur unter der Leitung eines tüchtigen Astronomen, sowie in einem Lande verwenden, in welchem die Sonne oft genug scheint, um sich mit der Arbeit während nur weniger Stunden im Laufe des Tages begnügen lassen zu können.

Heliostat von Léon Foucault.*) — Wir lassen im Nachstehenden den Erfinder das Instrument selbst beschreiben. „Was ist ein Heliostat? Es ist ein Lichträger, welcher sich selbstständig bewegt (siehe die Figur). Hierbei ist der Spiegel, dessen Grösse nicht weniger als 80 Cent. auf 40 beträgt, mit einem Mechanismus in Verbindung gesetzt, welcher während der ganzen

*) Bull. soc. franç. phot. 1862, p. 287.

Dauer des Tages, denselben in einer der Sonne entsprechenden, allmäligen Bewegung erhält, wodurch das auffallende Licht in einer beständig gleichen Richtung reflectirt wird.

„Der Lauf der Sonne variirt, wie man weiss, in den verschiedenen Ländern und zu verschiedenen Zeiten im Jahre, unaufhörlich. Ein vollkommener Heliostat, müsste eigentlich, wie derjenige, den wir dem Herrn Silbermann verdanken, allen Anforderungen des Problemes entsprechen, er müsste unter allen Breitengraden

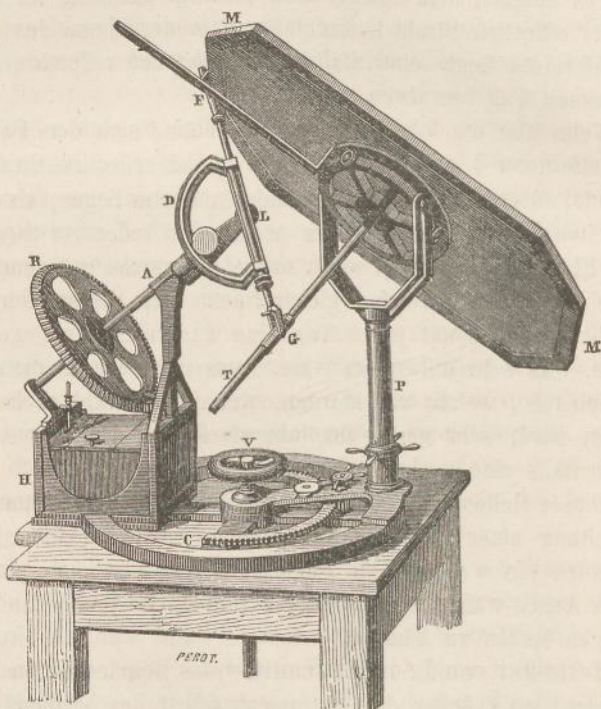


Fig. 84.

und zu jeder Jahreszeit arbeiten können, sowie, je nach Willkür des Operateurs, dem reflectirten Strahl irgend eine Richtung zu ertheilen im Stande sein. — Ich habe nicht geglaubt, dass es nöthig sein würde, diese Frage in einer so allgemeinen Weise zu behandeln,

und dass die an einem festen Platz aufzustellende Maschine, jemals auf der Reise würde verwendet werden, und ich habe deshalb die Einflüsse der verschiedenen Polhöhen bei Seite gelassen. — Ich habe ferner angenommen, dass bei Ihren Versuchen der Lichtbündel stets eine nahezu horizontale Lage bewahren würde, und ich habe daher seine beliebige Neigung, durch eine kleine Ausdehnung begrenzt, welche hinreichend den Bedürfnissen der Centrirung und der Ausgleichung der optischen Apparate entspricht.

„Die Hauptbestandtheile des Apparates sind folgende:

„Ein Spiegel M (siehe Fig. 84), welcher um seinen Mittelpunkt frei beweglich, und auf einer senkrechten Säule P befestigt ist;

„Ein Uhrwerk H , welches durch eine Hemmung und ein Metronomen-Pendel regulirt wird;

„Eine Stundenachse A , welche parallel mit der Achse der Erde geneigt ist;

„Eine Leitstange $F'G$, welche auf einem Abweichungsbogen D befestigt ist und mit einer auf dem Spiegel senkrecht stehenden Achsenstange in Verbindung steht.

„Die erste Sorge, welche man dem Heliostaten zuwenden muss, besteht in der genauen, wagrechten Aufstellung des Tisches, so dass die Stundenachse ungefähr in die Meridianebene fällt, d. h. in die vertikale Ebene durch die Sonne um 12 Uhr Mittags. Alsdann sucht man auf dem Abweichungsbogen das Datum des Tages, an welchem man arbeitet, stellt und fixirt den Zeiger nach der Sonnenhöhe dieses Tages und richtet die Uhr R ungefähr auf die betreffende Stunde. In dieser annähernd bestimmten Stellung, sieht man einen feinen Strahl des Sonnenlichtes, welcher durch die Sehspalte geht, die auf dem Durchmesser des Bogens des Declinationskreises angebracht ist, und welcher auf der gegenüberliegenden Platte, wo sich zwei gravirte Pfeile rechtwinklich schneiden, ein Spiegelbild hervorbringt. Um dem Heliostaten seine richtige Stellung zu ertheilen, braucht man nur das Spiegelbild auf den Durchschneidungspunkt zu leiten und verbindet zu diesem Zweck die Bewegung des ganzen Instrumentes auf seiner Centralwelle mit derjenigen der Uhr. — Alsdann braucht man

nur das Uhrwerk in Bewegung zu setzen, indem man den Hebel, welcher die Uhr mit dem Räderwerk in Verbindung bringt, andrückt. Wenn der Apparat richtig aufgestellt wurde, so erkennt man dies an dem Sonnenbild, welches beständig auf dem Durchschnittspunkt der Pfeile stehen bleibt. Will man nun den Strahlen eine bestimmte Richtung ertheilen, so dreht man das Getriebe, welches die Säule *P* aus der Lage bringt, und sind alsdann die reflectirten Strahlen genöthigt, der Richtung jener Linie zu folgen, welche durch den Mittelpunkt der Bewegungen des Spiegels und die Mitte *L* der Leitstange geht.

„Weshalb der Spiegel eine längliche Form hat, ist leicht verständlich. — Um die Sonne horizontal in unsere Wohnstätten fallen zu lassen, muss man zu einer mehr oder weniger schiefen Reflectionsrichtung Zuflucht nehmen; und es war nöthig die Länge zu bestimmen, welche bei der vorkommenden Neigung der reflectirenden Oberfläche die Beleuchtung gleichmässig macht; allein es war nicht genügend, dem Spiegel diese längliche Form zu geben, sondern derselbe musste sich auch von selbst in der Reflexions-Ebene orientiren können; weshalb er sich in Führungs-Cylindern dreht, daher er auch mit der Leitstange durch einen Falz in Verbindung steht, welcher parallel an der Rückseite des Rahmens befestigt ist.

„Alle Bedingungen, welche erfüllt werden mussten, sind vollkommen von H. Dubosq verstanden worden. Diese grosse Maschine arbeitet wie ein Präcisions-Instrument. — Bei deren Ausführung nahm Dubosq Veranlassung, eine Verbesserung, in einer in der Spiegelsäule verborgenen Feder bestehend, zur Ueberwindung schwierige Stellungen anzubringen, welche letztere in der Praxis freilich nicht vorkommen, die jedoch Grund zu einer Kritik hätten geben können. — Es ist dies eine Verbesserung, welche ich vollkommen würdige, und welche einen günstigen Beweis von der praktischen Anschauungsweise des Constructeurs geben würde, wenn wir nicht schon häufig Gelegenheit gehabt hätten, uns eine begründete Ansicht in dieser Beziehung zu bilden.“

Der Heliostat von Foucault arbeitet mit einer ausserordentlichen Genauigkeit, wenn die Richtung der reflectirten Strahlen von Süden nach Norden, oder wenig davon abweichend, gelegen ist.

Im anderen Falle würde die geringste Unregelmässigkeit in dem Gang des Uhrwerkes oder der Aufstellung eine grosse Störung in der Richtung der reflectirten Strahlen herbeiführen. Es ist jedenfalls gut, wenn der Vergrösserungs-Apparat in der ungefähren Richtung des Meridians aufgestellt wird.

Im Winter ist der Spiegel des Heliostaten von Foucault viel zu kurz, um eine Linse von 14 Zoll Durchmesser vollständig durch die reflectirten Sonnenstrahlen zu bedecken, und wird dies nur vom 1. April bis zum 1. September erzielt.

Wenn die Operation etwas lange dauert, so kommt es vor, dass das Sonnenbild im Brennpunkt des Condensators sich langsam von seinem Platz verrückt, und es steht alsdann kein Mittel zu Gebote als die Corrigirung der Spiegelstellung, so dass man genöthigt wird, die Operation zu unterbrechen. Um das Instrument vollständig praktisch zu machen, müsste man an der Achse und dem Declinationskreise zwei Stellschrauben anbringen, mittelst welcher sich der Fehler corrigiren liesse, ohne dass man genöthigt sein würde, die Bewegung des Uhrwerks zu unterbrechen.

Heliostat von Farenheit, verbessert durch D. v. Monekhoven. — Dieser Heliostat besitzt vor demjenigen von Foucault den Vorzug, dass er viel einfacher ist, und daher auch eine viel regelmässiger Bewegung hat. — Ausserdem kann derselbe ebenso gut am 21. December, dem Zeitpunkt, wo die Sonne ihren tiefsten Stand erreicht, wie am 21. Juni, wo dieselbe am höchsten steht, und zwar in jedem Theil der Welt verwendet werden. — Auf der anderen Seite ist es nöthig, dass die optischen Apparate in der Ebene des Meridians und zu dem Horizont in einem der Polhöhe des Ortes gleichen Winkel geneigt werden, was oft sehr unbequem und schwer zu erreichen ist, wenn dies jedoch einmal geschehen, so ist es auch für immer genügend.

In Nachstehendem geben wir eine vollständige Beschreibung aller Theile, aus welchen der Heliostat zusammengesetzt ist. — Der runde Untersatz *N* (Fig. 85) ist aus gedrehtem und polirtem Eisen und ruht auf drei Schrauben, von denen eine in der Figur bei *O* sichtbar ist; in seiner Mitte befindet sich ein conischer

Ansatz, um welchen der mit einer Schraube *a* befestigte Theil *LM* drehbar ist. — Damit der Untersatz genau horizontal zu stehen kommt, wird auf der oberen Fläche eine Wasserwage von 13 Cent. Länge in der Richtung der beiden Schrauben aufgelegt und eine der beiden Schrauben so lang gedreht, bis die Luftblase der Wage genau in der Mitte befindlich ist, dann wird die Wage

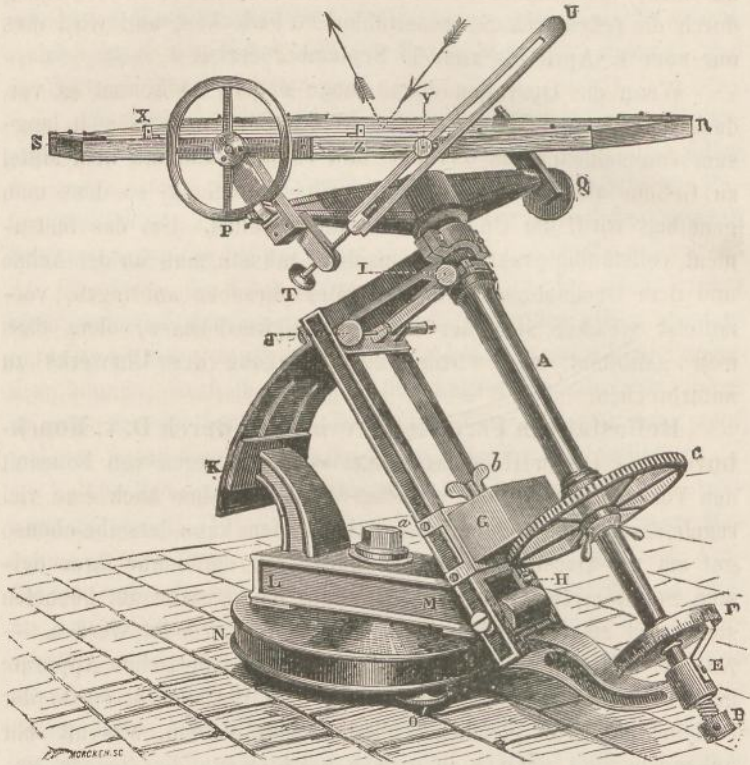


Fig. 85.

in eine zu der ersteren rechtwinkliche Richtung gelegt (indem *LM* gedreht wird) und die andere Schraube ebenfalls gerichtet, bis die Wage genau horizontal liegt. Alsdann befindet sich auch der Untersatz in horizontaler Lage.

Zuweilen sind die Schrauben, auf denen der Untersatz ruht, fortgelassen, und ist der Theil LM auf demselben angeschraubt. Dies ist bei den Heliostaten der Fall, welche zusammen auf nur einem Fuss mit dem optischen Vergrößerungs-Apparate ruhen. — Es muss somit der Theil LM der Länge nach in die horizontale Lage gebracht, und dies mit Hülfe von Stellschrauben, die unter dem Fuss des ganzen Apparates angebracht sind, bewirkt werden.

Der Träger $JKLM$ besteht aus Eisen. — Der Bogen JK , welcher zur Richtung nach der Polhöhe dient, ist beweglich, wird aber von dem Constructeur jedesmals für die Polhöhe, für welche das Instrument verlangt wird, fest gemacht. Man muss deshalb vermeiden, diesen Bogen JK zu bewegen, sondern denselben gegen jede anderweitige Verrückung *) schützen.

An dem Theil $JKLM$ ist eine Gabel befestigt, in welcher, wie aus der Figur ersichtlich, die Achse A sich bewegt.

Die Achse A ist von Stahl und vermittelt Schrauben an der Gabel PQ befestigt, sie ruht auf einer Schraube von Bronze B , welche dazu dient, die einzelnen Theile genau in die gehörige Stellung zu bringen. Mit einer Gegenschraube wird die Schraube B geklemmt. Die Theile der Achse, welche in den Zapfenlagern liegen, müssen stets gehörig geölt werden.

Das Zahnrad C ist auf der Achse mit einer Schraube befestigt, deren Gewinde nach der entgegengesetzten Richtung geht, so dass dieselbe nicht durch den Einfluss der Drehungs-Geschwindigkeit der Achse sich losschrauben kann. Diese Schraube muss übrigens stets gehörig festgeschraubt sein. Das Zahnrad C ist mit 360 Zähnen versehen und muss mit einer Bürste vor jedesmaligem Gebrauch ausgebürstet und rein gehalten werden.

Der Stundenkreis D ist eingetheilt von 6 Uhr Morgens bis 6 Uhr Abends, und zwar von Stunde zu Stunde, von 20 zu 20 Minuten und endlich in Unterabtheilungen von je 4 Minuten. Der-

*) Man kann leicht eine Prüfung vornehmen, ob die Achse A auf dem Untersatz (der vorher nivellirt wird) in einem, der Polhöhe des Ortes entsprechenden Winkel l , geneigt ist. Hierbei muss, nachdem der Spiegel SE in eine horizontale Stellung gebracht wurde, der Zifferzeiger P , $90^{\circ}-l$ ergeben.

selbe wird durch eine sechsseitige Schraubenmutter, welche mit der Hand angezogen werden kann, auf der Achse befestigt. Der Zeiger *E*, welcher leicht beweglich ist, dient zur Angabe der Stunde auf dem Stundenkreis und zeigt zu diesem Zweck auf seinem oberen Theil, einen mit dem Diamant gezogenen Pfeil.

Die Halshülse *I* legt sich in eine in der Achse *A* eingedrehte Fuge ein und kann mit derselben in engste Verbindung gebracht werden, wenn die Schraube *I* eingeschraubt wird, oder sie lässt sich leicht um diese Achse bewegen, wenn die Schraube *I*, welche leicht zu drehen sein und nie zu fest angezogen werden muss, geöffnet wird. — An der inneren Seite dieser Halshülse befindet sich eine Stange, welche durch eine Spiralfeder immer nach dem Buchstaben *J* hin gedrückt wird. Durch eine Schraube *J*, welche auf einer Gabel befestigt ist, an der ebenfalls die Spiralfeder angebracht (die Gabel ist an dem unbeweglichen Theil des Heliostaten befestigt), kann die Halshülse nach der einen oder anderen Richtung um ein Geringes bewegt werden (und ebenso in Folge hiervon auch die Achse *A*, sobald die Schraube *I* angezogen ist). Wenn dieser Theil des Apparates oft gebraucht wurde, ist es möglich, dass die Stange, welche zwischen der Stellschraube und der Feder sich befindet, durch einen der beiden messingenen Träger, an denen jene angebracht sind, aufgehoben wird. Man muss alsdann die Schraube *J* so lange drehen, bis die Stange in der Mitte sich befindet und die Achse *A* alsdann mit der Hand drehen. Die Stange wird genau in der Richtung der Schraube *J* und der Feder durch die Schraube *B* gehalten. Der Constructeur besorgt dies Alles selbst.

Die Gabel *PQ* ist aus Eisen. Auf der einen Seite trägt sie ein Gegengewicht *Q*, welches dazu dient, das Gleichgewicht um die Achse *A* zu erhalten, auf der anderen Seite ist ein Zifferkreis *P* und eine Stellschraube *TU* angebracht, von denen wir später sprechen werden.

Der Spiegel *XR* ist achteckig und von fein versilbertem Spiegelglas. Derselbe ist in einen Rahmen von polirtem Ebenholz eingefasst, und trägt an seinen beiden Seiten zwei polirte Zapfen aus Bronze von ganz gleichem Durchmesser, deren Achse durch

die reflectirende Ebene der Spiegeltafel geht und perpendicular zu dem Zeiger XZ und der Achse A ist. Diese Zapfen bewegen sich in den Y förmigen Oeffnungen der Gabel PQ und werden durch messingene Platten darin festgehalten.

Der Declinationskreis P ist auf einem der Zapfen befestigt und in halbe Grade abgetheilt. Wenn der Nullpunkt der Theilung dem Zeiger gegenüber steht, so ist die Ebene des Spiegels genau zu der Achse A perpendicular,*) es ist dies eine Justirung, welche von dem Constructeur vorgenommen wird, und die auf keinen Fall durch eine Abnahme oder Versetzung des Zeigers geändert werden darf. In der Stellung des Kreises, wie Fig. 85 darstellt, befindet sich rechts von Null (Fig. 1 Taf. IV) der Kreisbogen des Winters (vom 21. September bis 21. März) und links von Null der des Sommers vom 21. März bis 21. September.

Der Zeiger (Fig. 1 Taf. IV) wird durch eine bewegbare messingene Stange gebildet, welche mit der Eintheilung des Kreises in Berührung gebracht, oder von derselben entfernt werden kann, wobei sie sich auf ihren inneren Theil stützt. Ein einfacher, auf der oberen Fläche angebrachter Strich, dient zur Angabe und Ablesung des Declinationskreises, und da man sehr gut die Hälfte und selbst ein Viertel jedes Theiles schätzen kann, was mit $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{8}$ Grad (15 oder $7\frac{1}{2}$ Minuten des Bogens) übereinstimmt, so ist dies vollkommen zur Justirung des Instrumentes

*) Diese Justirung wird auf folgende Weise vorgenommen. (Fig. 2 Taf. IV.) Wenn der Nullpunkt des Kreises dem Pfeil des Zeigers genau gegenüber gebracht wird, was leicht vermittelt der Stellschraube T , wenn die Schraube V (Fig. 85) angezogen ist, bewirkt werden kann, so richtet man die Spitze eines Stiftes D in der Weise (Fig. 2 Taf. IV), dass derselbe den Spiegel an seiner innern Fläche berührt. Hierauf wird der Spiegel langsam um seine Achse A in der Weise bewegt, dass der Theil B dem Stift gegenüber kommt und dieser ebenfalls den Spiegel berührt. — Sollte dies nicht der Fall sein, so corrigire man die eine Hälfte der betreffenden Differenz durch die Versetzung des Stiftes, die andere durch die Stellschraube T (Fig. 85) und wiederholt alsdann diese Verfahrensweise bis der um seine Achse A gedrehte Spiegel die Spitze des Stiftes mit seiner äussern oder innern Seite gleichmässig berührt. Hierauf wird der Zeiger corrigirt, bis der Pfeil, welcher darauf angegeben ist, genau mit dem Pfeil O , der auf dem Kreis befindlichen Eintheilung zusammenfällt. Diese Operation wird mit der grössten Genauigkeit von dem Constructeur vor Ablieferung des Instrumentes ausgeführt, und wenn man den Zeiger nicht berührt hat, kann man von dessen richtiger Stellung sich überzeugen halten.

genügend. Es ist nöthig, dass man sich in dem Ablesen der Kreiseintheilung eine gewisse Uebung zueignet, oder dass man die Hülfe einer Person, welche eine gewisse Uebung hierin besitzt, in Anspruch nimmt; übrigens ist eine einmalige Ausführung dieses genügend.

Die Stange UT besteht aus einem Lineal mit einem Schlitz, welches mittelst der Schraube V mit dem Spiegel in engste Verbindung gebracht werden kann. — Eine Stellschraube T , welche an die Gabel PQ befestigt ist, gestattet, dass, wenn die Schraube V angezogen wird, der Spiegel um ein Geringes bewegt werden kann.

Die Visire XZ sind zwei Messingbleche, rechtwinkelig gebogen, welche seitwärts auf der Holzeinfassung des Spiegels befestigt und welche beide mit einem kleinen Loch versehen sind, ausserdem trägt das Visir X auf seiner, dem andern Visir zugewandten Oberfläche, zwei unter sich senkrechte, mit dem Diamante gezogene Linien, von denen eine parallel zur Spiegelfläche ist.

Wenn man die Richtung der beiden Winkelbleche XZ gegen die Sonne lenkt, so sieht man einen Lichtfaden aus der Oeffnung des Winkelbleches Z austreten und auf die des Winkelbleches X auffallen, woselbst sich alsdann ein Sonnenbild erzeugt. — Wenn man diese Operation vornimmt, so wird man durch den Schatten des Winkels Z geleitet, welcher parallel mit der Holzfassung des Spiegels fallen muss. Ausserdem hält man die Hand hinter das Winkelblech X , um so leichter den Schatten des anderen Winkelbleches auf das erstere fallen lassen zu können.

Das Uhrwerk G ist in einem kupfernen Kasten aufbewahrt, wird durch den Schlüssel b aufgezogen, geht während 10 Stunden und überträgt seine Bewegung durch das kleine Triebrad H auf das Zahnrad c .

Das Uhrgehäuse wird auf dem unbeweglichen Theil des Heliostaten mittelst 4 Schrauben befestigt, jedoch kann man die beiden unteren Schrauben etwas lockern und das Uhrwerk etwas nach unten bewegen, wodurch das Triebrad H ausser Thätigkeit gesetzt wird. Das Triebrad kann also, je nach Wunsch, in und ausser Wirkung gebracht werden, und es genügt hierzu einfach

die Schraubenmutter H fest- oder loszuschrauben. Schraubt man dieselbe los, so kann man die Achse A langsam drehen und es bewegt sich alsdann das Triebrad sehr schnell. Wird hingegen dieselbe fest geschraubt, so wirkt das Triebrädchen sofort auf das Zahnrad c und bewirkt eine vollständige Umdrehung desselben in dem Zeitraum von 24 Stunden. Man muss genau darauf achten, dass weder die Schraube H , noch das Triebrädchen in Verlust gerathen, da dieselben, wenn man die Achse A oftmals umdreht, sich leicht losschrauben können. Es ist gut, wenn man die Schraube H mit dem Daumen und Zeigefinger hält, sei es um dieselbe anzuziehen oder loszuschrauben. — Ausserdem thut man noch wohl, den unter dem Schlüssel b unbedeckten Theil des Uhrgehäuses mit einem Stück Blech zu verschliessen, damit das Einfallen von Staub verhindert wird.

Handhabung des Heliostaten. — Das Uhrwerk wird aufgezogen, die Schrauben V , I , H losgeschraubt, der Spiegel bei R mit der Hand gefasst und in die nöthige Lage gebracht (wovon wir später sprechen werden). Sobald er ungefähr in derselben befindlich, werden die Schrauben V und I angezogen, die Stellschrauben T und J langsam gedreht, um dem Spiegel die genaue Lage zu ertheilen; dann die Kopfschraube H fest- und I losgeschraubt, worauf der Spiegel den Bewegungen des Uhrwerkes Folge leisten wird.

Stellung des Heliostaten. — Der Untersatz N wird genau horizontal gerichtet, wie wir Seite 237 angegeben. Die Schrauben a , V , I und H bleiben losgeschraubt, nachdem das Uhrwerk aufgezogen wurde.

Zunächst wird der Spiegel horizontal gestellt, indem man in der Richtung von XZ eine Wasserwage auf denselben legt, worauf die Schraube V geschlossen und die Justirung durch die Schraube T vollendet wird. Alsdann wird die Wage in der Richtung der Zapfen aufgelegt (senkrecht zu XZ), die Schraube I angeschraubt und die Justirung mittelst J vervollständigt. — Nun werden die beiden Justirungen nochmals begonnen oder revidirt, ohne die beiden Schrauben V und I zu öffnen, indem man sich bloß der Schrauben T und J bedient.

Nachdem so der Spiegel in eine genaue horizontale Lage gebracht ist, sieht man nach, ob der Pfeil XII des Stundenkreises D genau dem auf dem Zeiger E befindlichen Pfeil gegenüber steht; ist dies nicht der Fall, so werden der Zeiger und die Scheibe D vorsichtig verschoben, so dass die Verlängerungen dieser beiden Pfeile sich decken und ohne dass der Zeiger E die Scheibe D berührt, da sonst eine Verrückung des Zeigers bei der Drehung der Achse A vorkommen könnte. Hierauf werden die Schrauben V und I gelockert.

Man sucht nun in der am Schluss dieses Capitels aufgestellten Tabelle die Abweichung der Sonne an dem Tage, an welchem man operirt und, indem man den Spiegel bei R mit der Hand fasst, bewegt man ihn annähernd bis zu dem vorgeschriebenen Grad, welcher auf dem Kreis P dem Zeiger gegenüber, ersichtlich ist. Die Schraube V wird geschlossen und an T so lange geschraubt, bis der Zeiger ganz genau die berechnete Neigung der Sonne angibt. Man fasst nun den Spiegel bei R an, sieht nach seiner Uhr, welche genaue Zeit *) es ist, und bewegt durch

*) Die wahre Zeit ist nur aus genau gestellten Sonnen-Uhren nicht aber aus den gewöhnlichen Uhren zu erkennen, welche nur die mittlere Zeit angeben. Der Unterschied zwischen der mittleren und der wahren Zeit bestimmt die Zeitgleichung.

Um einen Heliostaten ganz genau zu richten, ist auch die ganz genaue Kenntniss der Zeit (auf eine Minute annähernd) unbedingt nothwendig und meistentheils kann dieselbe nicht bei den Uhrmachern genügend in Erfahrung gebracht werden. Dieselben besitzen meist Uhrwerke mit mehr oder weniger Ornamenten geziert, denen der Name „Regulatoren“ beigelegt wird, welche aber in keiner entsprechenden Weise controlirt werden, indem, wenn man zehn verschiedene Uhrmacher befragt, fast ein jeder eine andere Zeit angibt. — Man muss sich die genaue Zeitangabe aus einem astronomischen Observatorium verschaffen und dort die mittlere und nicht die wahre Zeit erfragen, welche man sich leicht aus der nachstehenden Tabelle berechnen kann, die mit einer genügenden Genauigkeit die Zeitgleichung für die Jahre 1866 und 1867 angibt. Wenn vor der Zeitgleichung das Zeichen (—) angegeben, so muss man eine genau gehende Uhr um die angegebene Zahl der Minuten und Secunden zurückrichten, indem man den Minutenzeiger zurückdreht, dahingegen muss derselbe vorwärts bewegt werden, wenn das Zeichen (+) angegeben ist. — Beispiel. — Am 10. Januar zeigt eine genau gestellte Uhr 10 Uhr 15 Minuten. Ich lasse dieselbe später gehen, indem ich den Minutenzeiger um 8 Minuten zurückdrehe, so dass sie also nur 10 Uhr 7 Minuten zeigt, und welches die wahre Zeit ist, die der Stunden-Kreis des Heliostaten angeben muss. — Eine derartig corrigirte Uhr wird also die wahre Zeit für den Rest des Tages und ebenso

eine Drehung der Achse A den Zeiger E auf der Scheibe D , bis er dieselbe Zeit anzeigt. Ist man annähernd daselbst angekommen, so lässt man den Spiegel los und schraubt die Schraube I fest. Das ganze Instrument wird nun um Zapfen a gedreht, indem man dasselbe bei D anfasst, ohne im Mindesten den Untersatz N zu bewegen, bis man den Sonnenstrahl aus der Oeffnung des Winkelbleches Z austreten und auf den Mittelpunkt des Winkelbleches H auffallen sieht. Die Schraubenmutter a wird alsdann angezogen und der Heliostat ist vollständig gerichtet. Ein einfacheres Mittel, um den Heliostaten zu richten, geben wir später an.

Wenn man nun die Schraube I öffnet und H schliesst, so kann man beobachten, wie das Sonnenbild während der Dauer mehrerer Stunden unbeweglich im Mittelpunkt des Winkelbleches H sich erhält, und sobald dies nicht der Fall, ist der Heliostat nicht genau gerichtet. — Man muss sich niemals des Heliostaten bedienen, wenn man sich nicht vorher von dem richtigen Gang desselben überzeugt hat. Man kann, wenn der Heliostat gerichtet ist und der Untersatz N die Stücke LM , KJ , JM fest sind, die anderen Theile ab und auseinander nehmen. Zu diesem Zweck werden die Schrauben, welche das Zahurad c und die Scheibe D befestigen, losgeschraubt, die Halshülse I geöffnet, indem man die Schraube, welche denselben um die Achse befestigt, abschraubt, der Lagendeckel, welcher die Achse an deren oberen Theil hält, wird losgemacht und lässt sich alsdann der Spiegel, die Gabel und die Achse abnehmen, ohne dass, wenn dieselben wieder eingesetzt werden, eine Wiederholung der Richtung des Heliostaten nöthig ist.

Um den Spiegel allein abzunehmen, schraubt man erst die Schrauben V und T los und alsdann diejenigen, welche den Spiegel in der Gabel PQ halten.

für den folgenden Tag angeben und es wird wirklich Mittag sein, wenn dieselbe 12 Uhr zeigt. — Wir wiederholen nochmals, dass man seine Uhr in einem Observatorium richten muss, was in Haupt- und Seestädten ein Leichtes ist.

Datum	Zeitgleichung in Minuten	Abweichung in Graden	Grad des Kreises	Datum	Zeitgleichung in Minuten	Abweichung in Graden	Grad des Kreises
Jan.	1 — 4 ^m	23° S.	56 ¹ / ₂	April	1 — 4 ^m	40 ³ / ₄ N.	42 ⁵ / ₈
	3 — 5	23 "	56 ¹ / ₂		3 — 3	5 ¹ / ₅ "	42 ¹ / ₄
	5 — 6	22 ³ / ₄ "	56 ³ / ₈		5 — 2 ¹ / ₂	6 ¹ / ₄ "	41 ⁷ / ₈
	7 — 7	22 ¹ / ₄ "	56 ¹ / ₈		7 — 2	7 "	41 ¹ / ₂
	9 — 7 ¹ / ₂	22 "	56		9 — 1 ¹ / ₂	7 ³ / ₄ "	41 ¹ / ₂
	11 — 8 ¹ / ₂	21 ³ / ₄ "	55 ⁷ / ₈		11 — 1	8 ¹ / ₂ "	40 ³ / ₄
	13 — 9	21 ¹ / ₂ "	55 ³ / ₄		13 — ¹ / ₂	9 ¹ / ₄ "	40 ³ / ₈
	15 — 10	21 "	55 ¹ / ₂		15 + 0	10 "	40
	17 — 10 ¹ / ₂	20 ³ / ₄ "	55 ³ / ₈		17 + ¹ / ₂	10 ¹ / ₂ "	39 ³ / ₄
	19 — 11	20 ¹ / ₄ "	55 ¹ / ₈		19 + 1	11 ¹ / ₄ "	39 ³ / ₈
	21 — 11 ¹ / ₂	19 ³ / ₄ "	54 ⁷ / ₈		21 + 1 ¹ / ₂	12 "	39
	23 — 12	19 ¹ / ₂ "	54 ³ / ₄		23 + 2	12 ¹ / ₂ "	38 ³ / ₄
	25 — 13	19 "	54 ¹ / ₂		25 + 2	13 ¹ / ₄ "	38 ³ / ₈
	27 — 13	18 ¹ / ₂ "	54 ¹ / ₄		27 + 2 ¹ / ₂	14 "	38
	29 — 13 ¹ / ₂	17 ³ / ₄ "	53 ⁷ / ₈		29 + 3	14 ¹ / ₂ "	37 ³ / ₄
Febr.	1 — 14	17° S.	53 ¹ / ₂	Mai	1 + 3	15° ¹ / ₄ N.	37 ³ / ₈
	3 — 14	16 ¹ / ₂ "	53 ¹ / ₄		3 + 3 ¹ / ₂	15 ³ / ₄ "	37 ¹ / ₈
	5 — 14	15 ³ / ₄ "	52 ⁷ / ₈		5 + 3 ¹ / ₂	16 ¹ / ₄ "	36 ⁷ / ₈
	7 — 14 ¹ / ₂	15 ¹ / ₄ "	52 ⁵ / ₈		7 + 3 ¹ / ₂	17 "	36 ¹ / ₂
	9 — 14 ¹ / ₂	14 ¹ / ₂ "	52 ¹ / ₈		9 + 3 ³ / ₄	17 ¹ / ₂ "	36 ¹ / ₄
	11 — 14 ¹ / ₂	13 ¹ / ₂ "	51 ³ / ₄		11 + 4	18 "	36
	13 — 14 ¹ / ₂	13 ¹ / ₄ "	51 ⁵ / ₈		13 + 4	18 ¹ / ₂ "	35 ³ / ₄
	15 — 14 ¹ / ₂	12 ¹ / ₂ "	51 ¹ / ₄		15 + 4	19 "	35 ³ / ₂
	17 — 14 ¹ / ₂	11 ³ / ₄ "	50 ⁷ / ₈		17 + 4	19 ¹ / ₂ "	35 ¹ / ₄
	19 — 14	11 ¹ / ₄ "	50 ⁵ / ₈		19 + 4	19 ³ / ₄ "	35 ¹ / ₈
	21 — 14	10 ¹ / ₂ "	50 ¹ / ₄		21 + 3 ¹ / ₂	20 ¹ / ₄ "	34 ⁷ / ₈
	23 — 13 ¹ / ₂	9 ³ / ₄ "	49 ⁷ / ₈		23 + 3 ¹ / ₂	20 ³ / ₄ "	34 ⁵ / ₈
	25 — 13 ¹ / ₂	9 "	49 ¹ / ₂		25 + 3 ¹ / ₂	21 "	34 ³ / ₂
	27 — 13	8 ¹ / ₄ "	49 ¹ / ₈		27 + 3	21 ¹ / ₄ "	34 ³ / ₈
					29 + 3	21 ³ / ₄ "	34 ¹ / ₈
März	1 — 12 ¹ / ₂	7° ¹ / ₂ S.	48 ³ / ₄	Juni	1 + 2 ¹ / ₂	22° N.	34
	3 — 12	6 ³ / ₄ "	48 ³ / ₄		3 + 2	22 ¹ / ₂ "	33 ³ / ₄
	5 — 11 ¹ / ₂	6 "	48		5 + 2	22 ¹ / ₂ "	33 ³ / ₄
	7 — 11	5 ¹ / ₄ "	47 ⁵ / ₈		7 + 1 ¹ / ₂	22 ³ / ₄ "	33 ⁵ / ₈
	9 — 11	4 ¹ / ₂ "	47 ¹ / ₄		9 + 1	23 "	33 ¹ / ₂
	11 — 10	3 ¹ / ₂ "	46 ³ / ₄		11 + 1	23 "	33 ¹ / ₂
	13 — 9 ¹ / ₂	2 ³ / ₄ "	46 ³ / ₈		13 0	23 ¹ / ₄ "	33 ³ / ₈
	15 — 9	2 "	46		15 0	23 ¹ / ₄ "	33 ³ / ₈
	17 — 8 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄ "	45 ⁵ / ₈		17 — ¹ / ₂	23 ¹ / ₂ "	33 ¹ / ₄
	19 — 8	1 ¹ / ₂ "	45 ¹ / ₄		19 — 1	23 ¹ / ₂ "	33 ¹ / ₄
	21 — 7 ¹ / ₄	1 ¹ / ₂ N.	44 ³ / ₄		21 — 1 ¹ / ₂	23 ¹ / ₂ "	33 ¹ / ₄
	23 — 6 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄ "	44 ³ / ₈		23 — 2	23 ¹ / ₂ "	33 ¹ / ₄
	25 — 6	2 "	44		25 — 2 ¹ / ₂	23 ¹ / ₂ "	33 ¹ / ₄
	27 — 5	2 ³ / ₄ "	44 ⁵ / ₈		27 — 3	23 ¹ / ₄ "	33 ⁵ / ₈
					29 — 3 ¹ / ₄	23 ¹ / ₄ "	33 ³ / ₈

Datum	Zeitgleichung in Minuten	Abweichung in Graden	Grad des Kreises	Datum	Zeitgleichung in Minuten	Abweichung in Graden	Grad des Kreises				
Juli	1	— 3 1/2	23° N.	33 1/2	Oct.	1	+ 10 1/2	30 1/2 S.	46 5/8		
	3	— 4	23	"		33 1/2	3	+ 11	4	"	47
	5	— 4 1/4	22 3/4	"		33 5/8	5	+ 11 1/2	4 3/4	"	47 3/8
	7	— 4 1/2	22 1/2	"		33 3/4	7	+ 12	5 1/2	"	47 7/4
	9	— 5	22 1/4	"		33 7/8	9	+ 13	6 1/2	"	48 1/4
	11	— 5	22	"		34	11	+ 13 1/4	7 1/4	"	48 5/8
	13	— 5 1/2	21 3/4	"		34 1/8	13	+ 13 3/4	8	"	49
	15	— 5 1/2	21 1/2	"		34 1/4	15	+ 14 1/4	8 1/2	"	49 3/4
	17	— 6	21 1/4	"		34 3/8	17	+ 14 1/2	9 1/2	"	49 7/4
	19	— 6	20 3/4	"		34 5/8	19	+ 15	10	"	50
	21	— 6	20 1/2	"		34 3/4	21	+ 15 1/2	10 3/4	"	50 3/8
	23	— 6	20	"		35	23	+ 15 1/2	11 1/2	"	50 5/4
	25	— 6	19 1/2	"		35 1/4	25	+ 16	12 1/4	"	50 1/8
	27	— 6	19 1/4	"		35 3/8	27	+ 16	13	"	51 1/2
							29	+ 16	13 1/2	"	51 3/4
	August	1	— 6	18° N.		36	Nov.	1	+ 16 1/4	14° 1/2 S.	52 1/4
		3	— 6	17 1/2		"		36 1/4	3	+ 16 1/2	15 1/4
5		— 6	17	"	36 1/2	5		+ 16 1/4	15 3/4	"	52 7/8
7		— 5 1/2	16 1/2	"	36 3/4	7		+ 16 1/4	16 1/2	"	53 1/4
9		— 5 1/4	15 3/4	"	37 1/8	9		+ 16	17	"	53 1/2
11		— 5	15 1/4	"	37 3/8	11		+ 16	17 1/2	"	53 3/4
13		— 4 1/2	14 1/2	"	37 3/4	13		+ 15 1/2	18	"	54
15		— 4	14	"	38	15		+ 15 1/4	18 1/2	"	54 1/4
17		— 4	13 1/4	"	38 3/8	17		+ 15	19	"	54 1/2
19		— 3 1/2	12 3/4	"	38 5/8	19		+ 14 1/2	19 1/2	"	54 3/8
21		— 3	12	"	39	21		+ 14	20	"	55
23		— 2 1/2	11 1/2	"	39 1/4	23		+ 13 1/2	20 1/2	"	55 1/4
25		— 2	10 3/4	"	39 5/8	25		+ 13	21	"	55 1/2
27		— 1	10	"	40	27		+ 12	21 1/4	"	55 5/8
29		— 1	9 1/2	"	40 3/8						
Sept.		1	0	8° 1/4 N.	40 7/8	Dec.		1	+ 11	22° S.	56
		3	+ 1 1/2	7 1/2	"			41 1/4	3	+ 10	22 1/4
	5	+ 1 1/2	6 3/4	"	41 1/4		5	+ 9	22 1/2	"	56 1/4
	7	+ 2	6	"	42		7	+ 8	22 1/2	"	56 1/4
	9	+ 3	5 1/4	"	42 3/8		9	+ 7 1/2	23	"	56 1/2
	11	+ 3 1/2	4 1/2	"	42 3/4		11	+ 6 1/2	23	"	56 1/2
	13	+ 4	3 3/4	"	43 1/8		13	+ 5 1/2	23	"	56 1/2
	15	+ 5	3	"	43 1/2		15	+ 4 1/2	23	"	56 1/2
	17	+ 5 1/2	2 1/4	"	43 7/8		17	+ 3 1/2	23 1/2	"	56 3/4
	19	+ 6 1/2	1 1/2	"	44 1/4		19	+ 3 1/2	23 1/2	"	56 3/4
	21	+ 7	1 1/2	"	44 3/4		21	+ 1 1/2	23 1/2	"	56 3/4
	23	+ 7 1/2	1 1/4	S.	45 1/8		23	+ 1 1/2	23 1/2	"	56 3/4
	25	+ 8 1/2	1	"	45 1/2		25	—	23 1/2	"	56 3/4
	27	+ 9	1 3/4	"	45 7/8		27	— 1 1/2	23 1/2	"	56 3/4
	29	+ 10	2 1/2	"	46 1/4		29	— 2 1/2	23 1/2	"	56 3/4
							31	— 3 1/2	23	"	56 1/2

KAPITEL XI.

AUFSTELLUNG DES HELIOSTATEN MIT DEM VERGRÖßERUNGS-APPARAT.

Der Heliostat kann auf dreierlei Weise aufgestellt werden.

1. Die einfachste Weise besteht darin, dass man den Vergrößerungs-Apparat neigt, bis seine optische Achse mit der Achse des Heliostaten zusammenfällt.

2. Die zweite besteht darin, die reflectirten Strahlen, mit Hülfe eines zweiten Spiegels, in irgend einer Richtung horizontal zu machen.

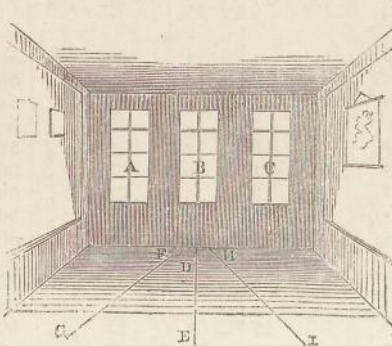
3. Bei der dritten werden die reflectirten Strahlen durch einen, bezüglich der Achse des Heliostaten, unter 45° geneigten Spiegel, horizontal in der Weise gerichtet, dass dieselben von Osten nach Westen oder von Westen nach Osten reflectirt werden.

I. Abtheilung. *Der gegen den Horizont geneigte Apparat.*

Beschreibung des Apparates. — Die Fig. 4. Taf. IV. stellt diese Aufstellung sehr genau, gleichzeitig mit dem Holz-Ver-schlag dar, um das Instrument gegen den Regen zu schützen.

Dieser Apparat muss im Freien auf einer Plattform, einer Terasse, in einem Garten oder Balcon-Zimmer *) aufgestellt wer-

*) Man beobachtet zur wirklichen Mittagszeit den Schatten der senkrechten Schliesse des Fensters. Wenn dieser Schatten sich links von *FG*



befindet, so bringt man den Apparat vor das Fenster *B* oder *A* fällt hingegen derselbe nach rechts *HI*, so wird der Apparat nach *C* oder *B* gebracht; wenn endlich der Schatten zu der Mauer senkrecht einfällt *DE*, so stellt man den Apparat vor dem Fenster *B* auf. Das Fenster muss sich immer bis an den Boden öffnen lassen, so dass die Fläche des Balcons mit dem Fussboden des Zimmers eine Ebene bilden.

Fig. 86.

den, wobei genau beobachtet werden muss, dass der Fussboden sehr solid ist etc. Der Heliostat ist aus folgenden verschiedenen Theilen zusammengesetzt.

1. Der eigentliche Heliostat. — Derselbe ist im Ganzen dem in Fig. 85 dargestellten genau ähnlich, nur sind die drei Stellschrauben an dem Untersatz fortgelassen, weil er auf der festen Grundlage des Untergestelles *AB* (Fig. 4. Taf. IV) bleibend befestigt ist, von wo er nicht verrückt werden darf, da sonst die Justirung zerstört werden würde. Die Stücke *LM* und *JK* (Fig. 85) sind gleichfalls befestigt, indem der Constructeur jedesmal den Heliostaten so richtet, dass seine Achse genau mit der Achse des optischen Apparates zusammenfällt. — Um diese Adjustirung zu veranlassen nimmt der Constructeur die Linsen des Apparates heraus und ersetzt dieselben durch runde Metall-Scheiben, in deren genauem Mittelpunkt sich eine concentrische Oeffnung von 5 Centim. Durchmesser befindet. — Alsdann nimmt er die Achse des Heliostaten weg und setzt an deren Stelle einen 2 Meter langen Holz-Cylinder ein. Auf diese Weise verlängert er die Achse des Heliostaten und richtet den Apparat so lang, bis die Öffnungen der Scheiben genau in der Richtung des Holzcyinders sich befinden. Hierauf werden alle die beweglichen Theile bleibend befestigt. — Man muss genau Obacht geben, dass diese Stücke nicht verrückt werden, besonders darf der Untersatz *N* (Fig. 85) von dem Platz, auf welchem er befestigt ist, keine Versetzung erleiden, ebensowenig das Stück *LM*, noch der Bogen *JK*. — Man kann den Spiegel abnehmen, die Achse *A* und das Uhrwerk etc., jedoch Alles dies nur unter der Bedingung, dass die übrigen Theile des Heliostaten fest bleiben.

2. Das Untergestell. — Bei dem Untergestell *DECUA* bildet *DE* mit *AB* einen Winkel, welcher dem der Polhöhe des Ortes, für welchen der Heliostat construirt wurde, gleich ist. Wenn der Apparat in seiner richtigen Stellung sich befindet, muss das Gestell solid mit Holzkeilen und Riegeln an den Wänden des Verschlages befestigt werden, ebenso der Theil *AB* an dem Boden, so dass er sich nicht bewegen kann. Mit Hülfe zweier Schrauben, deren eine in *C* sichtbar ist, lässt sich

die Grundfläche AB des Gestelles in genau horizontale Richtung bringen.

3. Der optische Apparat HI ist dem in Fig. 1, Taf. III dargestellten vollkommen gleich und wird auch auf genau dieselbe Weise behandelt.

Die Holzhütte oder der Verschlag, welcher das Instrument umgibt, ist in der Figur in ein Zwanzigstel*) der natürlichen Grösse für einen Apparat mit 14 zölligem Condensator und eine Polhöhe von 45° gezeichnet. Wenn die Polhöhe eine andere ist, so ist natürlich auch die Höhe so wie die Länge des Verschlages eine andere. Die Breite bleibt immer dieselbe. Im Nachstehenden geben wir die genauen Ziffern an, welche sich auf Fig. 5, Taf. IV beziehen.

	LV	LK	OP.
Raum 30°	2 ^m ,	2 ^m ,50	3 ^m ,
40°	2 ^m ,	3 ^m ,	2 ^m ,50
50°	2 ^m ,	3 ^m ,25	2 ^m ,25
60°	2 ^m ,	3 ^m ,50	2 ^m ,25

OM=0^m,80; OS=0^m,80; RM=1^m,50; VU=1^m.

Die Holzhütte ist aus zollstarken Dielen aufgebaut, nachdem sie vorher nach der Sonne gerichtet wurde, so dass letztere zur wirklichen Mittagszeit keinen Schatten auf die Längenseiten werfen darf. Vorn lässt sich dieselbe öffnen, wie aus Fig. 5 ersichtlich ist und sind die beiden Seitenthüren, so wie der Deckel, denen in Fig. 9 Taf. II angegebenen, gleich.

Die Thür befindet sich auf der Rückseite LK (Fig. 4, Taf. IV) und ist 2 bis 2,50 Meter hoch und 1 Meter breit.

*) Für den Apparat, dessen Condensator nur 8 Zoll Durchmesser hat, nimmt man $\frac{3}{5}$ der für den Apparat mit 14 zöll. Condensator angegebenen Maasse. Apparate mit 19 zöll. Condensator werden in dieser Weise nicht angefertigt, weil einerseits die Höhe des Verschlages eine zu beträchtliche und andererseits die Handhabung des Apparates eine zu schwierige sein würde.

Die Richtung des Apparates. — Dieselbe ist sehr einfach und leicht zu bewerkstelligen. Man stellt den Apparat in der Richtung von Süden nach Norden (den Heliostat nach Süden) auf und richtet sich hiebei nach dem Stand der Sonne im wahren Mittag.

Man legt eine Wasserwage parallel neben den Theil *LM* (Fig. 85) auf den Untersatz *N*, bringt vor dem Heliostaten ein Senkblei, welches aus einem 2 Meter langen und 2 mill. starken Faden besteht, an dessen unterem Theil ein Gewicht (von $\frac{1}{2}$ Kil.) befindlich ist, das, um eine geringere Bewegung*) herbeizuführen, in ein kleines Gefäss mit Wasser getaucht wird. Man hält das Senkblei derartig, dass sein unterer Theil sich ganz nahe bei der Schraube *B* des Heliostaten (Fig. 85) befindet.

Nachdem man vorher seine Uhr ganz genau auf die wirkliche Zeit gerichtet, wie wir früher beschrieben, bewegt man das ganze Instrument um genau 12 Uhr von rechts nach links oder umgekehrt bis der Schatten des Fadens die Schraube *B* (Fig. 85), die Scheibe *D*, die Achse *A* und den Kasten des optischen Apparates in zwei genau gleiche Theile theilt. — Zu gleicher Zeit dreht eine zweite Person, die an dem hinteren Theile des Untergerüstes *AB* befindliche Schraube *C*, (Fig. 4. Taf. IV) bis die auf dem Untersatz *N* (Fig. 85) neben *LM* gelegte Wasserwage, die ganz genau horizontale Lage dieses Theiles angibt. — Man muss diese Operation einige Minuten vor Mittag beginnen, den Spiegel *XR* nach und nach in die Höhe heben und bis um wirklich Mittag diese Operation fortsetzen, wo man alsdann einhält, um am folgenden Tag zu gleicher Zeit wieder fortzufahren.

Ist diese Operation mit einer gewissen Sorgfalt ausgeführt, so genügt dieselbe vollkommen zur genauen Richtung des Heliostaten, jedoch ist häufig hierbei der Wind für dieselbe von nachtheiligem Einfluss. — Man sei immer bedacht, dass das Senkblei so nahe wie möglich bei dem Instrumente sich befindet, ohne

*) Die Fig. 6. Taf. IV. stellt diese Einrichtung dar. *AB*, *AC*, *AD* bilden einen Dreifuss, *EG* ist das Senkblei, *H* das Gefäss mit Wasser. Ein auf dem optischen Apparat *B* befestigter dreieckiger hölzerner Arm *A*, an dem das Senkblei befestigt wird, erfüllt denselben Zweck.

dass jedoch das Gefäss mit Wasser den Fuss desselben berührt. Je näher das Senkblei ist um so schärfer sieht man den Schatten.

Eine zweite Art den Heliostaten zu richten, welche auch so nahe als möglich zur Mittagsstunde vorgenommen werden muss, ist folgende:

Nachdem der Punkt XII auf dem Stundenkreis gerichtet ist, wie wir Seite 242 angegeben, wird der Kreis P nach dem Abweichungswinkel der Sonne und die Scheibe D auf die wirkliche Zeit gestellt. Alsdann wird das ganze Instrument auf seinem Untergestell AB bewegt, bis man das Sonnenbild in X (Fig. 85) sich bilden sieht. Man verfährt nun, wie früher gesagt, indem man anstatt das ganze Instrument zu bewegen, nur den Theil LM dreht. — Die Unterlage muss stets genau horizontal bleiben. Diese Operation muss mehrmals hintereinander wiederholt werden, worauf man die genaue Richtung des Instrumentes prüft, indem das Uhrwerk mit dem Zahnrad C in Verbindung gesetzt, und beobachtet wird, ob die beiden Winkelbleche oder Absehen immer in derselben Richtung der Sonne bleiben, in welchem Fall das Sonnenbild in dem Mittelpunkt des Winkelbleches H mehrere Stunden unbeweglich erscheinen muss.

Ist dies geschehen, so ist das Instrument ein und für allemal gerichtet und braucht alsdann nur noch das Untergestell an den Boden festgeschraubt oder mit einigen grossen Steinen beschwert zu werden, wodurch eine Verschiebung verhindert wird. — Es ist immer zu empfehlen, den Apparat auf einem gut gepflasterten, oder sonst sehr solid gemachten Boden, oder auf einem mit einer Steinplatte bedeckten Mauerwerk aufzustellen.

Handhabung des Apparates. — Die Behandlung des Apparates ist ganz dieselbe, wie bei dem gewöhnlichen Apparat, von dem wir Seite 228 gesprochen, und welcher Fig. 1 Taf. III dargestellt ist. — Es ist nur zu erwähnen, dass, wenn der Operateur Negative, über die Dimension eines photographischen Bogens vergrössern will, insofern der Apparat die Anwendung eines solchen Formates gestattet, so muss er sein Bild auf ein grosses Brett projiciren, welches an dem oberen Theil des Verschlages in der richtigen Lage angebracht ist.

Welches immer die Zeit der Abweichung der Sonne sein mag, da man sich nur an den Tagen, an welchen man den Apparat richtet, hiermit beschäftigt, so fängt man damit an, die Schrauben *V*, *I* und *H* des Heliostaten zu öffnen (Fig. 85) worauf man den Spiegel bei *R* anfasst, und während man den Mittelpunkt des vergrößernden Bildes betrachtet, lenkt man die Sonnenstrahlen nach dem Mittelpunkt dieses Objectivs. Ist man ungefähr dort angekommen, so schliesst man die Schrauben *V* und *I* und vervollständigt die Justirung mit den Schrauben *T* und *J*. Sobald dies geschehen, dreht man die Schraube *H* fest und öffnet die Schraube *I*. Der Heliostat folgt alsdann den Bewegungen des Uhrwerkes und bewirkt, dass das Sonnenbild stundenlang im Mittelpunkt des Vergrößerungs-Objectives bleibt, vorausgesetzt, dass die Justirung eine ganz genaue war und der Apparat nicht verschoben wurde. Sollte das Sonnenbild jedoch den Rand des Objectivs berühren, indem es langsam seinen Platz verändert so wird dies verbessert, indem die Schraube *H* geöffnet, und die Schraube *I* geschlossen und gleichzeitig die Schrauben *J* und *I* leicht gedreht werden. — Ist die Rectification geschehen, so wird *H* geschlossen und *I* geöffnet. Das Ganze lässt sich in einigen Secunden abmachen, ohne dass der Gang des Apparates beeinträchtigt wird. — Selbstverständlich muss vorher das Uhrwerk aufgezogen werden.

Will man die Arbeit beenden, so öffnet man die Mutter *H* und die Schrauben *I* und *V* und bringt den Theil *S* des Spiegels gegen den Bogen *K*, indem man alles Andere in diesem Zustand lässt, worauf die den Heliostaten vor Staub und Regen schützenden Thüren geschlossen werden.

Die in dem Verschlag befindliche Oeffnung, durch welche der Heliostat geht, muss sich mit einem leicht bewegbaren Vorhang verschliessen lassen, so dass der Heliostat von dem Innern des Verschlages durch denselben getrennt werden kann. — Wenn man das durch den Heliostaten reflectirte Sonnenlicht nach dem Apparat lenkt, so öffnet man den Vorhang, um in den optischen Apparat sehen zu können. Der Fuss des Apparates, sowie der unter dem Heliostaten gelegene Theil,

müssen möglichst, gegen die Hitze der Sonnenstrahlen geschützt werden, indem man dieselben mit einem mit Watta oder Heu belegten Tuche schützt.

II. Abtheilung. *Heliostat mit zwei Spiegeln.*

Anwendung des Heliostaten bei den Apparaten mit gewöhnlichem Reflector. — Bei allen Vergrößerungs-Apparaten, sowohl unseres dialytischen als des alten Woodward'schen Systemes, kann der Heliostat verwendet werden, wenn vor dem Spiegelträger ein nach allen Richtungen freier Raum von $1\frac{1}{2}$ Meter sich befindet.

Um deutlich zu verstehen, auf welche Weise diese Apparate befestigt werden, muss man sich vollkommen mit dem Princip vertraut machen, dass der, in Fig. 85 dargestellte Apparat, die Sonnenstrahlen in der Richtung der verlängerten Achse *A* reflectirt. — Wird nun ein zweiter Spiegel angewendet, um die reflectirten Strahlen abermals in irgend einer Richtung zu reflectiren, so werden dieselben wie die ersten direct von dem Heliostaten kommenden, ebenfalls wieder unbeweglich reflectirt werden.

Es geht freilich ein Zehntel des Lichtes durch die Verwendung eines zweiten Spiegels verloren, hingegen hat man auf der anderen Seite den Vortheil, den zur Führung des gewöhnlichen Reflectors nöthigen Gehülfen entbehren zu können. — Dieses System wird seit Januar 1864 durch Damry in Lüttich und Verbeke in Louvain mit einem vollkommenen Erfolg angewendet. Die Vergrößerungs-Apparate der Genannten haben 19 zöllige Condensatoren, sind horizontal aufgestellt und arbeiten sehr einfach und bequem mit dem in Fig. 85 dargestellten Heliostaten.

In ganz Europa, besonders im Norden, ist diese Art der Aufstellung des Heliostaten eine sehr bequeme, namentlich wenn die Richtung des Vergrößerungs-Apparates schon vor der Hinzufügung des Heliostaten vorgenommen wurde, und anstatt von Süden nach Norden gelegen zu sein, einen beträchtlichen Winkel (zum Beispiel von 45°) mit dieser Richtung bildet, sei es von Osten nach Westen, oder von Westen nach Osten. — — Eine nach

Osten, Süd-Ost, Westen oder Süd-West gerichtete Wand ist immer vortheilhafter, als wenn die Mauer ganz nach Süden gelegen ist. — Wenn man jedoch den Anleitungen folgend, welche immer den Vergrößerungs-Apparaten beigegeben werden, die südliche Richtung gewählt hatte, so würde es gut sein, wenn man vor den Operationen der Aufstellung des Heliostaten, welche wir andeuten werden, den Apparat in dieser Richtung versetzen würde, indem man ihn quer in dem Zimmer nach Süd-Ost oder Süd-West aufstellt und gleichzeitig auch den Spiegelträger in diesem Sinne umstellt. Dies geschieht, wie wir gleich sehen werden, um zu vermeiden, dass der Schatten des Spiegels des gewöhnlichen Reflectors im Sommer nicht einen Theil des Spiegels des Heliostaten bedeckt.

Vorarbeit bei der Aufstellung des Heliostaten. — Die Fig. 4, Taf. V, gibt uns eine Idee von der vor der Aufstellung des Heliostaten nöthigen Arbeit. Wir nehmen an, A wäre unser Spiegelträger, dessen Spiegel jedoch abgenommen ist, und an dessen Stelle eine rund gedrehte Holzstange in den Zapfenlagern a und b , welche an den Enden der Arme sich befinden, gehalten wird. In der Mitte dieser Stange befestigen wir nun ein Senkblei, welches den Boden bei c berührt. — Ein zweites Senkblei EF wird in einer Entfernung von einem Meter und vor dem ersteren angebracht und der Platz desselben um die genaue wirkliche Mittagszeit so lange verändert, bis der Schatten FC genau den Punkt C durchschneidet. — Auf dem Boden wird alsdann die Linie CF markirt, welche die Lage des Meridians angibt. — Wenn nun BF mit CF einen Winkel bildet, welcher mit der Polhöhe des betreffenden Ortes gleich ist, so ist es einleuchtend, dass diese Linie genau die Achse A unseres Heliostaten darstellt, welche sich auch in der Ebene des Meridians befinden muss und die mit CF einen der Polhöhe des Ortes entsprechenden Winkel F bildet.

Beträgt die Höhe BC 1.50 Meter bis 2 Meter, so lässt sich der Heliostat leicht aufstellen, wenn eine genügende Entfernung zwischen dem Heliostaten und dem Spiegelträger vorhanden ist.

Die vorbereitende Operation besteht also in der Errichtung der beiden Senkbleie BC und EF um die Linie CF zu erhalten, welche die Mittags-Linie oder die Richtung von Süden nach Norden darstellt.

Aufstellung des Heliostaten. — Man stellt nun den Heliostaten auf einer hölzernen Kiste oder provisorischen Untersatz von einigen Centimètres Höhe auf, und zwar so, dass die Achse A (Fig. 85) auf die Linie CF projicirt wird, und richtet denselben hierauf in der Weise, wie wir Seite 247 etc. angegeben haben. Sobald der Heliostat gut gerichtet und in vollem Gange ist, wird die Schraube V vorsichtig geöffnet, der Theil B des Spiegels nach unten gedrückt bis zu dem Augenblick, wo der Kreis P die Zahl der Grade und Theile der Grade angibt, welche in der dritten Colonne*) der auf Seite 243 etc. gegebenen Tabelle mit Berücksichtigung des Datums des Tages, an welchem man operirt, verzeichnet sind. Hierauf wird die Schraube V geschlossen und die genaue Adjustirung des Kreises mittelst der Schraube T veranlasst.

Die Sonnenstrahlen werden jetzt in der Richtung der Achse des Heliostaten reflectirt, und wenn das Instrument an einem geeigneten Platz aufgestellt wurde, z. B. so, dass die Achse des Heliostaten mit der gedachten Linie BF (Fig. 4, Taf. V), zusammenfällt, so wird man bemerken, dass alle durch den Spiegel des Heliostaten reflectirten Strahlen nach B fallen. Um dies besser beobachten zu können, überklebe man die ganze Oberfläche des Heliostat-Spiegels mit einem weissen Bogen Papier, lässt aber in der Mitte derselben eine runde Öffnung von 5 Cent. Durchmesser. (Der Mittelpunkt des Spiegels liegt in dem Punkt, welcher die von dem einen Mittelpunkt zu dem anderen der beiden Zapfen der Spiegelachs gezogenen Linie in zwei genau gleich lange Theile theilt). — Operirt man nun mit einem derartig beklebten Spiegel, so erblickt man deutlich das reflectirte Sonnenbild auf einem, nächst dem Spiegelträger A in den Lauf des

*) Diese Colonne bezeichnen wir mit dem Ausdruck „Grade des Kreises“.

reflectirten Strahles gehaltenen, weissen Carton. Dieses Sonnenbild muss genau mit dem Punkte B zusammenfallen, und sollte dies nicht der Fall sein, so wird die Stellung des Heliostaten so lange geändert und gerichtet, bis dies auf einige Centimeter nahezu stattfindet. — Man ersetzt nun den provisorischen Untersatz durch einen solid gemauerten und mit einer ebenen Steinplatte von ungefähr 1 Meter im Viereck bedeckten Untersatz von gleicher Höhe, setzt den Heliostaten auf denselben, befestigt den Spiegel in dem horizontalen Spiegelträger und reflectirt die schon durch den Spiegel des Heliostaten reflectirten Sonnenstrahlen in den Vergrößerungs-Apparat. Man beobachtet, ob der Condensator des Apparates gehörig durch das Sonnenlicht bedeckt wird, da wenn dies nicht der Fall ist, der Heliostat das Sonnenlicht noch nicht genügend reflectirt.

Es gibt ein einfaches Mittel, vermittelt welchem man leicht die Stellung des Heliostaten verrücken kann und die Strahlen in einer vollständig entsprechenden Richtung reflectirt werden.

Man lässt sich ein kleines plattes hölzernes Lineal AB (Fig. 3, Taf. IV), von 15 cent. Länge machen, an dessen beiden Enden sich zwei Absehen befinden, ähnlich denjenigen X, Z , (Fig. 85), welche auf der Spiegeleinfassung befestigt waren, und befestigt dieses Lineal dann mittelst einer Schraube c auf der Seite des Spiegels. — Hat man nun Einsicht von der 3. Colonne der Tabelle genommen und den Spiegel bis zu dem Punkt, wo der Kreis P die festgestellte Zahl der Grade angibt, herabgesenkt, d. h. werden die Sonnenstrahlen auf den Spiegelträger reflectirt, so dreht man das Lineal AB langsam um seinen Mittelpunkt C bis zu dem Augenblick, wo die in den Winkelblechen oder Absehen B eintretenden Strahlen ein rundes Sonnenbild auf dem Winkelblech A bilden, und man bezeichnet alsdann den Platz dieses runden Bildes mit einer Metallspitze. Wenn der Heliostat in Bewegung und genau gerichtet ist, so darf weder das Sonnenbild auf dem Winkelblech A , noch dasjenige in dem Brennpunkt des Condensators des Vergrößerungsapparates seine Stellung verändern. Wenn jetzt der Condensator noch nicht voll-

kommen durch das Sonnenlicht bedeckt wird, so kommt dies daher, dass ein Theil des durch den Heliostaten reflectirten Lichtes, neben den Spiegelträger fällt. — Man kann jetzt den Heliostaten versetzen ohne seine Richtung zu beeinträchtigen, nur muss man beobachten, dass das Sonnenbild immer auf dieselbe Stelle des Winkelbleches *A* fällt. Man kann auf diese Weise den Heliostaten stellen wie man will, vorausgesetzt, dass der Spiegel durch das Uhrwerk bewegt wird.

Ist der Heliostat einmal richtig aufgestellt, so kann man den Spiegelträger in Ruhe lassen, und wenn der reflectirte Strahl nicht unbeweglich bleibt, so wird er genau so verbessert, wie wir Seite 251 angegeben haben. Jedenfalls wird er unbeweglich bleiben, wenn man bei der Richtung die wirklich genaue Zeit annahm und sorgfältig den Abweichungs-Kreis notirt hatte. — Ist der Apparat einmal aufgestellt und gerichtet, so schützt man denselben durch eine Holzbehausung, welche man nach eigenem besten Ermessen construirt, vor dem Regen. — Um für die Folge sich des Apparates bedienen zu können, genügt es die Sonnenstrahlen genau so in den Vergrößerungs-Apparat zu lenken, wie wir dies auf Seite 251 beschrieben.

Die Fig. 5, Taf. V*), stellt die günstigste Aufstellungsweise dieses Apparates dar in dem Fall, dass man genöthigt ist, wegen Mangel an dem nöthigen Raum unter dem Spiegelträger, eine Holzbude oder Verschlag auf einer Terasse oder in einem Garten zu errichten. In diesem Fall wird der optische Apparat längs der Linie *CD* (Ost-West) gerichtet und man errichtet alsdann den Heliostaten *A* an einer Ecke des Gebäudes vor dem Balken *I*. Die Länge *CD* des Gebäudes beträgt 5 Meter, die Breite 2 und die Höhe *FG* der Fussdielen über dem Boden $1\frac{1}{2}$ Meter.

III. Abtheilung. *Andere Einrichtung des Apparates mit einem Heliostaten mit zwei Spiegeln.*

Beschreibung des Apparates. — Dieser Apparat ist in Fig. 8, Taf. IV, dargestellt und ist im Allgemeinen den vorher-

*) In unserer Zeichnung ist der Heliostat *A* falsch dargestellt, indem derselbe sich vor dem Balken *I* und nicht neben demselben befinden muss.

gehenden bis auf den Unterschied ähnlich, dass der Spiegel anstatt zwischen dem Heliostaten und dem Condensator befindlich zu sein, hinter dem Condensator liegt. Der Apparat ist leichter zu handhaben, bedingt aber eine Behausung, welche, wenn nicht eigens dazu errichtet, doch wie z. B. ein Balcon-Zimmer*), zweckentsprechend sein muss.

Der Apparat ist sonst demjenigen auf Seite 246 etc. beschriebenen ganz gleich, und wird auf dieselbe Weise gerichtet. Nachdem der Leser die detaillirte Beschreibung des Heliostaten auf Seite 236 etc. aufgefasst, dürften ihm die auf der Seite 246 etc. gemachten Angaben ebenfalls verständlich sein, so dass wir über die Details der Einrichtung dieses Apparates rasch hinweggehen können. Die Beschreibung des Apparates (Fig. 8, Taf. IV), ist folgende: Der Heliostat ist genau derselbe, wie wir ihn in Fig. 85 beschrieben, nur dass die drei Schrauben am Untersatz, sowie die Bewegung des Theiles *ML* um die Mutter *a*, sowie diejenige des Bogens *KI* fortgelassen wurde. Dieser Heliostat ist somit bleibend auf einem gusseisernen Untergestell *QR* befestigt (Fig. 8, Taf. IV), an dessen Ecken zwei Stellschrauben angebracht sind, vermöge welcher der Untersatz des Heliostaten in eine genau horizontale Lage gebracht wird, wie wir die früher beschrieben. Das Gestell *S* ist ebenfalls bleibend auf dem eisernen Fundament *QR* befestigt und trägt einen cubischen Kasten *CEG* aus sehr starkem Eichenholz. In diesem Kasten ist die Condensator-Linse *H* befestigt, deren Achse genau mit der des Heliostaten zusammentrifft. In der gegenüberliegenden Wand befindet sich ein rundes Loch von 5 Cent. Durchmesser, welches ebenfalls von der Achse des Heliostaten im Mittelpunkt getroffen werden muss, und zur genauen Richtung des Apparates verwendet wird.

*) Nehmen wir z. B. das Zimmer Fig. 86 an, so würde der Apparat bei dem Fenster *C* aufgestellt werden müssen, wenn der Schatten des verticalen Fensterbalkens zur wirklichen Mittagszeit in der Richtung von *HJ* fällt; dahingegen wird er vor das Fenster *A* gebracht, wenn der Schatten nach *FG* fällt. In diesem Falle muss jedoch der Constructeur hievon in Kenntniss gesetzt werden, damit der Kasten *KO* (Fig. 8, Taf. IV) an der entgegengesetzten Wand befestigt und der reflectirende Spiegel in der Ebene *CE* anstatt in *BD* angebracht wird.

Der Constructeur veranlasst dies auf folgende Weise: Er befestigt den Heliostaten auf dem gusseisernen Fuss, richtet den Untersatz ganz genau horizontal, und sorgt, dass die Achse des Heliostaten mit dem Untersatz einen Winkel bildet, welcher der Polhöhe, für welche der Heliostat bestimmt, genau gleich ist, dann werden die Stücke *ML* und *KI* (Fig. 85), mittelst fixer Schrauben befestigt. Alsdann nimmt er die Achse *A* des Heliostaten ab, ersetzt sie durch eine sehr genau gedrehte runde Holzstange von 2 Meter Länge, nimmt den Spiegel *IJ* aus dem Kasten heraus, ebenso den Condensator, an dessen Stelle ein genau geschnittener runder Carton, in der Mitte mit einer runden Öffnung versehen, gebracht wird, und befestigt nicht eher das Gestell *S* (Fig. 8, Taf. IV), auf dem gusseisernen Fundament, bis die Stange von den beiden Öffnungen (sowohl der des Cartons und jener, welche sich an der gegenüber liegenden Wand des Kastens befindet) ganz gleichmässig getroffen wird. Die Achse des cubischen Kastens trifft sodann genau mit der des Heliostaten zusammen; damit dies aber mit Rücksicht auf die anderen Theile des optischen Apparates geschehe, muss der Kasten mit einer besonderen Sorgfalt construirt werden. Der Heliostat darf also nie von dem Untergestell *QR* abgenommen, und ebensowenig das Gestell *S*, noch der cubische Kasten verrückt werden. Dies ist von grösster Wichtigkeit.

Die negative Linse *U* ist in dem quadratischen Brett *ED* befestigt; der Negativ-Träger *V* und das vergrössernde Objectiv *X* befinden sich in einem separirten Kasten *KO*, dessen horizontale Achse zu der des Heliostaten rechtwinklig steht. — Ehe der Apparat gerichtet wird, muss dieser Kasten *KO*, sowie der Spiegel *IJ* und der Condensator *H* abgenommen und letzterer durch den Carton mit concentrischer Öffnung, wie wir oben besprochen, ersetzt werden.

Richtung des Apparates. — Der Apparat wird genau so wie wir es Seite 249 beschrieben, gerichtet, und zwar entweder vorläufig mit einem Senkblei, oder genauer indem man sich der richtigen Zeit, welche auf dem Stundenring angegeben wird, und der Sonnen-Abweichung des Tages, an welchem man den Apparat richtet, bedient.

Wenn der Heliostat-Spiegel genau nach der Sonne gerichtet ist, wobei deren Bild unbeweglich auf dem Winkelblech *X* (Seite 244) erscheint, so muss man zur Richtung des Spiegels *JI* schreiten, vorher jedoch den Kasten *KP* auf dem Untersatz *QR* richten und solid befestigen, welcher letztere ebenfalls entweder in Steinblöcke eingelassen oder durch Schraubenbolzen an dem Boden festgeschraubt wird.

Man bringt nun den Heliostaten in Gang, wobei die Sonnenstrahlen auf den Carton *H* so reflectirt werden, dass man einen Lichtkreis um das in der Rückwand *CD* des viereckigen Kastens befindliche runde Loch erblickt. — Die Schrauben des Heliostaten werden alsdann festgeschraubt und müssen, wenn der Heliostat gut orientirt sein soll, nach Verlauf einer halben Stunde die reflectirten Lichtstrahle, ganz denselben Lichtkreis, auf dem nämlichen Platz als vorhin, zeigen, was mit einer erstaunlichen Genauigkeit stattfindet, wenn der Heliostat gut gerichtet ist. Ist dies nicht der Fall, so untersucht man genau, ob nicht versäumt wurde eine der Schrauben des Heliostaten zu befestigen, oder ob das Uhrwerk gut in einander greift, und beginnt alsdann, die Regulirung mit genauester Berücksichtigung der wirklichen Zeit von Neuem.

Bleiben die reflectirten Strahlen unbeweglich auf der Öffnung der Rückwand *CD*, so wird die Linse *H* eingesetzt, und mit der runden Pappscheibe, welche sie auf ihren Centraltheil beschränkt, bedeckt, alsdann wird der Spiegel *IJ*, welcher vorher gereinigt wird, diagonal in den Kasten gelegt und mit Hülfe der Winkelleisten befestigt, wonach das runde Bild der Öffnung des Cartons sich genau in der Mitte des Objectivs abzeichnet, ohne dass man, wohl verstanden, den Gang des Heliostaten aufgehalten hat. — Findet dies nicht statt, so muss der Spiegel *IJ* mit allergrösster Sorgfalt gerichtet werden, indem man die Eckleisten, welche eigens zu diesem Zwecke gemacht sind, verschiebt, ohne jedoch den Apparat zu erschüttern oder zu verrücken, noch den Heliostaten in seinem Gang aufzuhalten. — Sobald diese Anordnung getroffen ist, wird der Deckel *CDEB* aufgelegt.

Handhabung des Apparates. — Der Apparat ist nun zum Arbeiten bereit, und zwar wird derselbe zu jeder Tages-Stunde und an jedem Tage des Jahres die Strahlen gleichmässig in den Apparat werfen, sobald das Sonnenbild sich genau in der Mitte des Objectivs abzeichnet. — Was die Handhabung der den Apparat zusammensetzenden einzelnen Theile betrifft, so ist dieselbe der des horizontalen Apparates, dessen Beschreibung wir bereits gegeben und welche man nachsehen muss, ganz gleich. Das zu vergrössernde Negativ wird bei V in den Sonnenstrahlen-Kegel eingesetzt, das Objectiv X dient zum Einstellen, und das grüne Glas Y als Schliessthür der Camera. — Zwischen den Leisten KL und PO lassen sich grüne Glas-tafeln einschieben.

Aufstellung des Instrumentes. — Das Gebäude, welches den Apparat aufnehmen soll, kann entweder aus Holz gemacht oder gemauert sein. Fig. 1 und 2, Taf. V, stellen ein diesem Zweck angemessenes Haus in genau einem Zwanzigstel der natürlichen Grösse dar.

Folgt die Beschreibung:

$ABDC$ ist eine Holzhütte, deren Länge AC 5 Meter und deren Breite AB $1\frac{1}{2}$ Meter beträgt, die Höhe OD is $2\frac{1}{2}$ Meter, die des Daches OZ 1 mètre, die beiden Wände AB und CD sind genau in dem Meridian*) errichtet, und die Seitenwand AC muss zu demselben rechtwinklich laufen. Die Öffnung $abcd$, aus welcher der Heliostat GL heraussteht, zeigt folgende Dimensionen:

$$\begin{aligned} ab &= 1\frac{1}{4} \text{ Meter,} \\ bc &= 2 \quad \text{,,} \end{aligned}$$

Diese Öffnung wird durch mit Charniren versehene Flügelthüren von der Seite und von oben mit einem, mit einer Zinklechtafel belegten Deckel geschlossen, ungefähr ebenso, wie wir es Taf. IV, Fig. 5, dargestellt haben.

EF ist eine gerade Linie parallel mit AC , und stellt die Achse des optischen Apparates G dar. — Auf dieser Achse befindet sich der Copirrahmen MN , dessen Construction in der

*) Siehe in dieser Hinsicht das, was wir S. 249 gesagt haben.

Zeichnung Fig. 6, Taf. II, dargestellt ist, wobei der Mittelpunkt des Copirrahmens in derselben Höhe vom Boden befindlich sein muss, als der des vergrößernden Objectivs.

Die Wand *BD* muss mit den Wänden *AB* und *DC* einen Winkel von mindestens 15 Graden bilden, denn wenn diese Wand mit der ihr gegenüber liegenden parallel wäre, so würde das durch den Apparat *L* projecirte Bild auf diese letztere Wand auffallen. Wenn man hingegen die Hütte *ABCD* rechtwinklich bauen will, so ist es nöthig, dass die Wandungen *CD*, *AB*, anstatt in der Ebene des Meridians befindlich zu sein, mit letzterem einen Winkel von einigen Graden bilden. Der Apparat wird alsdann wie in Fig. 3 dargestellt, errichtet*). Die Öffnung *abcd* muss auf jedenfall mit Vorhängen, welche den cubischen Kasten und den Untersatz des Apparates umhüllen, geschlossen werden können, und zwar müssen dieselben sich leicht öffnen lassen, damit in dem Augenblick, wo man die Sonnenstrahlen des Heliostaten in den optischen Apparat reflectirt, dieser von der Person, welche den Heliostaten richtet, bequem gesehen werden kann.

KAPITEL XII.

APPARAT FÜR PARALLELES SONNENLICHT VON BERTSCH**)

Bertsch fand dieselben Mängel an den Woodward'schen Apparaten, welche wir früher angegeben haben und hat zur Ver-

*) In diesem Fall wird sich die Mauer *CB* in der Richtung des Schattens des Senkbleis um genau 1 Uhr Nachmittags befinden. Die Dimensionen dieser Hütte würden sein $BC=3^m$, $AB=4$; die Oeffnung *DE* etc. gleich der in Fig. 1 und 2 dargestellten.

***) Der Verfasser dieses Werkchens hat einen ganz genauen Vergleich zwischen einem kleinen Woodward'schen Apparat (dessen Condensator nur einen Durchmesser von 4 Zoll hatte) und einem solchen von Bertsch angestellt, um sich zu überzeugen, ob in der That das parallele Licht, dem convergirenden, bei Beleuchtung des Negativs vorzuziehen wäre. — Das Resultat dieses Vergleiches hat erwiesen, dass wenn die Construction des vergrößernden Objectives des Woodward'schen Apparates auf den Principien beruht, welche wir, als wir von diesem Objectiv gesprochen, erwähnt haben, ein Unterschied in den durch die beiden Apparate vergrößernden Bildern, nicht zu bemerken ist.

meidung derselben einen kleinen Apparat construirt, in welchem der Condensator ganz fortgelassen ist, und das Negativ direct von den Sonnenstrahlen durchdrungen wird. — Die Fig. 87 stellt diesen Apparat dar.

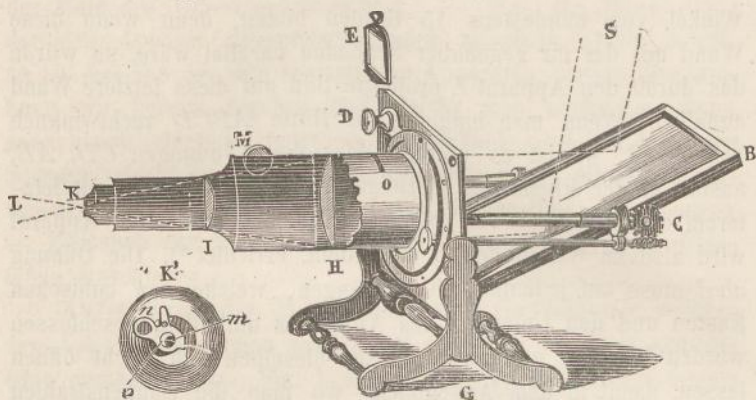


Fig. 87.

Ausserdem haben die mit grösster Genauigkeit angestellten Versuche und Vergleiche des Bert'schen Apparates mit dem dialytischen, dessen Durchmesser nicht weniger als 20 Zoll betrug, keine günstigeren Resultate geliefert, sondern der Bert'sche Apparat hat sogar bedeutend mehr Zeit zum Abdrucken des Bildes benöthigt, wodurch gewissermassen auch eine Unschärfe herbeigeführt wird, deren Entstehung der unvermeidlichen Erschütterung des Fussbodens, sowie der den Apparat zusammensetzenden Theile, zuzuschreiben ist. — Um dies genau zu untersuchen, wurde die Operation dann unterbrochen, sobald das optische Bild sich so weit auf der photographischen Fläche abgedruckt hatte, um darnach dessen Schärfe beobachten zu können. Wir haben uns hierbei überzeugt, dass das richtig angewendete convergirende Licht, nicht nur ebenso gute Resultate gibt, sondern auch noch den Vorzug gewährt, dass die Kraft des Bildes eine ungleich stärkere ist.

Diese Kraft, welche Herr Bert'sch in Abrede stellt (*Bareswill & Davanne, Chimie photographique*), indem er behauptet, dass die Dicke der Condensatoren eine grosse Menge des einfallenden Lichtes raube, und wodurch der Vortheil, welchen man von grossen Condensatoren erwarte, aufgehoben würde, ist so bedeutend, dass man mit dem Bert'schen Apparat 40mal so lange Zeit nöthig hat, um von einem Negativ einen Abdruck zu machen, als mit einem Woodward'schen Apparat, dessen Condensator einen Durchmesser von 19 Zoll besitzt. — Die Kraft des Lichtes, welche der Condensator in Wirklichkeit zulässt, ist annähernd dem Quadrat seines Durchmessers proportionirt, wie wir dies gelegentlich der Absorptions-gesetze genügend besprochen haben.

Die geringe Kraft, welche der Bert'sche Apparat besitzt, hat dessen Constructeur veranlasst, von dem zu vergrössernden Negativ ein transpa-

Der Spiegel *B* lässt sich mit Hülfe des Knopfes *D* und der Schraube *C* nach zwei Richtungen bewegen, um die Strahlen der Sonne *S* auf die Achse des Instrumentes zu führen. Der Spiegelträger wird an dem Fenster-Schalter eines dunklen Zimmers befestigt. Das Negativ, welches nicht mehr als 8 Centim. breit sein darf, wird in einem Rähmchen *E* angebracht, welches durch einen Schlitz *O* in den Apparat eingeführt wird. Die beiden achromatischen Linsen *H* und *I* lassen sich dem Negativ mit Hülfe eines Getriebes *M* nähern oder entfernen und werfen das Bild auf einen in geeigneter Entfernung aufgestellten Rahmen. Ausserdem ist noch in dem Haupt-Brennpunkt des Objectivs *HI* ein Diaphragma *K* angebracht, welches das zerstreute Licht abhalten soll.

An der vorderen Seite dieses in *K'* separirt dargestellten Diaphragma's befindet sich eine drehbare Scheibe, in der zwei runde Öffnungen angebracht sind, *m* und *n*, von denen die erste offen und die zweite mit einem gelben Glas bedeckt ist, so dass man im Stand ist, durch Drehung dieser Scheibe und Verschieben des gelben Glases die photogenische Wirkung im Apparate, in dem Moment einzuhalten, wo man es wünscht.

Der Apparat von Bertsch würde bezüglich des Mechanismus besser sein, wenn der Spiegelträger von dem optischen Apparat getrennt wäre, indem der Wind und die Bewegung mit der Hand erst den Spiegel und dann auch den optischen Apparat erschüttern und so häufig die Schärfe des vergrösserten Bildes zerstören.

rentes Positiv anzufertigen und von diesem alsdann ein grosses Negativ zu vergrössern, von dem zuletzt in dem gewöhnlichen Copirrahmen Copien abgedruckt werden. — Wir werden auf diese Methode zurückkommen, welche wenig praktisch ist und mit der lange nicht so scharfe Abdrücke erzielt werden können, als bei der directen Vergrösserung des Negatives auf Papier.

Im Ganzen gibt der Bertsch'sche Apparat unbedingt sehr scharfe Bilder, jedoch ist dies Ergebniss nach unserer Ansicht nicht dem Parallelismus der Sonnenstrahlen, welche das Negativ beleuchten, sondern der Abwesenheit aller Abweichung in dieser Beleuchtung zuzuschreiben, Abweichungen, von deren nachtheiligen Einflüssen, wir oben bei dem Woodward'schen Apparat gesprochen haben.

KAPITEL XIII.

VERGRÖßERUNG AUF INDIRECTEM WEGE,
VERMITTELST SONNEN- ODER ZERSTREUTEN
LICHTES.

Unzulänglichkeit dieser Methode im Vergleich zu der auf directem Wege. — Da, wie wir früher gesagt haben, viele Personen die Behauptung aufstellen, dass die Sonne in den nördlichen Climates nie genügend vorhanden sei, sowie dass der Photograph häufig nur alte Negative zur Vergrößerung habe, deren Intensität jedoch zu bedeutend ist, als dass sich dieselben in der Solar-Camera benutzen liessen, so werden häufig von den Negativen, transparente Positive angefertigt, welche je nach Wunsch verstärkt werden können. Von diesen letzteren wird ein vergrößertes Negativ angefertigt, und können dann so viel Abdrücke auf Papier abgezogen werden als man wünscht.

Es gehen auf diese Weise selbstverständlich sehr viele scharfe Details des Original-Negativs verloren, denn wenn das Positiv durch Aufeinanderlegen auf eine Trockenplatte oder auch, in einer gewissen Entfernung, in der Camera angefertigt wird, so geht schon ein Theil von der Schärfe bei dieser Reproduktion verloren. (Bei der Reproduktion in der Camera geht zwar weniger von der Schärfe verloren als bei der durch Aufeinanderlegen.) Ausserdem aber wird die Schärfe zum zweiten Male beeinträchtigt, wenn man das Positiv zum grossen Negativ vergrößert, besonders wenn man bei zerstreutem Licht arbeitet. (Siehe Seite 196, Zeile 10 etc.) Ausserdem hat man in dem grossen Negativ die Flecken und Fehler des Original-Negativs, des Positivs und des letzten 3. Negativs selbst, alle zusammen vereinigt. — Auf diese Weise ist es also nicht gut möglich positive Abdrücke herzustellen, welche nicht einer bedeutenden Retouche benöthigen würden.

Im Winter, wenn eine genügende Sonnenbeleuchtung nicht vorhanden ist, wird diese Methode dennoch häufig unerlässlich. Man kann dieselbe auf zwei Arten bewerkstelligen, entweder mit Hülfe des Vergrößerungs-Apparates selbst, der zu diesem Zweck

am günstigsten verwendet werden kann, oder mit einem guten Objectiv und einer gewöhnlichen Camera.

Übertragung des Original-Negativs in ein Positiv durch Transparenz. — Wenn man den Spiegelträger des Apparates und diesen selbst in der früher beschriebenen Weise aufgestellt hat, so wird der Spiegel derartig gerichtet, dass er das aus dem Scheitelpunkt herkommende zerstreute Licht auf das Negativ reflectirt, welches auf die gewöhnliche Weise durch den Negativträger gehalten wird. Wenn die Sonne scheint, so wird das Sonnenlicht in den Apparat geleitet, wobei man zwischen dem Condensator und der zu vergrößernden Platte ungefähr 10 Centimeter von letzterer, eine fein geschliffene matte Glastafel oder ein geöltes Papier anbringt. Das Objectiv muss hierbei verkehrt eingesetzt werden, d. h. die Linse von kleinerem Durchmesser muss dem zu vergrößernden Negativ zugewendet sein. Ausserdem muss das kleinste Diaphragma, welches dem Objectiv beigegeben, eingesetzt werden. Hierauf wird dicht vor die Objectiv-Öffnung der runde Ausschnitt einer kleinen Camera für $\frac{1}{4}$ Platte angebracht, und letztere befestigt, worauf man mittelst der Transparenz ein kleines Positiv anfertigt, welches höchstens die Dimensionen von 8 zu 6 Centim. besitzen darf, gleichgültig, welches die Grösse des Original-Negativs ist (welches wir jedenfalls grösser als 8 zu 6 Cent. voraussetzen).

Dieses Positiv muss übrigens alle Eigenschaften besitzen, wie ein speciell zur Vergrößerung bestimmtes Negativ, d. h. es darf weder ein Schleier, noch zu viel Intensität vorhanden sein. Man kann den Vergrößerungs-Apparat zu diesem Zweck auch ganz gut entbehren, indem man das Original-Negativ an einem Fenster anbringt und dasselbe alsdann in der Grösse einer Visitkarte mit Hülfe eines gewöhnlichen guten Objectivs (die Tripletlinie ist speciell hierzu geeignet) und einer gewöhnlichen Camera reproducirt, jedoch ist die Anwendung des Vergrößerungs-Apparates bequemer, weil der Spiegel auf das Negativ das Licht zurückwirft, welches von dem Himmel auf denselben fällt.

Die Methode, nach welcher eine Trockenplatte in einem gewöhnlichen Copirrahmen unter dem Negativ exponirt, und so

ein Positiv nach der Entwicklung erhalten wird, steht der ersten bedeutend nach, weil einerseits die Oberflächen der Gefahr ausgesetzt sind zerkratzt zu werden, da dieselben nie genau plan sind, auch nicht genau aneinander schliessen können, und andererseits weil man an die Grösse gebunden ist und dem Positiv nicht beliebig eine Dimension, wie z. B. die der Visitenkarte, welche die vortheilhafteste ist, zu geben vermag.

Vergrosserung des Positivs mit Hilfe des Vergrosserungs-Apparates. — Das Positiv wird in dem Apparat ebenso, wie wir früher bei dem Negativ beschrieben, befestigt, und das Vergrosserungs-Objectiv nicht verkehrt, wie wir dasselbe eben benutzten, sondern wie Fig. 4, Taf. II darstellt, angewendet.

Man kann sich entweder des zerstreuten oder des Sonnenlichts bedienen, jedoch muss man in letzterem Fall zur Verminderung der bedeutenden Beleuchtungskraft zwischen dem Condensator und dem Spiegel 2, 3 und selbst 4 dunkelblaue Glasscheiben anbringen, welche einen grossen Theil des Sonnenlichtes auffangen. Das Anbringen einer matten Glastafel zwischen dem Condensator und dem zu vergrossernden Positiv, wie das von mehreren Personen empfohlen wird, können wir nicht billigen, und muss alsdann das vergrossernde Objectiv mit dem kleinsten Diaphragma versehen werden, während bei dem, durch die blauen Gläser fallenden Sonnenlicht, das grösste oder selbst gar kein Diaphragma angewendet zu werden braucht, ohne dass das Geringste an Schärfe des Bildes verloren geht*).

Das zu vergrossernde positive Bild wird auf eine empfindliche Collodiumschicht, sei nun dieselbe trocken oder nass, projectirt. — Man könnte ebenfalls auch auf gewachstem Papier arbeiten, aber es würde alsdann die Operationsdauer eine viel längere oder zu ausgedehnte sein müssen, wenn man ohne Sonnenlicht manipulirt.

Es ist sehr empfehlenswerth, besonders wenn man mit nassem Collodium arbeitet, das Objectiv mit der Cassette oder

*) Unsere Angaben auf Seite 196 geben hierüber genügendes Verständniss.

dem Rahmen, welcher die empfindliche Platte enthält, durch einen Conus zu verbinden, welcher alles andere Licht, ausser demjenigen, welches von dem Positiv kömmt, zurückhält.

Bei dem Sonnenlicht lässt sich das vergrösserte Bild bedeutend schneller und schärfer einstellen, als bei dem zerstreuten Licht und drückt sich deshalb das Bild auch viel schneller ab. Sehr häufig kommt es vor, selbst nachdem man die blauen Scheiben, von denen wir gesprochen, eingeschoben hat, dass die Exponirungsdauer eine fast momentane ist, während bei dem zerstreuten Licht dieselbe immer einige Minuten dauert. Es wird hierbei die Anwendung nasser Platten vorausgesetzt, da die Trockenplatten und besonders das gewachste Papier, eine bedeutend längere Exponirungsdauer beanspruchen würden. Das so vergrösserte Negativ dient alsdann dazu, positive Abdrücke auf Papier, nach der gewöhnlichen Manier zu copiren.

Vergrößerung des Positivs in der Camera. — Das zu vergrößernde Positiv wird genau senkrecht an einem Fenster, auf welches das volle Tageslicht direct auffällt, befestigt, und sollte die Sonne dasselbe bescheinen, so wird unter dem Positiv, in einer Entfernung von ungefähr einem Centimeter, eine matte Glastafel derartig angebracht, dass sich das Korn derselben nicht auf dem zu vergrößernden Negativ mit reproduciren kann.

Damit Reflexe in der Camera vermieden werden, ist es gut, dass man das Positiv mit schwarzen Papierstreifen einfasst oder dasselbe in einem eigens aus geschwärztem Holz angefertigten Rahmen einlegt, der alsdann mit den Wandungen der Camera durch schwarzen Stoff verbunden wird und wodurch alles zerstreute Licht, welches nicht durch das Positiv gedrungen, vermieden wird.

Alsdann befestige man eine Tripletlinse von 15 bis 20 Centimeter Focus, an einer Blasbalg-Camera, deren Dimensionen denjenigen, welchen man dem zu vergrößernden Negativ geben will, entsprechen, und welche sich genügend ausziehen lässt, und richtet das Ganze so, dass der Mittelpunkt des zu vergrößernden Positivs mit der optischen Achse der Tripletlinse zusammenfällt. Diese Achse muss genau perpendicular zu der Fläche des Positivs sein. — Die Fassung der Tripletlinse wird

herumgedreht, so dass die grössere Linse dem zu vergrössernden Positiv zugewendet ist. Hierauf wird eingestellt, indem die Visirscheibe von dem Objectiv entfernt, und zu gleicher Zeit die Entfernung dieses letzteren von dem Positiv regulirt wird, bis sich das Bild auf einer Fläche von gewünschter Grösse scharf abzeichnet.

Das Uebrige der Operation, geschieht in der gewöhnlichen Weise des nassen Collodium-Processes. Diese Methode, welche übrigens schon sehr lange in Anwendung ist, hat sehr schöne Resultate geliefert und hat namentlich der französische Photograph Verneuil im Jahre 1865 in einer Versammlung der *Société française de photographie* sehr schöne Abdrücke vorgelegt, welche auf diese Weise angefertigt worden waren.

KAPITEL XIV.

ANWENDUNG DES KÜNSTLICHEN LICHTES BEI DEN VERGRÖSSERUNGS-APPARATEN.

Nothwendigkeit, dass das Licht bei einer kleinen Beleuchtungsfläche die grösste Intensität besitze. — Wenn man bloß eine grosse Menge Licht benöthigen würde um das Negativ in dem Vergrösserungs-Apparat zu beleuchten, so könnte man dies mit Hülfe von sehr grossen Flammen erzielen. Bei unseren Versuchen handelt es sich hingegen darum, dass der aus dem Condensator des optischen Apparates austretende Strahlenkegel, einen möglichst kleinen Scheitelpunkt besitzt, weil das in dem Brennpunkt dieses Strahlenkegels gelegene Vergrösserungs-Objectiv ebenfalls nur eine sehr kleine Oberfläche besitzt. — Würde der Scheitel des Strahlenkegels die Fassung des Objectivs treffen, so würden auch Beugungswülste in dem vergrösserten Bilde entstehen, wie wir früher auseinandergesetzt haben. Auf diesem Gebiet hat Herr A. Neyt in Genf sehr treffende Erfahrungen gesammelt, indem er sich des elektrischen Lichtes und desjenigen von Drummond als Beleuchtungsquelle, und eines ausgezeichneten Sonnen-Mikroskops von Hartnack, bei convergirenden oder parallelen Strahlen bediente, für die Herr

Bertsch so sehr begeistert ist, und er hat gefunden, dass jedesmal, wenn der leuchtende Punkt eine grössere Ausbreitung hatte und in Folge dessen sein Bild die Ränder des vergrössernden Objectivs berührte, sich Beugungswülste in dem vergrösserten Bilde zeigten, und zwar sowohl bei dem parallelen als bei dem convergirenden Licht, und selbst beim Gebrauch eines achromatischen Condensators, als welcher übrigens das Mikroskop, dessen er sich bediente, betrachtet werden kann.

Es geht hieraus hervor, dass die Flammen, welche eine bedeutende photogenische Kraft besitzen, wie z. B. die des Cyanogen's die elektrische Lampe mit Quecksilber (von Way), die weissen bengalischen Flammen mit Arsenik, Antimon, salpetersaurem Magnesium, Petroleumlampen und selbst Magnesiumlampen, zur photographischen Vergrösserung nicht anwendbar sind.

Zu den Flammen von geringer Grösse, welche besonders verwendbar sind, gehören das elektrische Licht, welches zwischen zwei Kohlenspitzen erzeugt ist, und das Drummond'sche Licht, bei welchem jedoch der Kalk-Cylinder durch einen solchen aus fester Magnesia ersetzt ist.

Das elektrische Licht muss mit Hülfe von 50 Bunsen'schen Elementen der grössten Form erzeugt werden, und die Lampe von einer sehr vollkommenen Ausführung sein, so dass der leuchtende Punkt immer gleich genau in der Achse des optischen Apparates liegt. — Wenn dieser Punkt seine Lage verändern würde, so wäre die Folge, dass nicht nur das Bild sich um eine kleine Quantität, je nach der Stärke der Linsen des Vergrösserungs-Objectivs, verrücken würde, sondern auch Beugungswülste entständen; also zwei Umstände, welche die Schärfe des Bildes ganz beträchtlich beeinträchtigen würden.

Die besten elektrischen Lampen sind die von Serrin und Léon Foucault; besonders können wir letztere empfehlen, welche bei Herrn Dubosq Fabrikant von physikalischen Instrumenten in Paris, genau nach der Construction des Erfinders ausgeführt und verkauft werden.

Was das Drummond'sche Licht betrifft, so ist es allgemein bekannt. Ein zugespitzter Kalkcylinder wird an seiner Spitze bis

zur Weissglühhitze durch einen entzündeten Strahl von oxyhydrogen-Gas erhitzt, und so ein ausserordentlich helles Licht erzeugt. Wird dieser Kalkcylinder nun durch einen aus fester Magnesia ersetzt (welche man durch Calciniren von salpetersaurer Magnesia in geschlossenen Tiegeln darstellt), so ist der strahlende Lichtpunkt, ohne dem Auge heller zu erscheinen, doch von bedeutend grösserer photogenischer Wirkung, welches wahrscheinlich durch die Partikelchen von Magnesia herbeigeführt wird, welche dieser Flammen Eigenschaften des selbst brennenden Magnesiums ertheilen.

An der Stelle fester Magnesia bedient sich Herr Professor Carlevaris in Genua poröser Magnesia und verwendet dieses Licht mit günstigstem Erfolg bei einem unserer 8zölligen Vergrösserungs-Apparate. Derselbe hat uns versichert, dass er Vergrösserungen von der Grösse eines Meters im Quadrat, in weniger als einer Minute angefertigt habe. Wahrscheinlich geschah dies auf Papier, welches feucht jodirt war und entwickelt wurde, so wie Herr Numa Blanc in Paris bei elektrischem Licht, aber bei bedeutend längerer Exponirung, manipulirt.

Die vorstehenden Methoden werden durch eine andere noch bedeutend übertroffen, bei welcher man durch eine kleine Platinaspitze oxyhydrogen.-Gas unter einem starken Druck (von 1 Meter langen Wassersäule) derartig ausströmen lässt, dass man einen Strahl von 4 bis 5 Centim. Länge erhält, welcher alsdann auf die Spitze eines jener kleinen, harten Kohlenstängelchen, wie man sich deren bei den elektrischen Lampen bedient, und welches mit Chlormagnesium befeuchtet wurde, gelenkt wird. Von dem photographischen Gesichtspunkt aus betrachtet, ist dies Licht das kräftigste und auch billigste. Dieser Lichtpunkt muss ebenso wie derjenige bei der elektrischen Lampe, ganz genau auf derselben Stelle erhalten werden, nämlich in der Achse des optischen Apparates, damit nichts von der Schärfe des Bildes verloren geht, wie wir schon oben bemerkt haben.

Aufstellung des optischen Apparates. — Wollte man sich eines parabolischen Reflectors bedienen, um das von dem leuchtenden Punkt ausgehende Licht auf den Condensator des

Apparates zu werfen, so würde man auf dem vergrößerten Bilde, den Schatten des Theiles der Lampe, aus welchem das Licht ausströmt, bemerken.

Wenn man z. B. eine Oblate a (Fig. 14, Taf. 1) auf den Condensator L eines Vergrößerungs-Apparates oder eines Sonnen-Mikroskops klebt, so wird die in dem Brennpunkt f des Condensators unsichtbare Oblate, sehr deutlich und scharf vor b oder hinter c dieses Brennpunktes sichtbar. Da nun der Theil, aus welchem das Licht ausströmt, eine gewisse Menge der aus dem parabolischen Spiegel zurückgeworfenen parallelen Strahlen aufhält, so entsteht dasselbe Resultat eines undurchsichtigen Lichtschirmes wie bei der Oblate.

Wenn man auf dem Condensator weniger Licht sammelt als der parabolische Spiegel liefert, so ist folgende Einrichtung als diejenige zu bezeichnen, welche als die fehlerfreieste von uns erkannt wurde.

Es sei ABC (Fig. 13, Taf. 1) ein sphärischer Spiegel aus Glas mit parallelen Flächen, von denen die Fläche ABC versilbert ist. Ferner nehmen wir BI als Achse dieses Spiegels und D als den Mittelpunkt seiner Krümmung an, wo wir den leuchtenden Punkt D anbringen. Ausserdem befindet sich noch auf derselben Achse IB die plan-convexe Linse EG aus Flintglas, von gleichem Durchmesser wie der Spiegel AC und von einer Focusdistanz FD , welche BD , dem Krümmungshalbmesser des Spiegels AC genau gleich ist.

Jeder leuchtende Strahl DA , welcher von dem Punkt D ausgeht, und den Spiegel AC trifft, wird in der Richtung von AD zurückgeworfen, verfolgt den Weg AD und trifft die Linse EG , und tritt aus derselben parallel zu ihrer Achse aus. Ebenso geschieht es mit jedem Strahl DE , welcher von dem leuchtenden Punkt D ausgeht, und welcher die Linse trifft, indem er ebenfalls parallel mit dem ersten und der Achse austritt. Auf diese Weise ist jener Lampentheil DK auf dem vergrößernden Bild durchaus nicht sichtbar.

Folgendes sind die numerischen Ergebnisse dieses Systems, wobei wir uns des Flintglases bedienen, dessen Brechungsindex

1, 6 beträgt, anstatt des Crownlasses 1, 5, um eine zu grosse Dicke der Linse EG zu vermeiden, welche einen so kurzen Focus als möglich, und einen dem Krümmungshalbmesser BD des Spiegels ABC gleich grossen, besitzen muss. — R ist der Krümmungsradius des Spiegels AC , μ seine Dicke, D sein Durchmesser, R' der Krümmungsradius der Linse EG (die andere Fläche ist eben).

D	R	μ	R'
216 millimètres	25 centimètres	4 mill.	15 cent.
380 „	45 „	6 „	27 „
513 „	60 „	8 „	36 „

Diese Angaben sind für jeden Optiker genügend, um darnach einen entsprechenden Apparat construiren zu können. Dieselben stimmen übrigens mit den gebräuchlichsten Angaben der Condensatoren überein, welche 19 Zoll (513 Mill.), 14 Zoll (380 Mill.) und 8 Zoll (216 Mill.) betragen.

Dieser Apparat wird auf der Achse des Vergrößerungs-Apparates selbst errichtet, dessen optischer Theil LM und dessen Handhabung in allen Theilen dem gleich bleiben, was wir bezüglich dieser Apparate früher gesprochen. — Der Durchmesser der Linse EG muss dem des Condensators L , welcher so nahe als möglich dieser Linse aufgestellt wird, gleich sein.

Wahl des photographischen Processes. — Da der strahlende Punkt des künstlichen Lichtes unvergleichlich schwächer als der der Sonne ist, so kann man zu den Vergrößerungen bei diesem künstlichen Licht nicht das gewöhnliche Albumin- oder gesalzte Papier-Verfahren anwenden, denn auf diese Weise müsste man die Exponirung tagelang hinausziehen. Das mit Nitro-Glucose bereitete Papier*), dessen Darstellung sich in verschiedenen Fach-Journalen veröffentlicht findet, benöthigt ungefähr eine einstündige Expositionszeit für ein vergrössertes Bild von der Dimension 50 zu 60 Cent. Das mit Jod-Kalium und mit Arrow-root präparirte Papier, das in einem mit Essigsäure angesäuertem Silberbad empfindlich gemacht wurde, welches

*) Zu beziehen durch Oscar Kramer in Wien, Grabengasse 7.

gleich, also feucht, benutzt wird, gibt in 10 bis 12 Minuten mittelst Entwicklung Bilder, welche jedoch viel weniger schön sind als die auf dem Nitro-Glucose-Papier erzielten.

Vilette erhält sehr schöne positive Abdrücke von einem kleinen Negativ, indem er das vergrösserte Bild auf eine Colloidumfläche fallen lässt, welche er alsdann auf Papier überträgt. Er bedient sich künstlichen Lichtes dabei (des von Drummond) und eines optischen Apparates, so construirt, wie der oben beschriebene, und welcher von Herrn Dubosq in Paris ausgeführt worden war. Die Expositionszeit für einen Abdruck von 60 zu 50 Cent. beträgt eine Minute. Leider gehört zu dem Verfahren des Uebertragens des Collodiums auf Papier, eine ausserordentliche Uebung. Die durch Herrn Vilette erzeugten Bilder haben einen sehr schönen schwarzen Ton, ähnlich demjenigen von Kupferstichen, und sind ausserdem sehr scharf, da sein optisches Instrument sehr gut ist.

Zum Schluss sagen wir noch, dass die Anwendung des künstlichen Lichtes für die Vergrösserungen nur dann vortheilhaft ist, wenn man kleine Positive mittelst Transparenz, zu grossen Negativen vergrössern will, in der Weise, wie wir es in dem früheren Capitel besprochen haben.



Fig. 1.

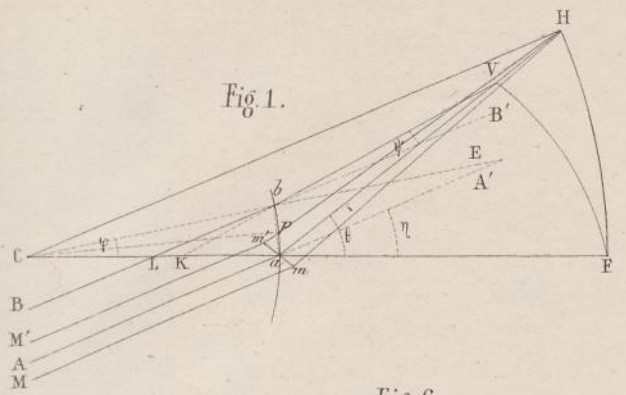


Fig. 2.

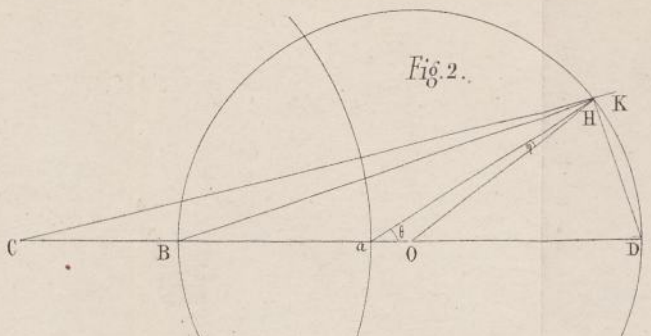


Fig. 3.

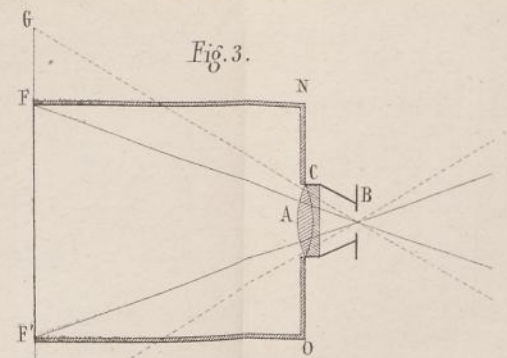


Fig. 4.

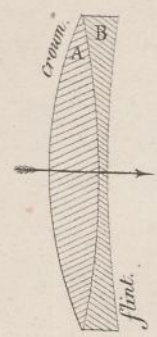


Fig. 4^{bis}.

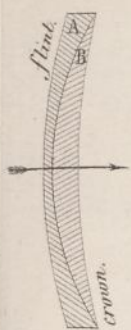


Fig. 6.

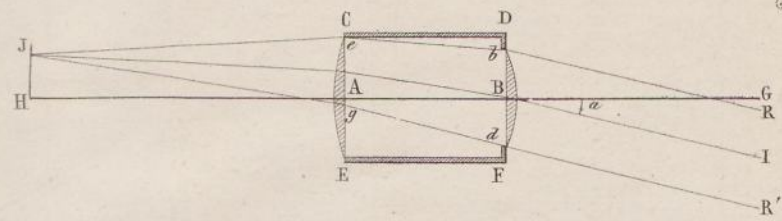


Fig. 7.

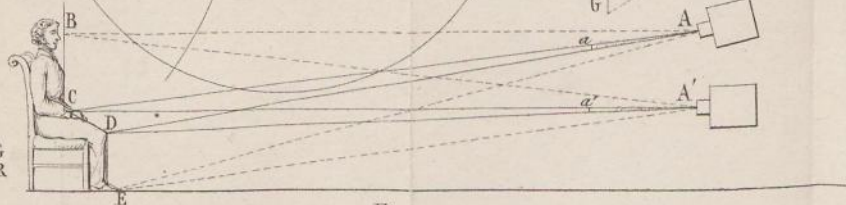


Fig. 5.

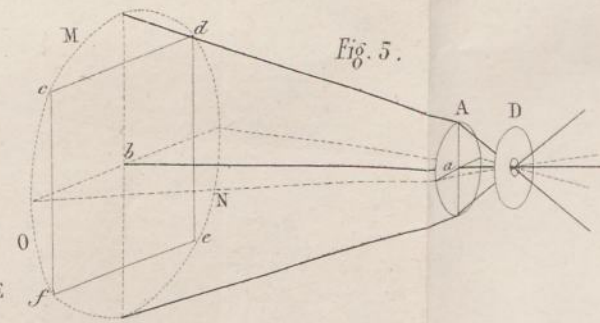


Fig. 8.

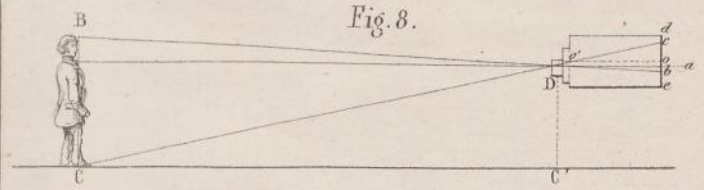


Fig. 11.

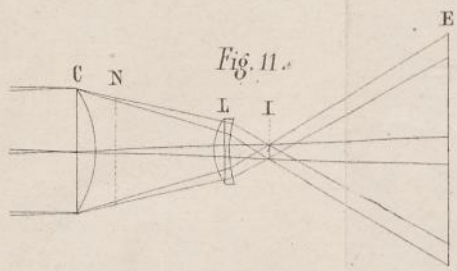


Fig. 14.

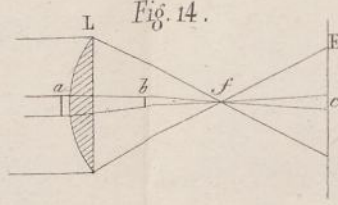


Fig. 10.

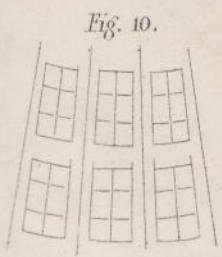


Fig. 9.

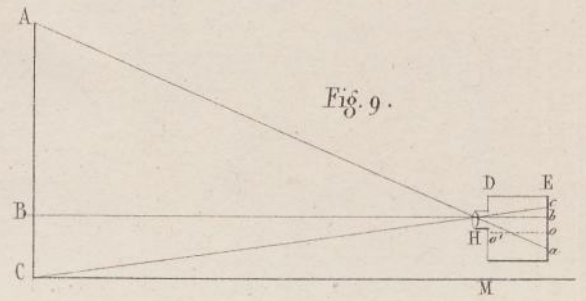


Fig. 13.

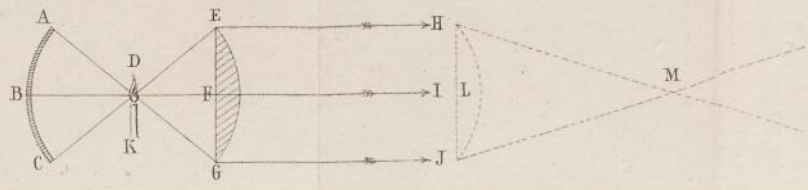
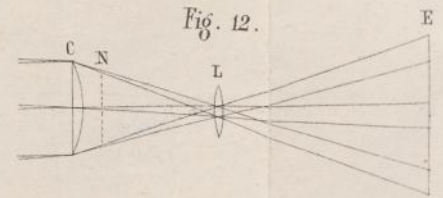
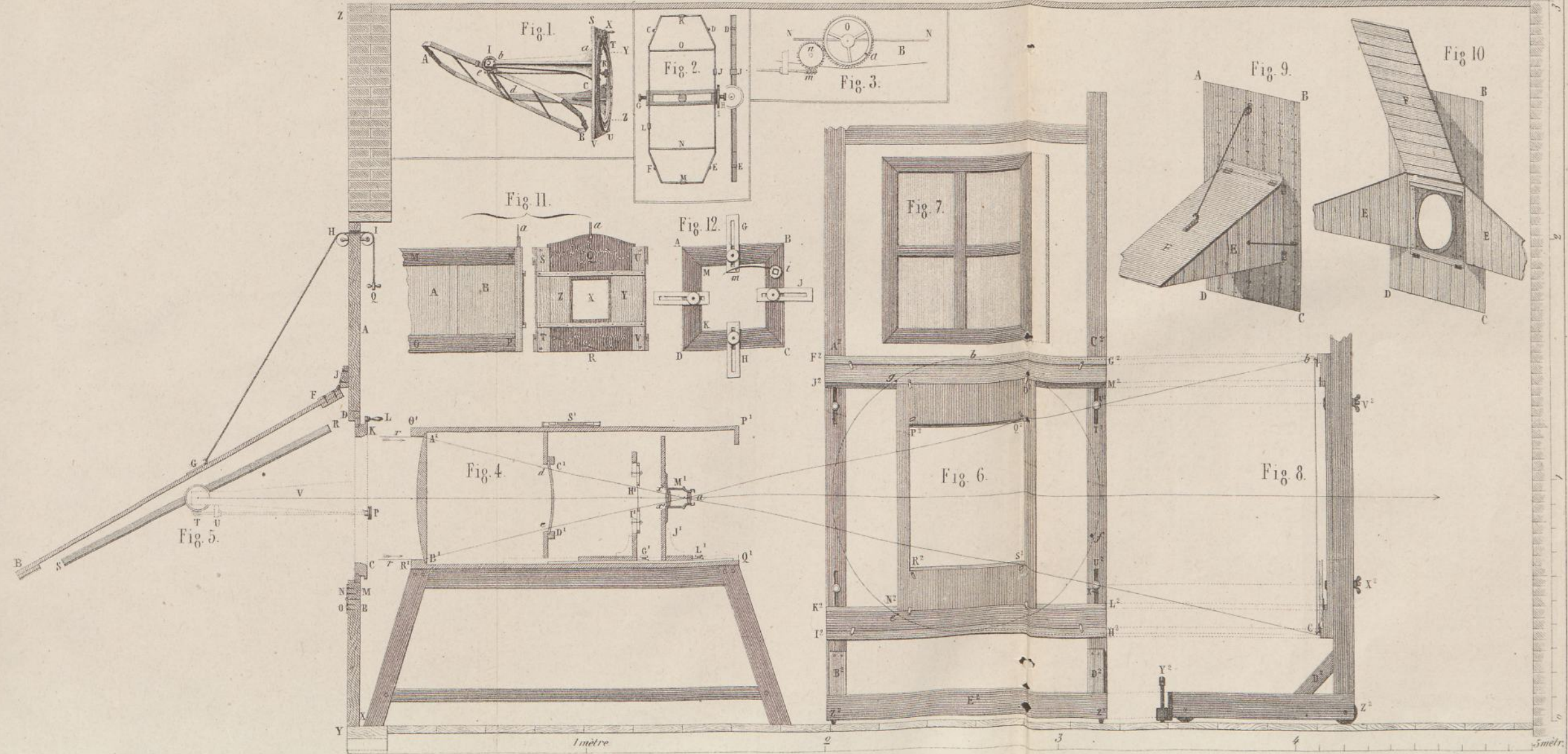


Fig. 12.





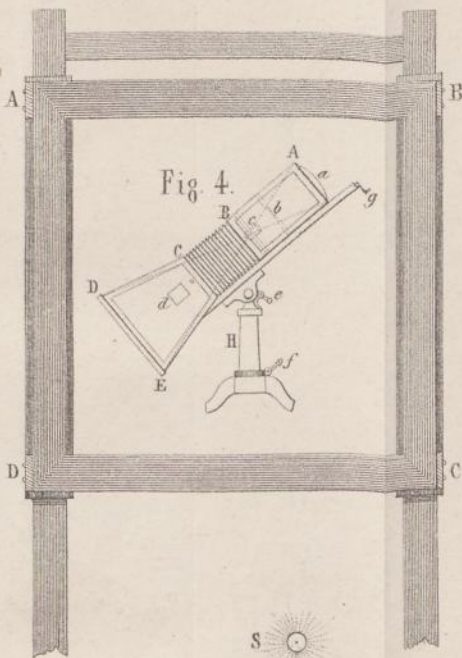
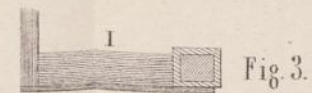
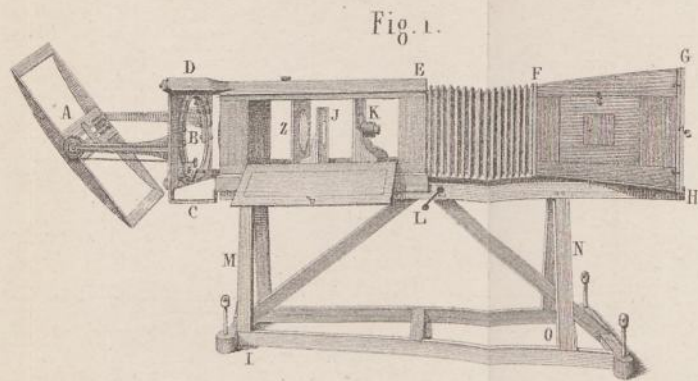
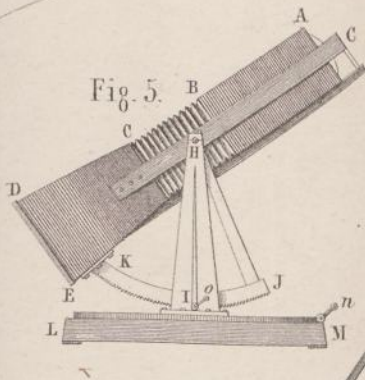
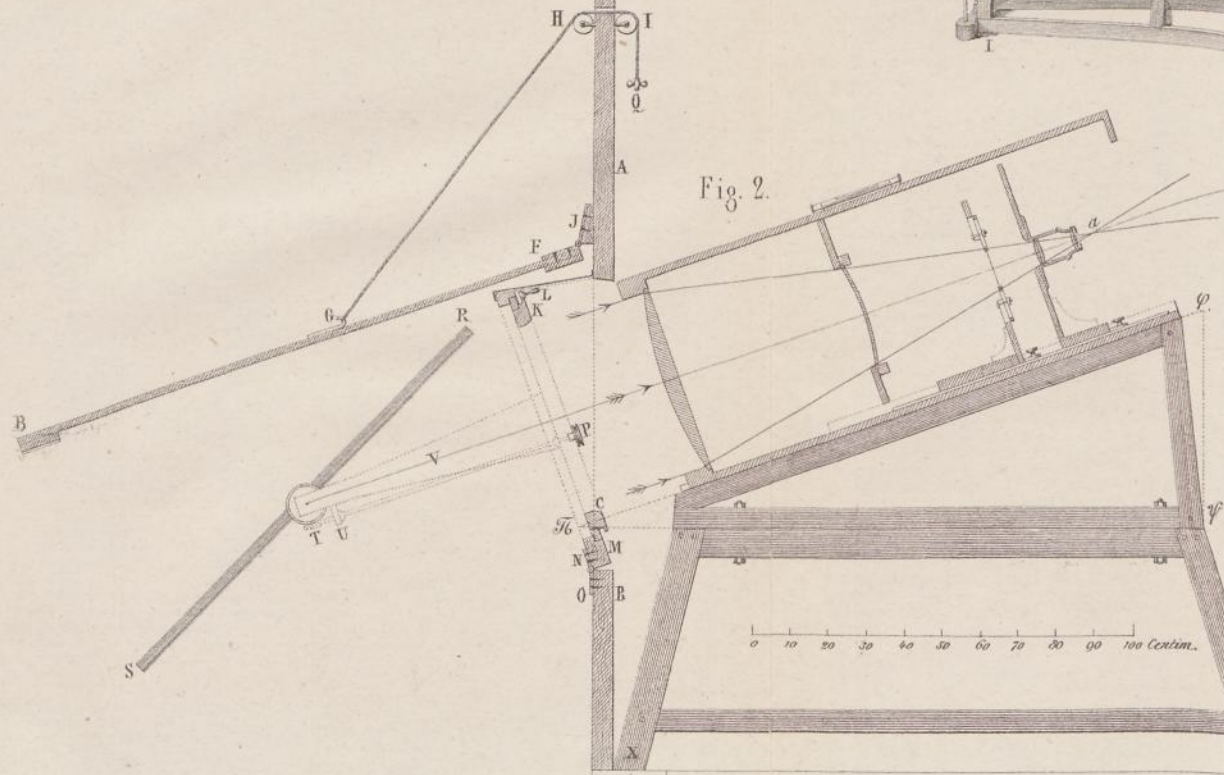
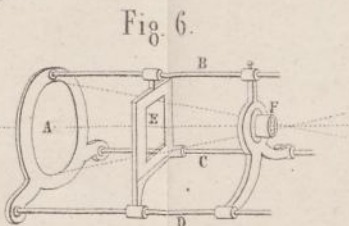
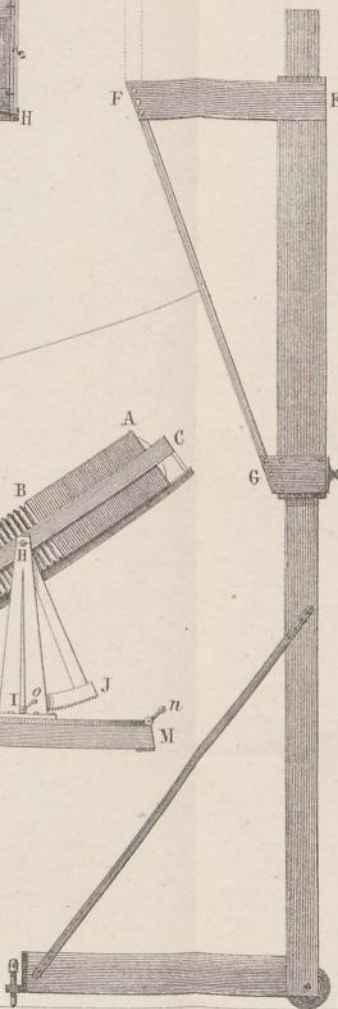


Fig. 2.



0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Centim.



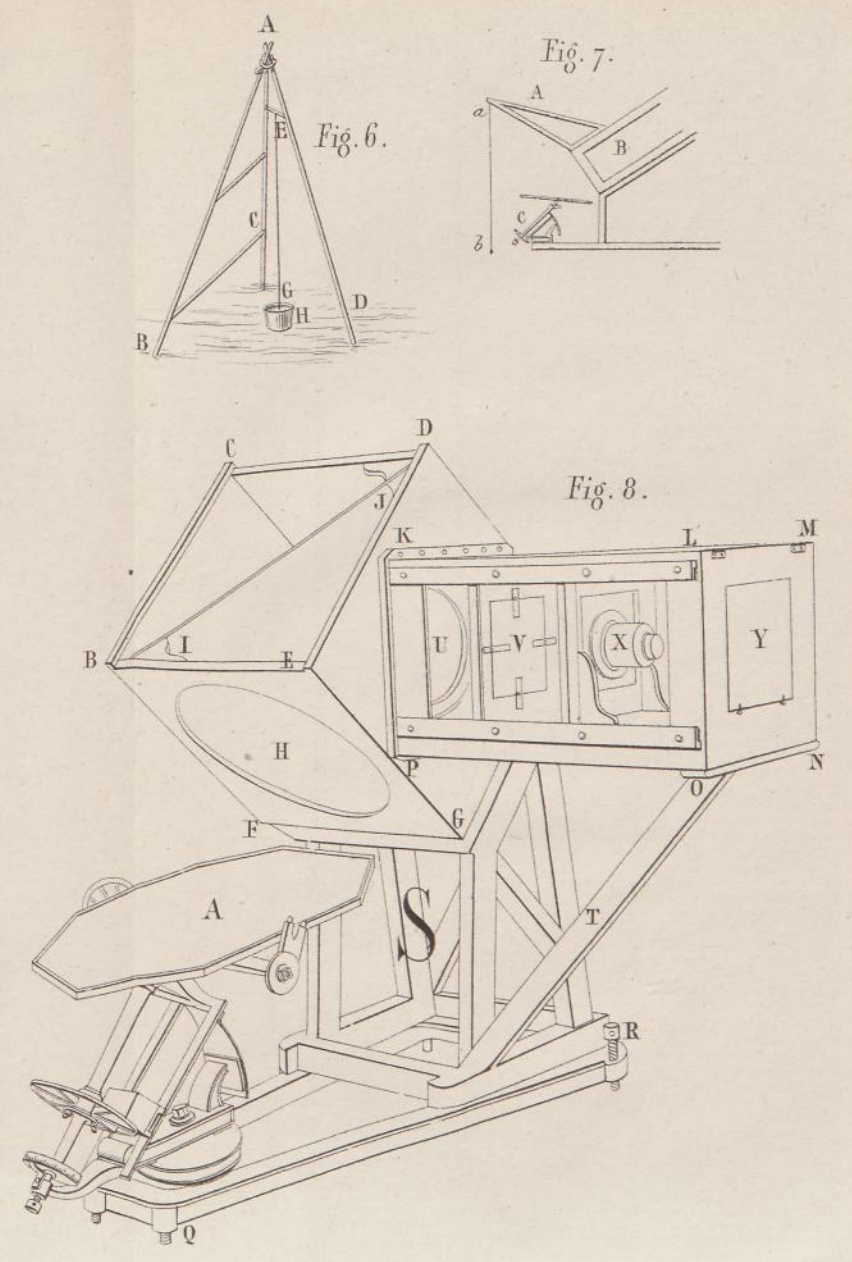
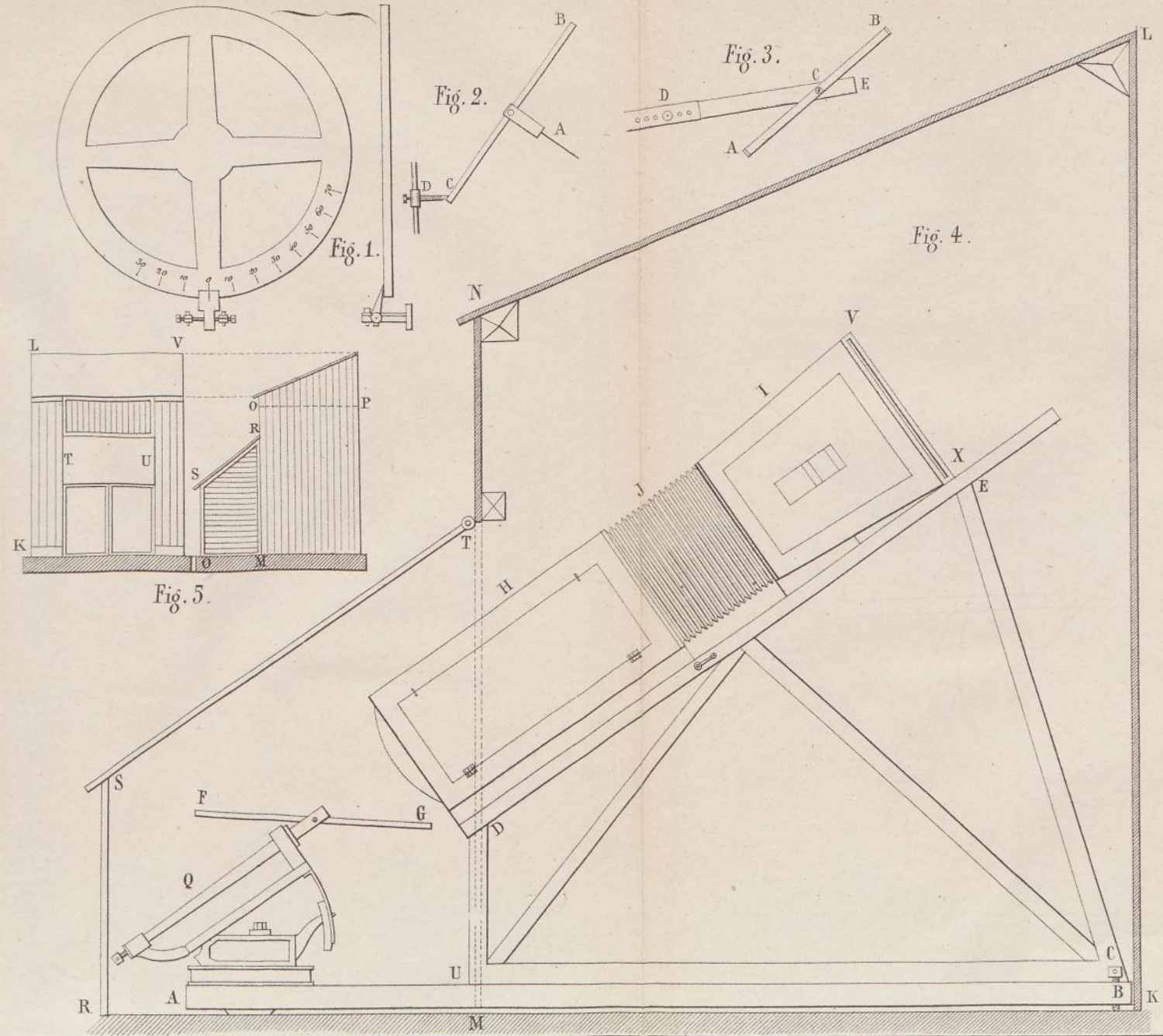


Fig. 1.

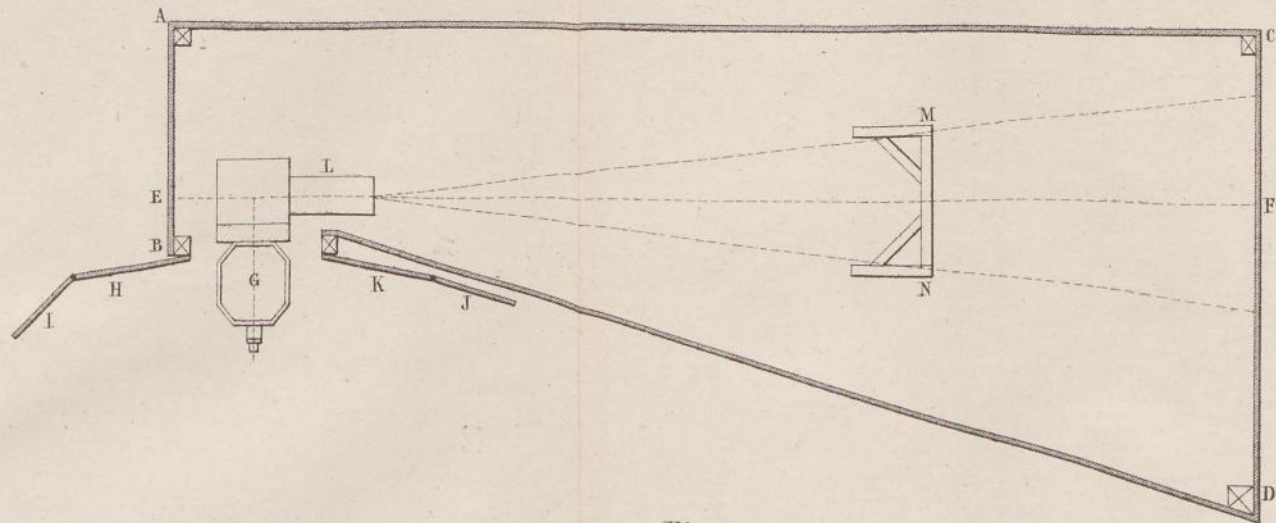


Fig. 2.

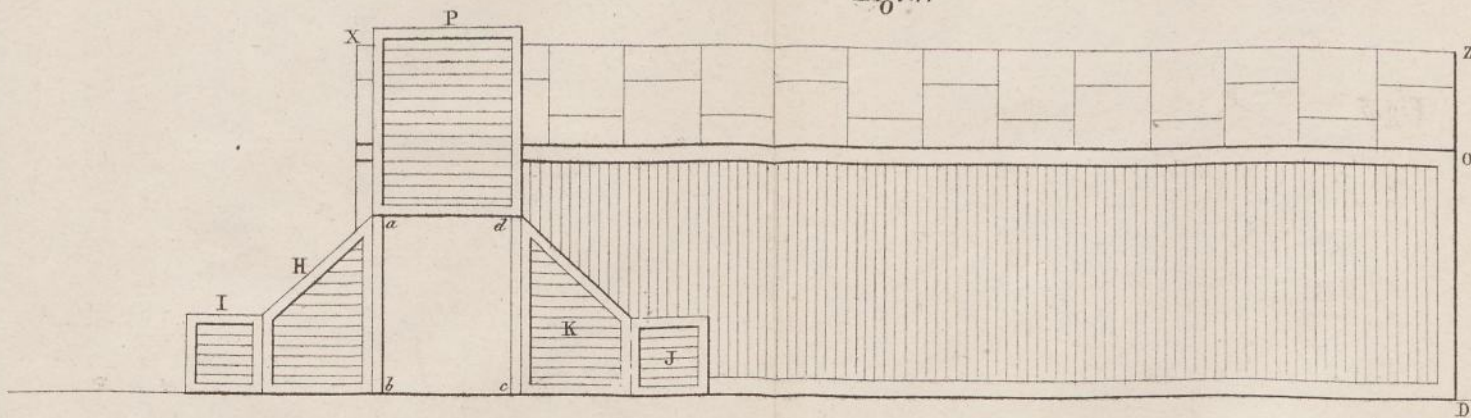


Fig. 3.

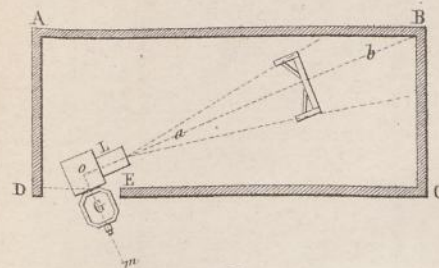


Fig. 4.

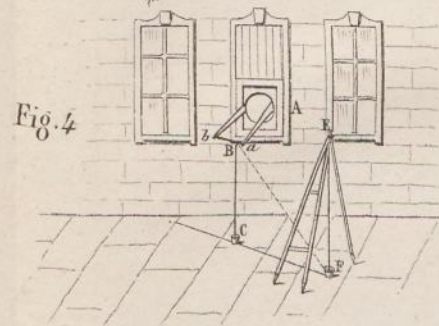
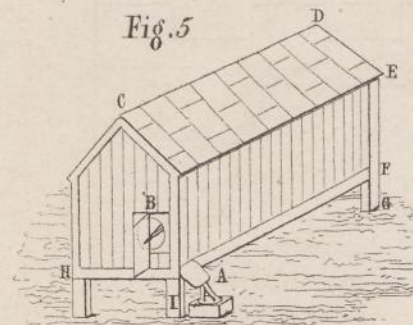
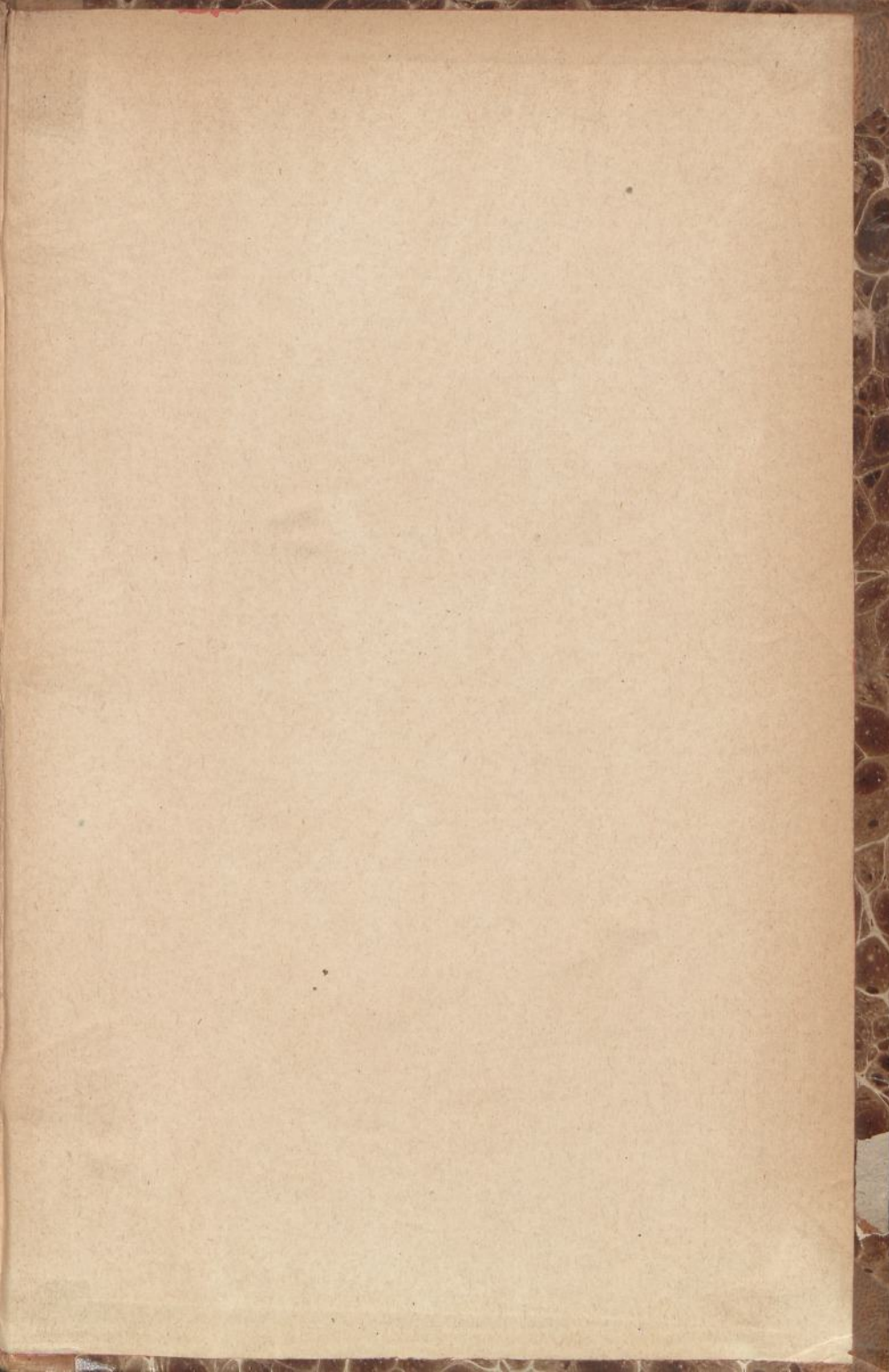


Fig. 5.







BIBLIOTEKA GŁÓWNA

349401L | 1