

el.
uch
aphie
cht

8. Oktober.



NATURFARBENDRUCK IM VERFAHREN VOGEL-KURTZ

Aufnahme nach der Natur und in 3 Farben auf der Schnellpresse gedruckt von W. Kurtz, Newyork.

Beilage zu „Vogel, Das Licht im Dienste der Photographie“ (Handbuch d. Photogr. 4. Aufl. II.)

HANDBUCH DER PHOTOGRAPHIE

THEIL II



NATURFARBENDRUCK IM VERFAHREN VOGEL-KUPTZ

Aufnahme nach der Natur und in 3 Farben auf der Schnellpresse gedruckt von W. Kuntz, Newyork.

Beilage zu „Vogel, Das Licht im Dienste der Photographie“ (Handbuch d. Photographie 4. Aufl. II.)

HANDBUCH DER PHOTOGRAPHIE

THEIL II

HANDBUCH
DER
P H O T O G R A P H I E

VON

PROF. DR. H. W. VOGEL,

VORSTEHER DES PHOTOCHEMISCHEN LABORATORIUMS DER KGL. TECHN. HOCHSCHULE
BERLIN-CHARLOTTENBURG,
HERAUSGEBER DER PHOTOGRAPHISCHEN MITTHEILUNGEN

VIERTE, GÄNZLICH UMGEARBEITETE, VERBESSERTE UND VERMEHRTE AUFLAGE

VIER THEILE

ENTHALTEND

DIE PHOTOGRAPHISCHE CHEMIE, OPTIK, PRAXIS UND
KUNSTLEHRE

II. THEIL:

DAS LICHT IM DIENSTE DER PHOTOGRAPHIE

UND

DIE NEUESTEN FORTSCHRITTE DER PHOTOGRAPHISCHEN OPTIK



BERLIN, 1894

ROBERT OPPENHEIM (GUSTAV SCHMIDT)

*2765

313.10

DAS LICHT
IM
DIENSTE DER PHOTOGRAPHIE
UND
DIE NEUESTEN FORTSCHRITTE
DER
PHOTOGRAPHISCHEN OPTIK

VON

PROF. DR. H. W. VOGEL,

VORSTEHER DES PHOTOCHEMISCHEN LABORATORIUMS DER KGL. TECHN. HOCHSCHULE
BERLIN-CHARLOTTENBURG,
HERAUSGEBER DER PHOTOGRAPHISCHEN MITTHEILUNGEN

MIT 2 TAFELN UND VIELEN FIGUREN



BERLIN, 1894

ROBERT OPPENHEIM (GUSTAV SCHMIDT)

DAUERHAFT

DIREKTE DER PHOTOGRAPHIE

DIE VERBUNDENHEIT
DIE VERBUNDENHEIT

PHOTOGRAPHISCHES

Alle Rechte vorbehalten.

PHOTOGRAPHISCHES

PHOTOGRAPHISCHES

PHOTOGRAPHISCHES

PHOTOGRAPHISCHES

PHOTOGRAPHISCHES

Vorwort.

Dem ersten Capitel über chemische Wirkungen des Lichts folgt in der III. Auflage meines Lehrbuchs der Photographie die photographische Optik. Dieser Abschnitt zerfällt in zwei Theile. 1. Von den allgemeinen Eigenschaften des Lichts, 2. von der Linsenkunde. Den zweiten Theil hat mein Freund, der hervorragende theoretische und praktische Optiker Dr. Hugo Schroeder bereits bearbeitet und als Supplementband diesem Werke beigegeben. Demgegenüber habe ich nur eine Nachlese zu halten über das Neue, was die Zwischenzeit in Bezug auf Linsenconstructions gebracht hat.

Nur dem Wunsche zahlreicher Interessenten folgend, habe ich eine populäre Abhandlung über die wichtigsten Grundsätze der photographischen Linsenconstruction vorausgeschickt. Der Haupttheil dieses Buches aber bildet die Erörterung der Natur des Lichtes als chemisch wirksame Naturkraft.

Hier haben unsere Kenntnisse in der Neuzeit eine bedeutende Erweiterung erfahren. Wissenschaftliche Spezialisten wie L. Weber haben sich der Messung der Lichtstärke sowohl der physiologischen als der chemischen angenommen, Michalke u. a. haben eingehende Studien über die Beziehungen zwischen Plattenintensität und Lichtintensität gemacht. Das Capitel über künstliche Lichtquellen für Photographie hat eine bedeutende Erweiterung erfahren, die Erforschung der Lichthöfe und ihre Vermeidung hat zu positiven Resultaten geführt. Die optischen Principien der farbenempfindlichen Photographie [jetzt durch unablässige Arbeiten eminenten Forscher ein Gemeingut Aller] sind in diesem Buche eingehend erörtert, ebenso die daraus hervorgehende Photographie in Naturfarben, der photographische Stein der Weisen, wie ihn Poggendorff nannte, welche nach langen Mühen nunmehr als gelöstes Problem zu betrachten ist. Hierzu treten die

Forschungen über allgemeine chemische Helligkeit der Atmosphäre und das neue Capitel über Farbenhelligkeit derselben, welches für farbenempfindliche und Farbenphotographie von allgemeinsten Wichtigkeit ist. So hat denn die Lehre vom Licht als chemisch wirksame Naturkraft eine Erweiterung erfahren, die diese Auflage als ein ganz neues Werk erscheinen lässt. Mit Rücksicht auf die Oekonomie des Ganzen konnte auf das Historische nicht allseitig das wünschenswerthe Gewicht gelegt werden. Dass jene Capitel, in welchem Unterzeichneter als Forscher aufgetreten ist, besonders gründlich behandelt sind, wird der Leser als selbstverständlich erwarten. Zum Verständniss des Stoffes waren Excurse in das Gebiet der Farbenlehre etc. unvermeidlich. Diese dürften Theoretikern wie Praktikern nicht unwillkommen sein. Möge das Buch dieselbe Nachricht finden wie seine Vorgänger.

Berlin im Juni 1894.

H. W. Vogel.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung (Allgemeines)	1
I. Die Intensität des Lichts oder die Lichtstärke (Lambert's Gesetze)	2
Die Helligkeit selbstleuchtender Körper 2. Die Helligkeit beleuchteter Körper 2. Albedo 3. Albedo und Expositionszeit 4.	
II. Messung der Lichtintensität. Die optischen Photometer	4
Bunsen-Photometer 4. Bestimmung der Expositionszeit durch Photometermessungen 5. Rüdorff's Spiegel 6. Einfluss der Länge des Photometers auf das Messungsergebnis 9. Lummer und Brodhun's Ersatz des Fettflecks 9. Rumford's Photometer 11. Weber's Photometer 12. Messungen mit Weber's Photometer 14. Bestimmung der Intensität von Lichtquellen von gleicher Farbe mit dem Benzinlicht 15. Messung von Lichtquellen von ungleicher Farbe mit dem Benzinlicht 16. Messung des diffusen Lichtes 19. Anwendung des Lummer-Brodhun'schen Prismas in Weber's Photometer 21.	
III. Optische Lichteinheiten	22
Wallrathkerze, Carcelllampe, Hefner-Alteneck'sche Amylacetat-Lampe 22.	
IV. Weber's optische Definitionen	25
V. Helligkeiten von durchgelassenem und reflectirtem Licht bei verschiedenen Substanzen	28
Beobachtungen des Verfassers 28. Verhältniss der Helligkeiten verschiedener leuchtender und beleuchteter Körper nach A. Kirschmann 30.	
VI. Die photographischen Photometer resp. Sensitometer	31
Ducoudun's und Goerz's Photometer 32. Bunsen's Chlorknallgas-photometer 35. Eder's Quecksilberchloridphotometer 35. Marchand's und Monckhoven's Oxalsäurephotometer 35. Bunsen-Roscoe's Pendelphotometer 36. Mängel des Bunsen-Roscoe'schen	

	Seite
Pendelphotometers 39. Skalenphotometer, Vogel's Chrompapier- photometer 39. Copieruhr Fernande 40. Watkins' Expositions- messer zur Bestimmung der Belichtungszeit in der Camera 40. Das Büchsenphotometer 45. Warnerke's Sensitometer 46. Die Blendenphotometer (Röhrenphotometer etc.) 48. Vogel's Röhren- photometer 49. Schlitz-Sensitometer nach Dr. Stolze 56. Kritik der gebräuchlichen photographischen Photometer 58.	
VII. Die photographischen Lichteinheiten	61
Allgemeines 61. Bunsen-Roscoe's chemische Lichteinheit 61. Warnerke's Lichteinheit 61. Brennendes Magnesium als Licht- einheit 61. Hefner's Lampe 63. Andre Lichteinheiten 63. Chemische Helligkeit verschiedener Lichtquellen 64.	
VIII. Das photographische Reciprocitätsgesetz bei entwickelten Schichten nach Dr. Miethe und Michalke	65
IX. Abhängigkeit der Durchsichtigkeit des Negativs von Belich- tungszeit und Lichtintensität nach Dr. Michalke	74
Störungen bei Zeitaufnahmen durch bewegte Gegenstände 77. Solarisationsnegative 78.	
X. Ueber die chemische Helligkeit des Tages- und Sonnenlichts nach Bunsen und Roscoe	80
Chemische Intensität des Himmelslichtes 80. Chemische In- tensität des Sonnenlichtes 88. Folgerungen für die Land- schaftsphotographie 91. Unterschiede der Helligkeit im Herbst und im Frühling 93. Ungleiche Helligkeit des Himmels in verschiedenem Sonnenabstand 94. Optische Tageshellig- keiten 95.	
XI. Helligkeiten bei beschränkter Himmelsbeleuchtung	95
Beurtheilung der Helligkeit eines von Fenstern erleuchteten Raumes 95.	
XII. Fortsetzende Strahlen. Vor- und Nachbelichtung	100
Erste Versuche 100. Nachbelichtung bei Gelatineplatten 101. Neuere Versuche 102. Kritik der Resultate 104.	
XIII. Künstliche Lichtquellen für Photographie	105
Helligkeit des Magnesiumlichtes 105. Aluminiumlicht 106. Das Gasglühlicht von Auer von Welsbach 114. Auerlicht für Portraitaufnahmen 118. Electricisches Licht 119. Verschiedene Lichtstärken electricischer Lampen in verschiedener Richtung 119. Van der Weyde's Reflector 123. Schuckert's Scheinwerfer 123. Copiren bei electricischem Licht 123. Wirkung von Glas- glocken 124.	
XIV. Lichtspiegelung (Reflection)	124
Allgemeines 124.	

	Seite
XV. Ueber Lichthöfe	126
Allgemeines 126. Erklärung der Lichthöfe 128. Abhülfe der Lichthöfe 130. Die Sandellplatte 133. Wuestner's Platten 133. Farbige Untergüsse 133. Emulsion auf Mattglass 133.	
XVI. Zusammensetzung des Lichts. Farbe und farbenempfindliche Photographie	134
Allgemeines 134. Physikalische und chemische Wirkungen verschiedenen farbigen Lichts 136. Photographie des Unsichtbaren 138. Wirkung des Sonnenspectrums auf Silbersalze 138.	
XVII. Chemische Wirkung und Absorption	143
Zur Geschichte der farbenempfindlichen Verfahren.	
XVIII. Ueber die Eigenschaften der optischen Sensibilisatoren . .	153
XIX. Ueber die verschiedene Wirkung der Farbstoffe auf Collodium- und Gelatinplatten	158
XX. Lichtempfindlichkeit der Eosinfarbstoffe an sich	162
XXI. Ueber Verschiebung der photographischen Wirkungstreifen	164
Wiedemann's Gesetz 165.	
XXII. Beziehungen zwischen Lichtempfindlichkeit und optischer Sensibilisation der Eosinfarbstoffe	166
Mängel der Eosine 171. Unterscheidung von Eosin- und Eosinsilberplatten 171.	
XXIII. Andre optische Sensibilisatoren	176
Farbenempfindliche Chlorophyllplatten 176. Acworth's Versuche mit verschiedenen Farbstoffen 180. Chinolinroth und Azalin 200.	
XXIV. Ueber die Wirkung einfacher und gemischter optischer Sensibilisatoren auf die Empfindlichkeit	204
Empfindlichkeitsverminderung 204. Farbstoffgemische 205.	
XXV. Strahlenfilter	206
Aurantiascheiben 207. Auswahl der Gläser 209.	
XXVI. Instrumente zum Studium der Farbenempfindlichkeit photographischer Schichten	209
H. W. Vogel's älterer grosser Spectrograph 210. Steinheil's Spectrograph 214. H. W. Vogel's kleiner Spectrograph 215. Der neue grosse Spectrograph nach H. W. Vogel 217. Der Beugungsspectrograph nach H. Ebert 218. Die Farbentafel als Prüfungsmittel für farbenempfindliche Schichten 222.	
XXVII. Prüfung von Farbstoffen und photographischen Schichten auf Farbenempfindlichkeit	222

	Seite
XXVIII. Ueber die vervielfältigende Photographie in Naturfarben .	225
Der photographische Dreifarbindruck nach Freiherrn von Hübl 231. Resultate des photographischen Dreifarbindruckes nach von Hübl 237. Ives' zusammengesetzte Heliochromie 239.	
XXIX. Directe Photographie in natürlichen Farben	241
Ueber die Naturähnlichkeit der Photographieen in natürlichen Farben 242.	
XXX. Farbenwahrnehmungen und Complementärfarben	244
XXXI. Beobachtungen über die Farbenhelligkeit der Atmosphäre .	250
Sonnen- und Himmelspectra 256.	
Anhang: Gemeinverständliche Darstellung der Grundzüge der photographischen Optik	267
I. Capitel. Abbildungsmethoden. Linsenbrechung	267
Abbildungsmethoden 267. Lochcamera 269. Brechung 271. Von den einfachen Linsen 273. Linsenberechnungsgesetze 275. Brennpunkt 280. Bildgrösse 280. Hauptpunkte und Hauptebenen 281. Knotenpunkte 283.	
II. Capitel. Linsenfehler	289
Mängel der Linsen 284. Die sphärische Abweichung 284. Aufhebung der sphärischen Abweichung 285. Betrachtung der Linsenfehler mit Berücksichtigung der Linsendicke und der schiefen Strahlen, sowie der Stellung der Linse 287. Blendenstellung zur Linse 289. Astigmatismus 291. Die chromatische Abweichung oder Farbenzerstreuung und die Focusdifferenz 293. Bestimmung der Focusdifferenz 296. Apochromate 296. Wölbung der Bildfläche 297. Die Verzeichnung 301. Aufhebung der Verzeichnung. Doppelobjectiv 302. Perspective Verzeichnung 303.	
III. Capitel. Ueber Lichtstärke, Gesichtsfeld und Tiefe der Linsen	303
Lichtstärke 303. Abnahme der Helligkeit nach dem Rande hin 304. Gesichtsfeld 307. Tiefe 308.	
IV. Capitel. Verschiedenheit der photographischen Objective . .	308
Anforderungen an photographische Linsen 308. Ueber Objectivprüfungen 309. Portraitlinsen 310. Ueber Objectivprüfungen 314. Die Brennweite als Ausgangspunkt für Angaben über Gesichtsfeld etc. 314.	
V. Capitel. Das Stereoscop	316
VI. Capitel. Der Panoramaapparat und die photographische Messkunde	320
Photographische Bildmesskunst 322.	

	Seite
VII. Capitel. Beschreibung neuer Objectiveconstructionen	326
a) Neuere Portraitobjective	326
Portraitobjective 326. Die Antiplanete 326. Portrait-Euriskoep 327. Ueber Objective für Momentbilder 329.	
b) Ueber Universallinsen	331
Die Landschafts-Aplanate 331. Gruppenantiplanete 332. Rapid- Antiplanete 332. Voigtländer-Euriskoep 334. Zeiss' Anastigmat 335. Goerz' Doppelanastigmat 337. Hülftafel zur Auffindung der Distanzen 340. Gebrauch der Hülftafel 341. Wächter's und Suter's Aplanate 341.	
c) Weitwinkelinstrumente	341
Busch's Pantoskop 342. Weitwinkel-Aplanate 342. Weitwinkel- Euriskoep 343. Vergleich der Lichtstärken der Euriskoep 343. Zeiss' Weitwinkelanatigmat 344.	
d) Satzlinen	345
e) Teleobjective (Fernlinen)	346
Miethe's Teleobjectiv 346. Steinheil's Teleobjectiv 348. Zeiss' Teleobjectiv 351.	
f) Nicht achromatisirte Brillengläser (Monocles)	353
Monocle-Portraitlinen 353. Satz von Brillengläsern 354.	

Nachtrag.

Weber's Helligkeitsmessungen von Tageslicht 354. Die Copiruhr
„Fernande“ 356. Neues Actinometer „Le Perpetuel“ von Abel 356.
Spectral-Photographie des Amylnormallichts nach Eder 357.
Rhodamin als Sensibilisator nach Eder und Valenta 358. Acridin-
farbstoffe 358. Ives' neues Heliochromoskop 359.

Register	361
---------------------------	------------

Tafeln.

Naturfarben-Buchdruck von W. Kurtz, Newyork	Titelbild
Acworth's Absorptionsspektra	gegenüber Seite 192



Druckfehler und Berichtigungen.

S. 191 Z. 8 v. o. fehlt das Wort Resultate.

S. 202 lies Fig. 57 statt 58.

S. 240 Z. 17 v. o. lies objective statt Objective.

S. 254 Fig. 68 sind die beiden Tafeln gegen ihre Unterschriften verstellt, die rechte gehört nach links und umgekehrt.

Um Mittheilung weiterer Druckfehler bitten wir unsere Leser.

Einleitung.

Allgemeines. Im ersten Bande dieses Buches haben wir die chemischen Wirkungen des Lichts, im vierten Bande dieses Buches (Die photographische Kunstlehre) die künstlerischen Wirkungen desselben geschildert. In beiden Fällen sind wir aber auf die Natur des Lichts nicht näher eingegangen. Es ist diesem Bande vorbehalten, die Eigenthümlichkeiten des Lichts, soweit sie für die Photographie von Bedeutung sind, zu besprechen. Das Licht ist das Lebelement, der zeichnende Griffel des Photographen, und die Kenntniss seiner Eigenschaften ist deshalb für ihn ebenso nothwendig, wie für den Maler die Kenntniss seiner Zeichenmaterialien und Farben. Daher bildet die Lehre vom Licht ein wichtiges Capitel der Photographie.

Licht ist nach der gewöhnlichen Definition die Ursache der Helligkeit, das Agens, durch dessen Vermittelung unser Auge die Körper wahrnimmt. Diese Definition ist nicht ganz erschöpfend, denn es giebt auch unsichtbares Licht, das, wie wir sehen werden, bei dem Farbenspectrum (s. u.) jenseits des Roth für Thermosäulen noch fühlbar, jenseits des Violett noch chemisch wirksam, d. h. für gewöhnliche photographische Platten erkennbar ist.

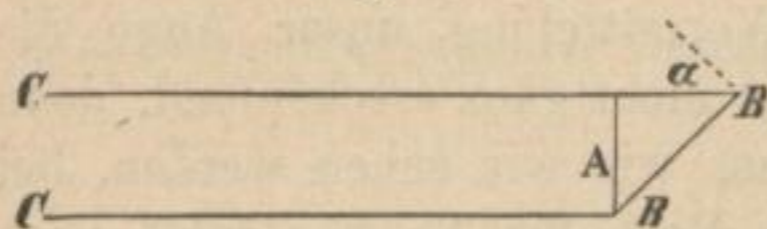
In Bezug auf das Verhalten zum Licht theilen wir die Körper ein in leuchtende, die ohne Hülfe eines andern Körpers sichtbar sind, und nichtleuchtende oder dunkle. Diese Eintheilung ist nicht streng, denn es giebt Körper, die wir für gewöhnlich nichtleuchtend nennen, wie Diamant, Glas, Chlorophan, Flussspath, der bononische Stein, Porzellan, Papier, die aber dennoch, wenn sie schwach erwärmt oder von der Sonne beschienen worden sind, nachher im Dunkeln schwach selbstleuchtend auftreten (siehe Bd. I p. 15).

Bei Betrachtung verschiedener leuchtender oder erleuchteter Körper bemerken wir leicht Unterschiede, einerseits in der Intensität des Lichts, oder der Lichtstärke (das electriche Bogenlicht ist z. B. bedeutend intensiver als Gaslicht), andererseits in der Qualität (manche Körper erscheinen weiss oder schwarz, andre farbig). Mit der Bestimmung der Intensität beschäftigt sich die Photometrie, mit der Bestimmung der Qualität die Farbenlehre. Betrachten wir zunächst die Intensität des Lichts.

I. Die Intensität des Lichts oder die Lichtstärke. (Lambert's Gesetze).

Die Helligkeit selbstleuchtender Körper. Von der Intensität des Lichts oder seiner Helligkeit hängt die Expositionszeit bei photographischen Aufnahmen und Copirprocessen ab, von seiner Qualität die mehr oder weniger starke Wirkung auf lichtempfindliche Oberflächen verschiedener Art. Es ist offenbar, dass die Helligkeit einer gleichmässig leuchtenden Fläche abhängig sein wird: 1. von der Intensität des Lichts in jedem einzelnen Punkte, und 2. von der Grösse der Fläche. So wird z. B. von zwei gleich grossen Flammen, einer Gasflamme und einer Talglichtflamme, die erstere in jedem einzelnen Punkte intensiver leuchten, als die letztere; ebenso wird die ganze Fläche einer weissglühenden Eisenplatte von 10 □cm sicher zehnmal so viel Licht verbreiten, als eine gleich hell glühende von nur 1 □cm Fläche. Die Wirkung, welche das von einer solchen Lichtquelle ausstrahlende Licht auf dunkle Körper ausübt, wird nun sehr verschieden sein, je nach der Entfernung der Lichtquelle von den Gegenständen, und je nach der Stellung der ersteren. In schiefer

Fig. 1.



Richtung BC (Fig. 1) wirkt eine leuchtende Fläche BB nicht mehr, als eine zu der Richtung BC senkrecht stehende A, obgleich die schiefe Fläche BB grösser ist, als die Fläche A. Ist nun α der Neigungswinkel der Strahlen betreffender Richtung gegen die Senkrechte auf BB, so wird $BB \cos \alpha$ die Lichtstärke angeben, mit welcher die Fläche BB in der Richtung BC wirkt. Ist die Intensität von BB in senkrechter Richtung = J , so ist sie bei dem Winkel $\alpha = J \cos \alpha$.

Hinsichtlich des ersten Punktes ist bekannt, dass mit der Entfernung einer Lichtquelle die Helligkeit, welche sie verbreitet, abnimmt, und zwar in demselben Verhältniss, wie die Quadrate der Entfernung zunehmen. Dieser Umstand ist zu beachten bei photographischen Aufnahmen mit künstlichem Licht (Magnesiumlicht, electrischem Licht). Je näher man die Lichtquelle dem zu beleuchtenden Objecte bringt, desto intensiver wird es beleuchtet.

Die Helligkeit beleuchteter Körper hängt ausser von ihrer Entfernung von der Lichtquelle auch von ihrer Stellung ab. Es ist leicht nachzuweisen, dass eine Fläche, die senkrecht von den Strahlen getroffen wird, heller erscheint, als eine schief von Strahlen getroffene. Der blosse Anblick eines in senkrechter oder schiefer Richtung vom Licht getroffenen Stück Papiers lehrt das schon auffallend, ebenso der Anblick eines einseitig beleuchteten runden Körpers, z. B. einer Säule,

an welcher bei einseitiger Beleuchtung ein allmählicher Uebergang von Licht in Schatten, Halbton genannt, sichtbar ist. Dieser Halbton entsteht einfach dadurch, dass jeder einzelne Theil der cylindrischen Säule eine andere Neigung gegen die auffallenden Strahlen hat, und demgemäss um so dunkler erscheint, je schiefer die Strahlen auffallen.*) Auch hier ist die Helligkeit dem Cosinus des Neigungswinkels der beleuchtenden Strahlen proportional. Unter Neigungswinkel den Winkel verstanden, den die Strahlen mit der Senkrechten zu der beleuchteten Fläche bilden.

Die bei schieferm Auffallen der Strahlen verminderte Helligkeit lässt sich quantitativ feststellen. Stellt man sich unter CC (Fig. 1) ein Strahlenbündel vor, welches schief auf die dunkle Fläche BB fällt, so wird sich dasselbe auf eine um so grössere Fläche vertheilen, je schiefer die Neigung von BB gegen die ankommenden Strahlen ist, also proportional dem Flächen-Verhältniss von A zu BB d. i. $= \frac{A}{BB}$.

Nun ist $A = BB \cos \alpha$, also das Verhältniss $= J \cos \alpha$, wenn J die ursprüngliche Intensität für den Querschnitt A ist, d. h. proportional dem Cosinus des Neigungswinkels α gegen die Senkrechte auf BB. Daher erklärt sich die geringe Helligkeit des Sonnenlichts im Winter, wo die Sonnenstrahlen am 21. Decbr. einen Winkel von $73\frac{1}{2}^\circ$ gegen die Senkrechte (in Berlin) machen und die stärkere im Sommer (22. Juli), wo dieser Winkel nur $26\frac{1}{2}^\circ$ beträgt.

Nun ist die Helligkeit eines Körpers, d. h. die Lichtquantität, welche er zurückstrahlt, noch abhängig von seiner sogenannten Albedo und seiner Farbe. Die letztere soll später besprochen werden.

Albedo eines Körpers ist der Zahlenwerth, welcher angiebt, welcher Antheil von dem auf einen Körper fallenden weissen Licht zurückgestrahlt wird, so ist z. B. die Albedo des frischen Schnees, des weissesten aller Körper 0,783, d. h. frischer Schnee reflectirt von dem auffallenden Licht, dessen Stärke = 1 ist, 0,783. Bei weissem Papier giebt Zöllner die Albedo auf 0,7 an. Diese Zahl dürfte nur für das weisseste Papier gelten. Bei weissem Sandstein ist d. A. 0,237, d. h. derselbe strahlt noch nicht $\frac{1}{4}$ des auffallenden Lichtes zurück. Bei feuchter, dunkler Ackererde ist die Albedo sogar nur 0,079, so dass dieselbe also nur $\frac{8}{100}$ des auffallenden Lichts reflectirt**).

*) Die am weitesten vom Licht abgekehrte Schattenseite der Säule müsste eigentlich ganz dunkel erscheinen; wenn das in Wahrheit nicht der Fall ist, so liegt das an dem sogenannten Reflexlicht, welches von der Umgebung auf die Schattenseite geworfen wird, s. a. Vogel, fotogr. Kunstlehre, Bd. IV dies. Buches.

**) Leider kennen wir nur wenige Zahlen über die Albedo photographisch wichtiger Körper.

Albedo und Expositionszeit. Diese Zahlen beweisen, dass mit der Bestimmung der Helligkeit allein ein Maassstab für die photographische Expositionsdauer noch nicht gegeben ist. Um feuchtes Terrain wie Ackererde auszuexponiren, hat man nach obigem dreimal so lange Zeit nöthig als für ein helles Sandsteingebäude, denn die Albedo des letzteren ist 0,237 (nahe 0,24) die Albedo des ersteren dreimal geringer (0,08).

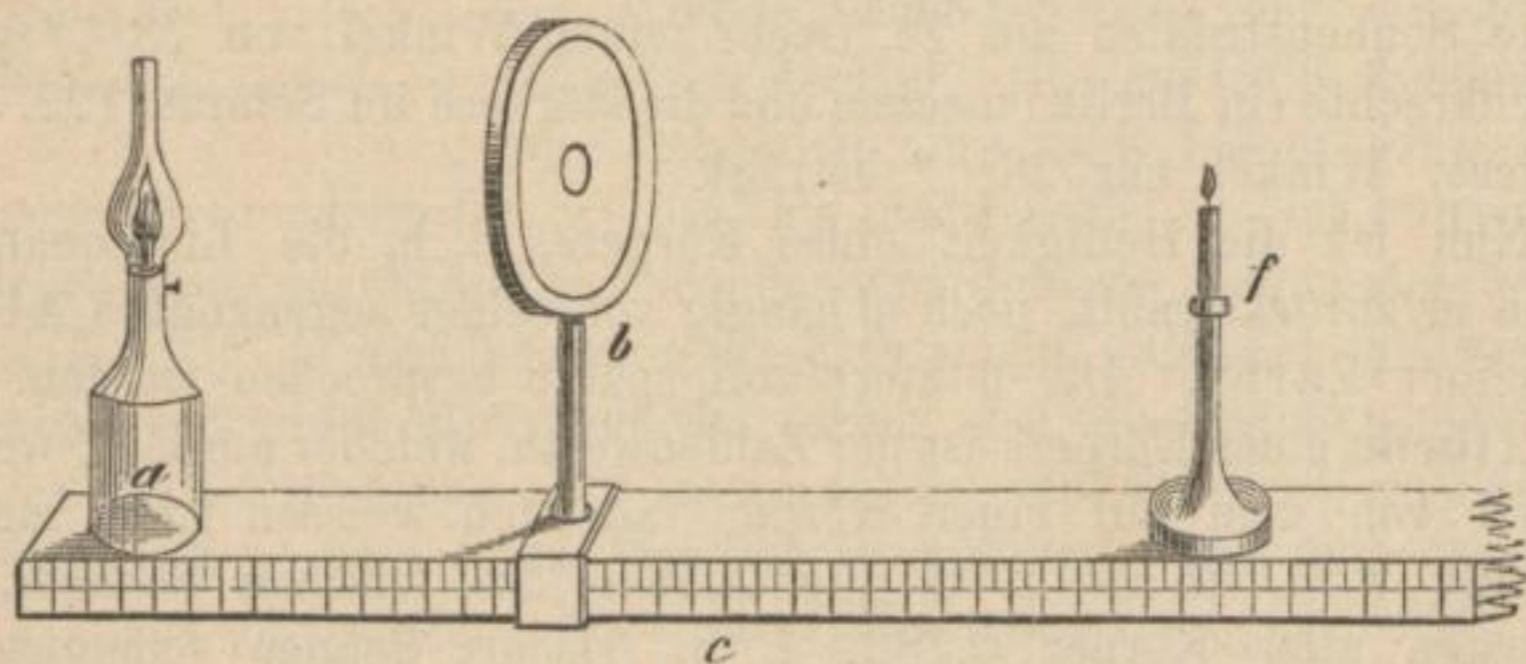
II. Messung der Lichtintensität.

Die optischen Photometer.

Um die Helligkeit, die Intensität des Lichtes leuchtender sowohl wie nichtleuchtender Körper zu bestimmen, bedienen wir uns der Photometer. Unser Auge ist im Stande zu beurtheilen, ob eine Fläche heller sei, als eine andere nahe benachbarte; das Umwieviel zu erkennen, ist ihm unmöglich, ja selbst bei der Bestimmung, welche Fläche heller und welche dunkler sei, wird unser Urtheil durch die dabei ins Spiel kommende Farbe, ferner durch Contrastwirkungen unsicher gemacht.

Bunsen-Photometer. Dieses ist weiter nichts als ein auf Papier

Fig. 2.



gemachter Fettfleck. Man erwärmt ein Stück homogenes Zeichenpapier auf einer mit Fliesspapier bedeckten Metallplatte und reibt eine kleine Menge geschmolzenen Stearins auf dem Papiere so ein, dass ein durchsichtiger Ring entsteht. Nach dem Erkalten des Blattes legt man ein Körnchen Stearin genau in die Mitte des Rings und erwärmt gelinde, bis die geschmolzene Masse vom Papier eingesogen ist. Verfasser benützt sich mit dem Ringe allein. Beleuchtet man ein solches Stück Papier von vorn, so erscheint der gefettete Theil dunkel, beleuchtet man es von hinten, so erscheint er hell; beleuchtet man ein Stück Papier gleichzeitig von vorn und von hinten, so wird der Fettfleck bald hell, bald dunkel erscheinen, je nachdem das vordere oder das hintere

Licht stärker wirkt; lässt man das eine Licht feststehen und nähert oder entfernt das andere, so findet man bald einen Punkt, wo der Fettfleck verschwindet, d. h. unsichtbar wird, weil alsdann der Fettfleck genau so hell erscheint, wie das umgebende Papier. Will man nun zwei Lichtquellen mit einander vergleichen, so bringt man eine constante Lichtflamme, z. B. die einer Petroleumlampe *a* (Fig. 2), hinter das Photometer *b*, welches zu dem Zwecke am besten auf einen Maassstab *c* senkrecht in einem schwarzgestrichenen Zimmer aufgestellt wird; alsdann bringt man die erste zu messende Flamme *f* auf die andere Seite, rückt sie hin und her, bis der Fettfleck verschwindet, und entfernt sie dann; nachher macht man dasselbe Experiment mit der zweiten zu messenden Flamme. War die Entfernung der ersten Flamme = 100 cm, die Entfernung der zweiten = 120 cm, so verhalten sich die Intensitäten der beiden Flammen wie die Quadrate ihrer Entfernungen d. i. wie 10^2 zu 12^2 , d. h. wie 100 zu 144.

Bunsen hat mit diesem so einfachen Photometer eine Reihe für die Photographie hochwichtiger Untersuchungen ausgeführt, von denen wir noch sprechen werden.

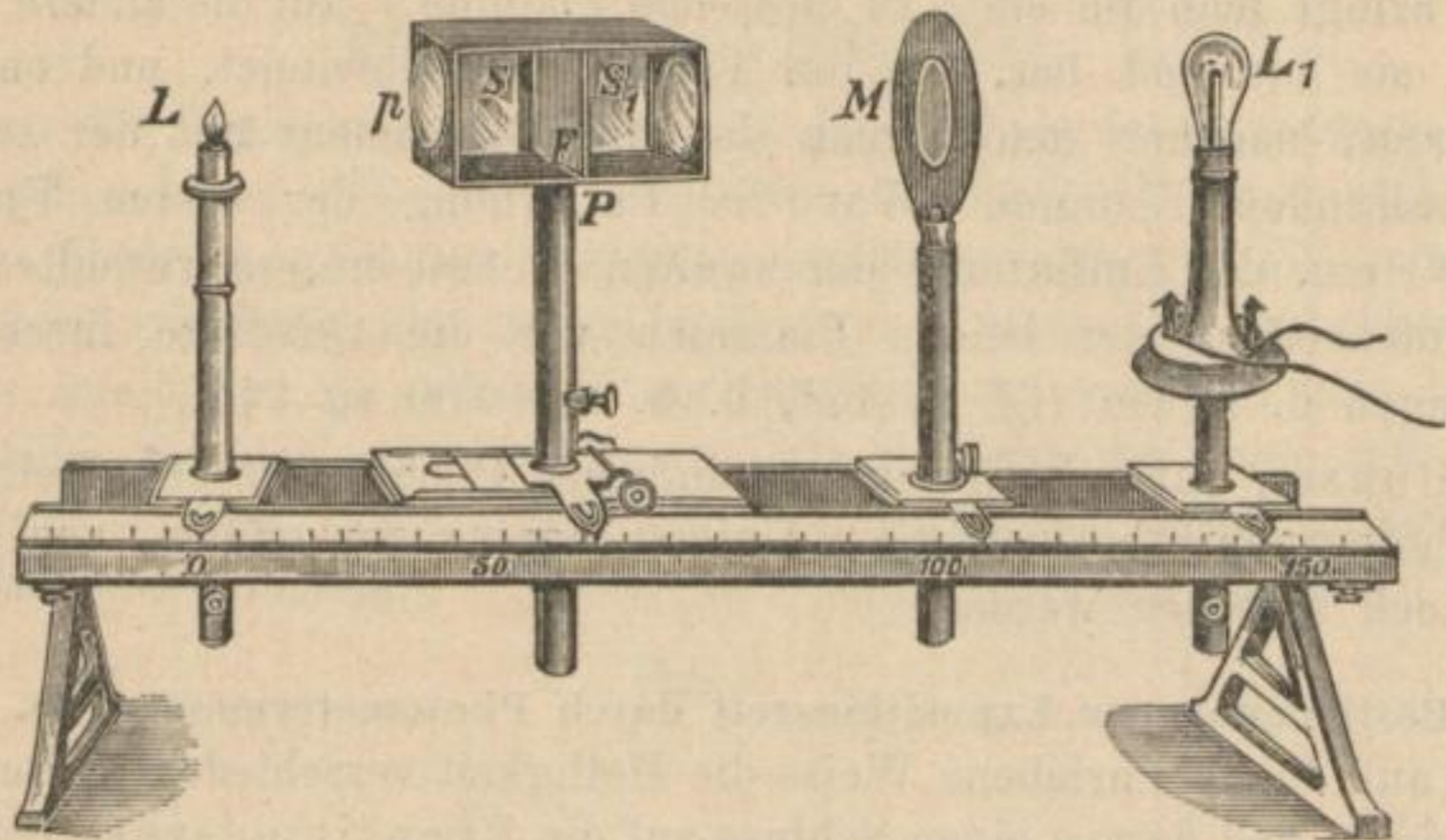
Bestimmung der Expositionszeit durch Photometermessungen. Man kann auf die beschriebene Weise die Helligkeit verschiedener Interieurs bestimmen und daraus einen Schluss auf die Expositionszeit machen, die man bei einer etwaigen photographischen Aufnahme nöthig hat. Man stellt dann z. B. das Photometer, vorn mit gelbem Glas gedeckt, in dem einen Raum einem Fenster gegenüber auf, bringt eine constante Lichtflamme auf die andere Seite und bewegt sie, bis der Fettfleck verschwindet. Dasselbe Experiment macht man in dem anderen Raume. Die Helligkeiten verhalten sich alsdann umgekehrt, wie die Quadrate der Entfernung der Lichtflamme. Ebenso kann man auf diese Weise die Helligkeit in verschiedenen Theilen eines Zimmers feststellen. Nothwendig ist es hier, das fremde Licht von der Rückseite des Photometers möglichst abzuhalten. Man erreicht dies am besten, indem man ein innen geschwärztes Rohr oder einen offenen Kasten senkrecht an dem Rahmen, welcher das Photometerpapier trägt, befestigt, so dass nur dem Lichte der Lichtflamme der Eintritt gestattet ist und ausserdem nur so viel Raum bleibt, um mit dem Auge den Fettfleck beobachten zu können. Desaga in Heidelberg hat ein zweckmässiges Photometer der Art construirt.

Wir haben wiederholt mit einem selbst construirten Instrument der Art die Helligkeit im Zimmer gemessen und daraus Anhaltspunkte für die Expositionszeit bei photographischen Aufnahmen im gedachten Raum gewonnen. Ein gewöhnlicher Maassstab, ein in einen Klemmer

eingespanntes Stück Papier mit Fettfleck und eine kleine Petroleumlampe genügten uns dazu.

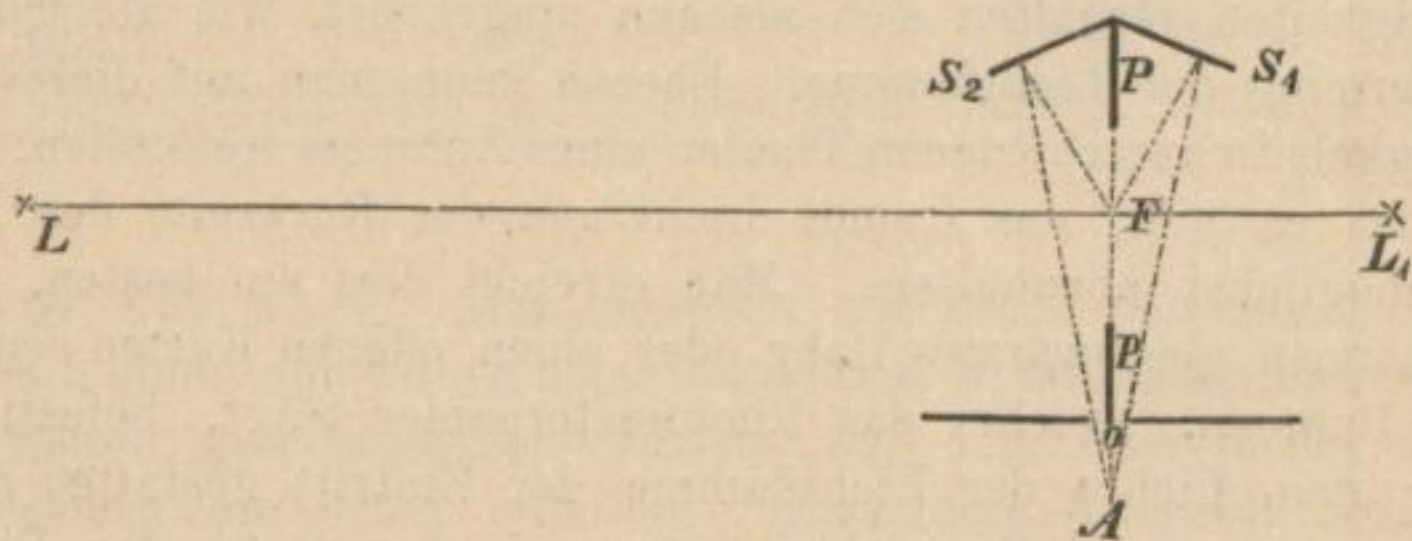
Rüdorff's Spiegel. Ein Uebelstand bei der Anwendung von Bunsens Photometer ist die verschiedene Färbung vieler Lichtquellen; so ist es z. B. sehr schwer, auf diese Weise Tages- und Lampenlicht mit einander zu vergleichen, da das erste blau und das zweite gelb gefärbt ist.

Fig. 2a.



Einigermaassen kann man diesen Uebelstand umgehen, wenn man den Fettfleck durch eine Spiegelvorrichtung, wie sie zuerst Rüdorff angegeben hat, beobachtet und den Schirm so lange hin und her schiebt,

Fig. 3.



bis die beiden Spiegelbilder desselben gleich dunkel erscheinen. Der Fettfleck F wird dazu zwischen zwei Spiegel S und S_1 (Fig. 2a) gestellt, welche einen Winkel von etwa 140° mit einander bilden, und zwar so, dass er in der Mittellinie dieses Winkels steht. Das beobachtende Auge A blickt dann durch eine Oeffnung O einer undurchsichtigen Wand P auf die Spiegel S_1 und S_2 (Fig. 3).

Ein Mangel dieser Rüdorff'schen Spiegelvorrichtung ist der, dass die beiden mit einander zu vergleichenden Bilder des Fettflecks F sehr weit von einander entfernt sind. Dieser Nachtheil ist bei dieser Construction nicht zu vermeiden, da man wegen der Schatten, welche die Spiegel selbst auf den Papierschirm werfen, dem Fettfleck immer eine beträchtliche Entfernung von dem Scheitel des Winkels der Spiegelebenen geben muss. Wenn man auch mittelst einiger Uebung eine ziemliche Genauigkeit der Beobachtungen erzielt, so ist die Notwendigkeit, zwei Flächen mit einander zu vergleichen, die weit auseinander liegen, für weniger Geübte ein Uebelstand. Je näher die zu vergleichenden Flächen liegen, desto sicherer ist das Urtheil über ihre Helligkeit.

Foucault stellt deshalb zwei Milchglasflächen dicht neben einander und beleuchtet die eine mit der Messflamme, die andere mit der zu messenden, und verändert die Entfernung, bis beide Gläser gleich hell erscheinen.

Von Hefner-Alteneck und von Krüss sind aber auch Mittel angegeben worden, den grossen Vorzug des Bunsen-Photometers, die Benutzung eines Fettflecks, mit dem Vorzug des Foucault-Photometers, die Vergleichung zweier, in einer feinen Linie aneinander stossender Flächen zu verbinden.

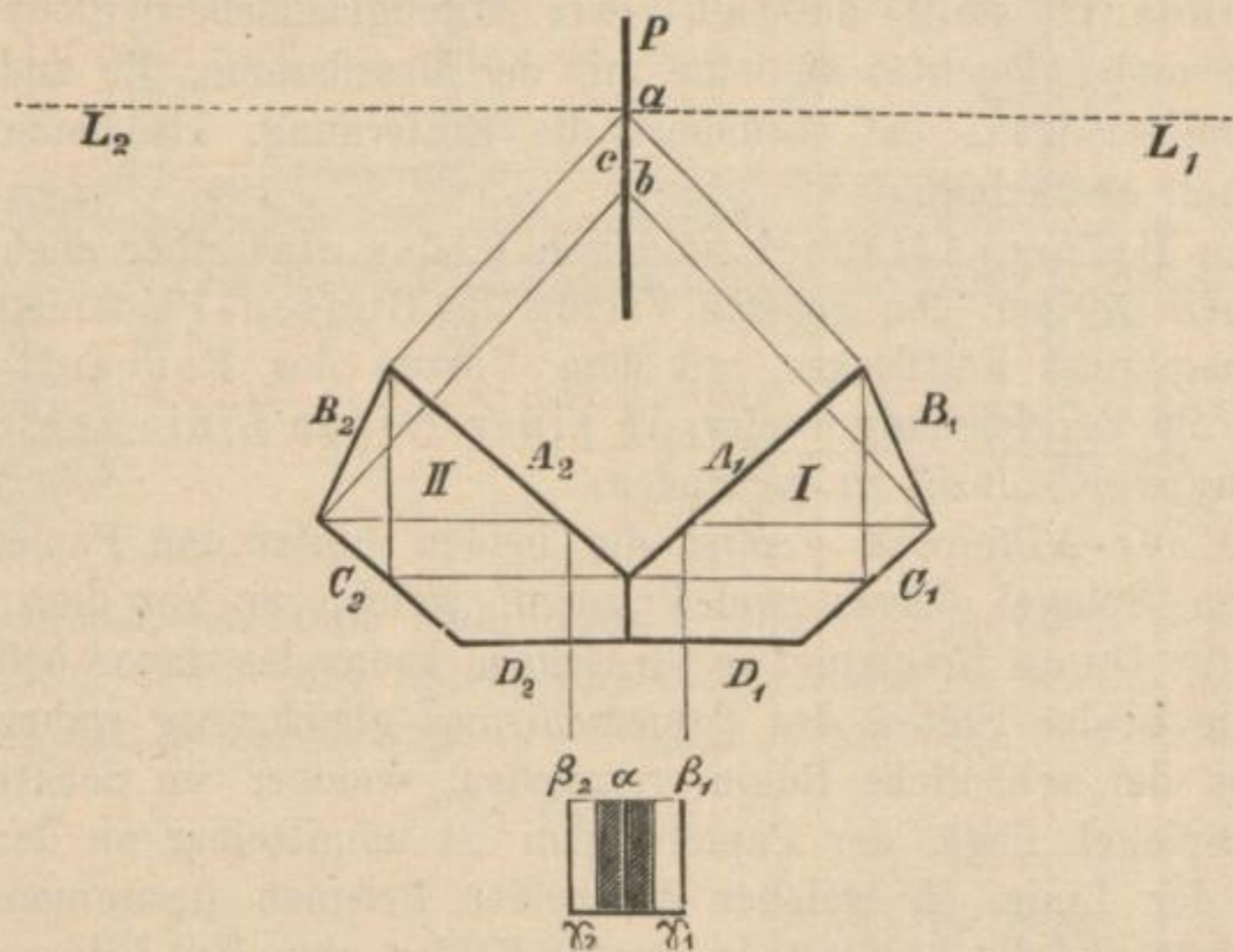
Hefner-Alteneck ersetzt die beiden hinter den Papierschirm gestellten Spiegel durch zwei Prismen, welche er vor dem Schirm anbringt. Durch Brechung in denselben kann das davor befindliche Auge die beiden Seiten des Papierschirmes gleichzeitig wahrnehmen. Hier ist der schädliche Raum vermieden, welcher im Schatten der beiden Spiegel liegt, der Papierschirm ist unmittelbar an dem Endpunkte der Linie, in welcher die beiden Prismen zusammenstossen, zu benutzen und die beiden beleuchteten Felder, resp. ihre Bilder, stossen so unmittelbar aneinander.

Ein wesentlicher Nachtheil der Hefner-Alteneck'schen Anordnung ist aber, dass die Bilder der beiden Seiten des Papierschirmes durch Brechung in einem Prisma entstehen. Die Folge hiervon ist, dass die Bilder etwas verzerrt erscheinen (gerade Linien zeigen bekanntlich etwas gekrümmte Bilder) und hauptsächlich, dass nebenbei eine Farbenzerstreuung eintritt; jedoch können diese Nachtheile, wie Hefner-Alteneck selbst angiebt, durch Benutzung achromatisirter Prismen beseitigt werden.

Krüss bedient sich lediglich der Spiegelung durch Anwendung zweier Reflexionsprismen I und II. (Fig. 4). In der Verlängerung der Mittelebene, in welcher die beiden Prismen zusammenstossen, steht der Papierschirm P. Die Winkel der Flächen der Prismen gegeneinander

sind so gewählt, dass die Strahlen, welche von allen Punkten des Papierschirmes zwischen a und b senkrecht auf die Fläche A_1 des Prisma I fallen, an B_1 , C_1 und A_1 reflectirt werden und dann senkrecht zur Fläche D_1 wieder aus dem Prisma austreten. Ebenso ist der Verlauf der Strahlen in dem zweiten Prisma II. Vor den Flächen D_1 und D_2 , welche in einer scharfen Kante zusammenstossen, kann ein Rohr angebracht werden von je nach der Sehweite des Beobachters zu verändernder Länge, an dessen Ende sich eine Blende mit kleiner Oeffnung befindet, durch welche die Stellung des beobachtenden Auges in der Ebene des Papierschirmes fixirt wird.

Fig. 4.



Das Auge sieht dann das Gesichtsfeld durch die Trennungslinie α der beiden Flächen D_1 und D_2 in zwei gleiche Theile getheilt, die rechte Hälfte ist das Bild der rechten Seite des Papierschirmes, welche von der einen Lichtquelle L_1 , die linke Hälfte dasjenige der linken Seite des Schirmes, welche von der zweiten Lichtquelle L_2 beleuchtet wird. Dabei fällt das Bild von a in die Mittellinie α , das Bild von b in die seitlichen Grenzen des Gesichtsfeldes β_1 und β_2 .

Legt man nun die optische Axe des Photometers durch den Punkt a senkrecht zur Ebene des Papierschirmes und fettet das Stück des Papierschirmes von a bis c , so sind γ_1 und γ_2 die Bilder der Grenzen des Fettflecks. Zu beiden Seiten der Mittellinie α findet bei der richtigen Einstellung des Photometers vollkommen gleiche Beleuchtung statt und diese Einstellung ist dadurch, dass die mit-

einander zu vergleichenden Flächen unmittelbar aneinanderstossen, eine sehr bequeme.

Versuche mit diesem Photometer haben gezeigt, dass damit eine sehr sichere und genaue Einstellung möglich ist.

Einfluss der Länge des Photometers auf das Messungsergebnis. Hugo Krüss in Hamburg, dem wir vortreffliche, theoretische und praktische, Arbeiten über Photometer verdanken, machte zuerst darauf aufmerksam, dass die Zahlenangaben verschiedener Photometer, bei verschiedener Länge merklich differiren, so dass z. B. bei wiederholten hinter einander vorgenommenen Messungen eine Helligkeit des Fledermausbrenners von 8,75 Kerzen auf dem Rathhause in Hamburg, dagegen von 9,00 bis 9,75 Kerzen auf der Gasanstalt daselbst ergab.

Krüss machte daraufhin mit Photometern verschiedener Länge Versuche an ein und derselben Flamme.*) Die Resultate waren folgende:

Photometerlänge	Entfernung zwischen Brenner und Photometerschirm	Helligkeit des Fledermausbrenners
Mittlere Flamme.		
2,0 m	1,575 m	13,9 Kerzen
1,7 „	1,330 „	12,9 „
1,4 „	1,095 „	12,7 „
1,1 „	0,865 „	11,9 „
Grosse Flamme.		
2,0 m	1,657 m	24,0 Kerzen
1,7 „	1,405 „	22,7 „
1,4 „	1,155 „	22,2 „
1,1 „	0,900 „	20,2 „

Krüss vermuthet die Ursache der grösseren Helligkeit bei langem Photometer in dem sich der Senkrechten mehr nähernden Auffallsrichtung der Strahlen auf den Photometerschirm.

Lummer und Brodhun's Ersatz des Fettflecks.)** Das Fettfleckphotometer hat den bedeutenden Uebelstand, dass jedes der zu vergleichenden Felder nicht bloß von einer, sondern gleichzeitig von beiden Lichtquellen Licht erhält. Der Fettfleck wäre nur dann ein idealer, wenn der gefettete Theil kein Licht reflectirte und der nicht

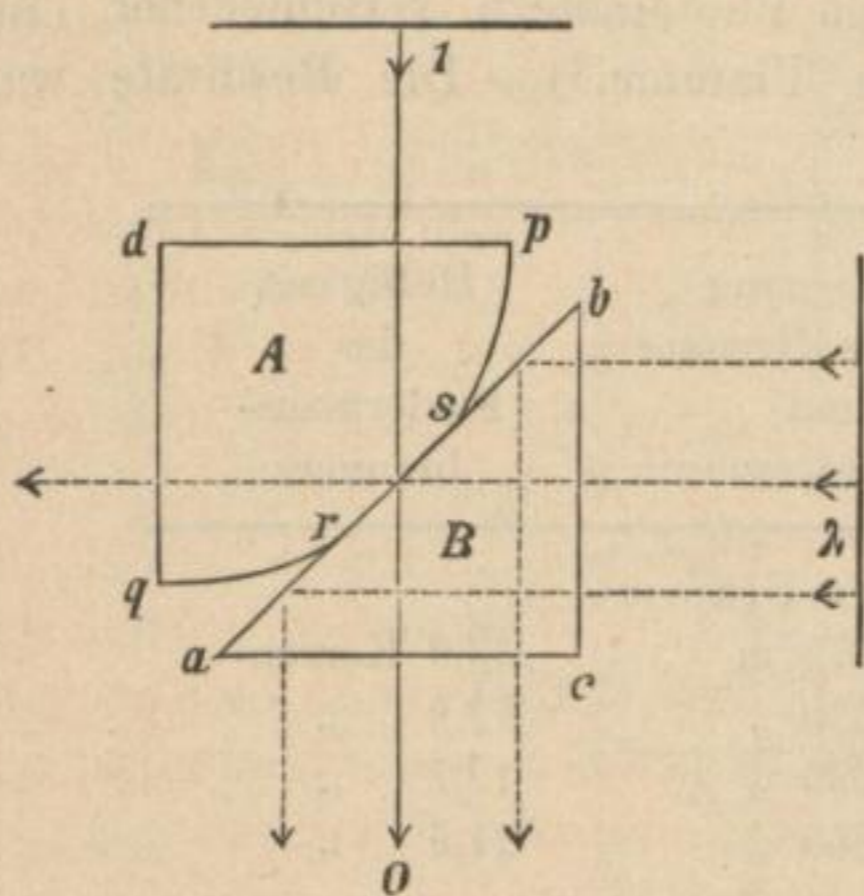
*) Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, 1886.

***) Dr. O. Lummer und Dr. E. Brodhun: „Ersatz des Photometerfettflecks durch eine rein optische Vorrichtung“ (Ztschr. f. Instr. 1889, IX, 23).

gefettete Theil kein Licht hindurchliesse. Das ist aber nicht der Fall. Dr. Lummer und Brodhun haben deshalb den Fettfleck durch eine Vorrichtung ersetzt, welche von gedachtem Mangel frei ist.

Es stelle Fig. 5 einen durch die beiden Glasprismen A und B gelegten Hauptschnitt dar. B ist ein gewöhnliches, total reflectirendes Prisma mit genau ebener Hypotenusenfläche, während beim Prisma A nur die Kreisfläche rs absolut eben ist, der übrige Theil qr und sp dagegen eine Kugelzone bildet. Man presst die beiden Prismen bei rs so innig aneinander, dass alles irgend woher auf diese Berührungsfläche auffallende Licht vollständig hindurchgeht. *) Das bei O be-

Fig. 5.



findliche Auge wird also Licht von I nur durch die Berührungsfläche rs hindurch erhalten, dagegen von λ her nur diejenigen Strahlen, welche an ar und sb total reflectirt werden. Sind I und λ diffus leuchtende Flächen und ist das Auge auf die Fläche $ar sb$ eingestellt, so erblickt es im Allgemeinen einen scharf begrenzten, hellen oder dunkeln, elliptischen Fleck in einem gleichmässig erleuchteten Felde. Bei Gleichheit der Lichtquellen verschwindet dieser Fleck vollkommen. Die übrigen zu demselben Zweck ausgeführten Vor-

richtungen unterscheiden sich von dieser nur durch die Art und Weise, wie der Theil der gemeinsamen Hypotenusenfläche des Prismenpaares durchsichtig gemacht wird. Es wird daher genügen, dieselben ganz kurz zu erwähnen:

Zwei Prismen AB werden mit ihren ebenen Hypotenusenflächen an gewissen Stellen mittels Cedernholzöles oder Canadabalsam aneinander gekittet, während sie an den übrig bleibenden Stellen durch Luft getrennt sind. Die Dicke der Kittschicht kann durch Zusammenpressen der Prismen bis auf $\frac{1}{1000}$ mm vermindert und somit der Rand der Schicht sehr scharf erhalten werden. Wo der Kitt sich befindet, ist der Prismenwürfel durchsichtig, wo Luft ist, bleibt Totalreflexion bestehen.

Zu den Vorzügen des neuen Photometers kommt noch der weitere

*) Aehnlich wie beim centralen schwarzen Fleck der im reflectirten Lichte erzeugten Newtonschen Ringe.

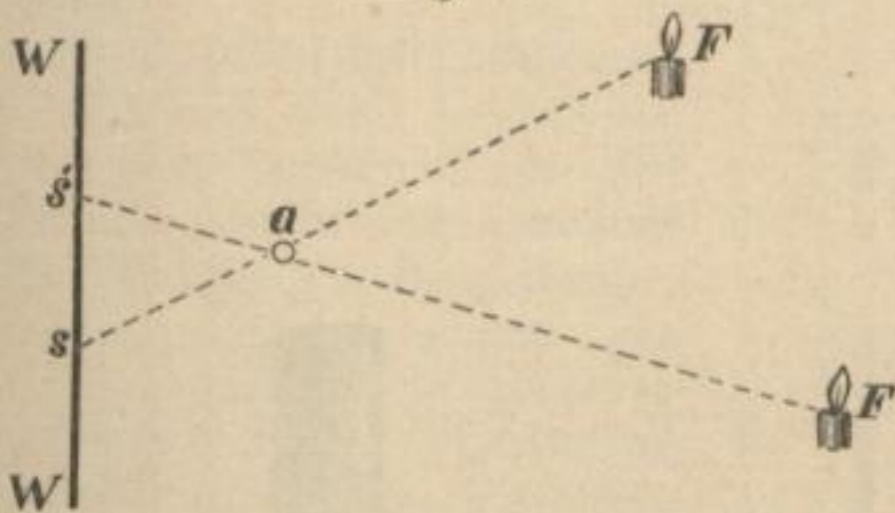
nicht zu unterschätzende hinzu, dass es frei ist von der beim Bunsen'schen Fettfleck so störenden Veränderlichkeit und ungleichmässigen Ausstrahlung der beiden Fettfleckseiten.

Die bis jetzt ausgeführten Messungen ergeben als grösste Abweichung in einer Reihe von Einstellungen wenig über 1⁰/₀. Der mittlere Fehler einer Einstellung bleibt stets unter 0,5⁰/₀.*) Die getroffene Anordnung des Apparates erlaubt, das neue Photometer ohne Weiteres an die Stelle der üblichen Bunsen'schen Apparate auf jede gerade Photometerbank zu setzen. Natürlich kann das beschriebene neue Princip auch bei anderen Photometern, z. B. dem Weber'schen (s. u.), leicht verwendet werden.

Von sonstigen Photometern seien hier erwähnt:

1. Rumford's Photometer. Dieses besteht aus einem Stabe, der

Fig. 6.



vor einer weissen Wand W (Fig. 6) aufgestellt ist. Bringt man in dessen Nähe die zu messenden Kerzen F und F', so werfen beide Schatten s s' auf die Wand. Dieselben erscheinen gleich intensiv, wenn die Helligkeit, welche beide Flammen „indiciren“, d. h. der Wand W ertheilen, gleich sind.

Man rücke deshalb die Kerzen hin und her bis die beiden Schatten gleich schwarz sind, dann misst man die Entfernungen der Lichter von dem nächsten Schatten. Sind die entsprechenden Lichtstärken dann L und L¹, so ist

$$\frac{L}{E^2} = \frac{L^1}{E_1^2}, \text{ also } L^1 = \frac{E_1^2}{E^2} \times L.$$

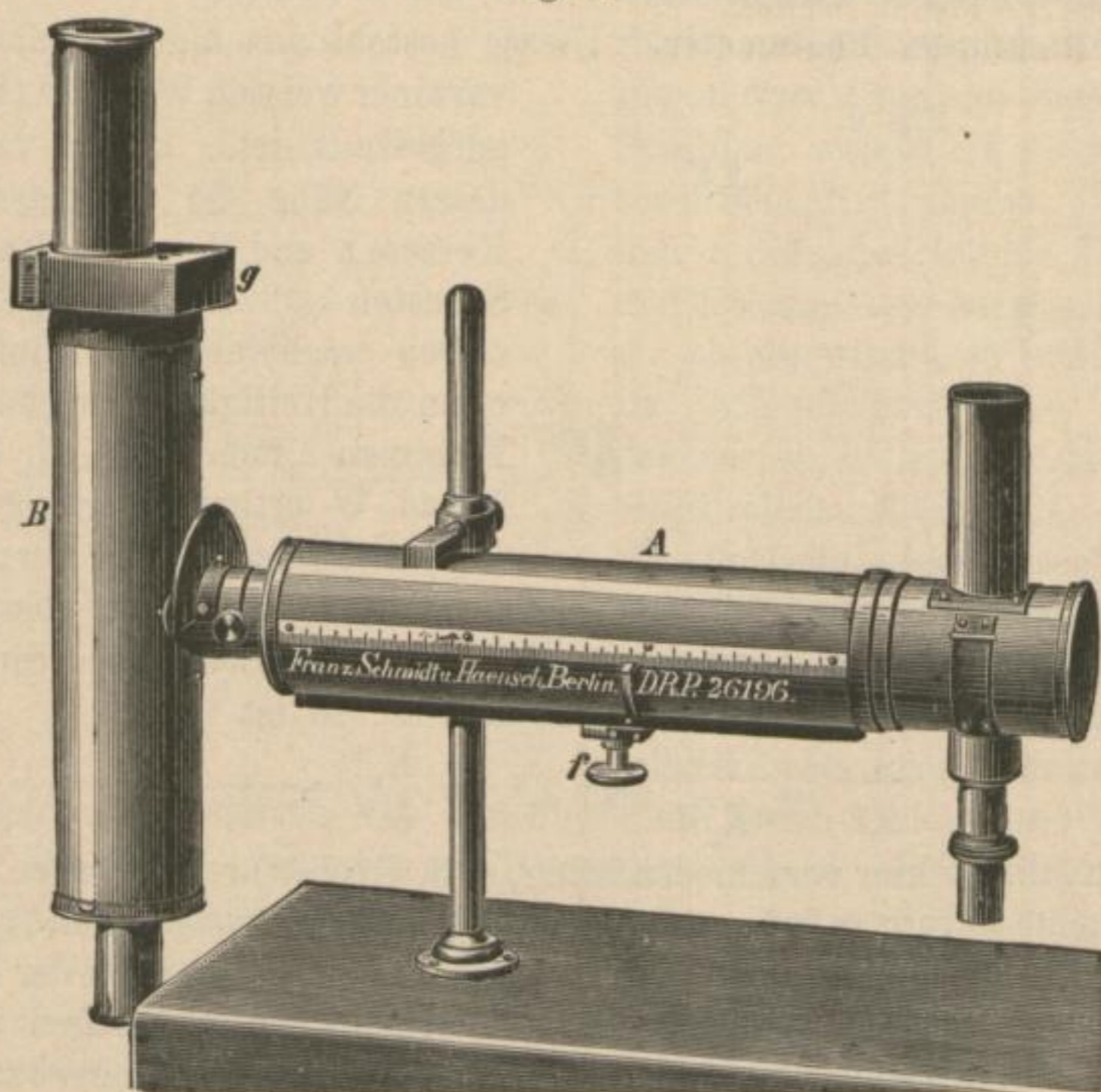
Sind die Lichter verschiedenfarbig, z. B. F (oben) rot, F (unten) grün, so erscheint s¹ roth, s grün. Dennoch sollen die Schatten nach Abney noch gut vergleichbar sein. Abney wandte zum Vergleich der Lichtstärken eine rotirende Scheibe an, in die Löcher geschlagen waren, so dass die Strahlen der einen Flamme durch die Löcher auf die Wand fielen. Ist der Umfang der Löcher gleich einem halben Kreisbogen und rotirt die Scheibe schnell, so wird die Menge der durchgehenden Strahlen auf die Hälfte reducirt, d. h. die Fläche W ist durch betreffende Flammen nur halb so stark erleuchtet. Da man in eine Scheibe verschiedene Löcherkreise schlagen kann, die man dann passend zwischen Licht und Wand stellt und rasch dreht, so ist man leicht im Stande, die Helligkeit auf $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$ etc. zu reduciren.

*) Beim Fettfleck ist der mittlere Fehler 1⁰/₀.

Weber's Photometer. Der Hauptmangel der gedachten Photometer ist, dass sie eines besonderen Photometerzimmers mit schwarz gestrichenen Wänden bedürfen, um alles fremde Licht auszuschliessen. Von diesem Mangel ist das L. Weber'sche Photometer frei. Dasselbe stellt insofern ein transportables Instrument dar, ein ganz bedeutender Fortschritt in der Photometrie.

L. Weber hat zugleich die Tageslichtmessungen auf ganz neue Grundlagen gestellt und dadurch einen erheblichen Fortschritt in der Photometrie angebahnt, der namentlich für Photographie, die doch in erster Linie mit Tageslicht zu thun hat, von Bedeutung werden dürfte.

Fig. 7.



Das Weber'sche Photometer in seiner äusseren Form ist in Fig. 7 abgebildet, während Fig. 8 eine schematische Skizze desselben darstellt, welche für die folgenden Erklärungen dienen soll. *)

Das Instrument besteht aus einem horizontalen fixen Tubus A und einem dazu senkrecht stehenden drehbaren Tubus B. Ersterer trägt ein Gehäuse G,

*) Der Uebersichtlichkeit wegen ist das um die Achse von A drehbare Rohr B senkrecht gezeichnet, während es gewöhnlich mehr horizontal steht. Wir entnehmen die Beschreibung der „Zeitschrift für Electrotechnik“, Heft VII, VIII und IX, 1889.

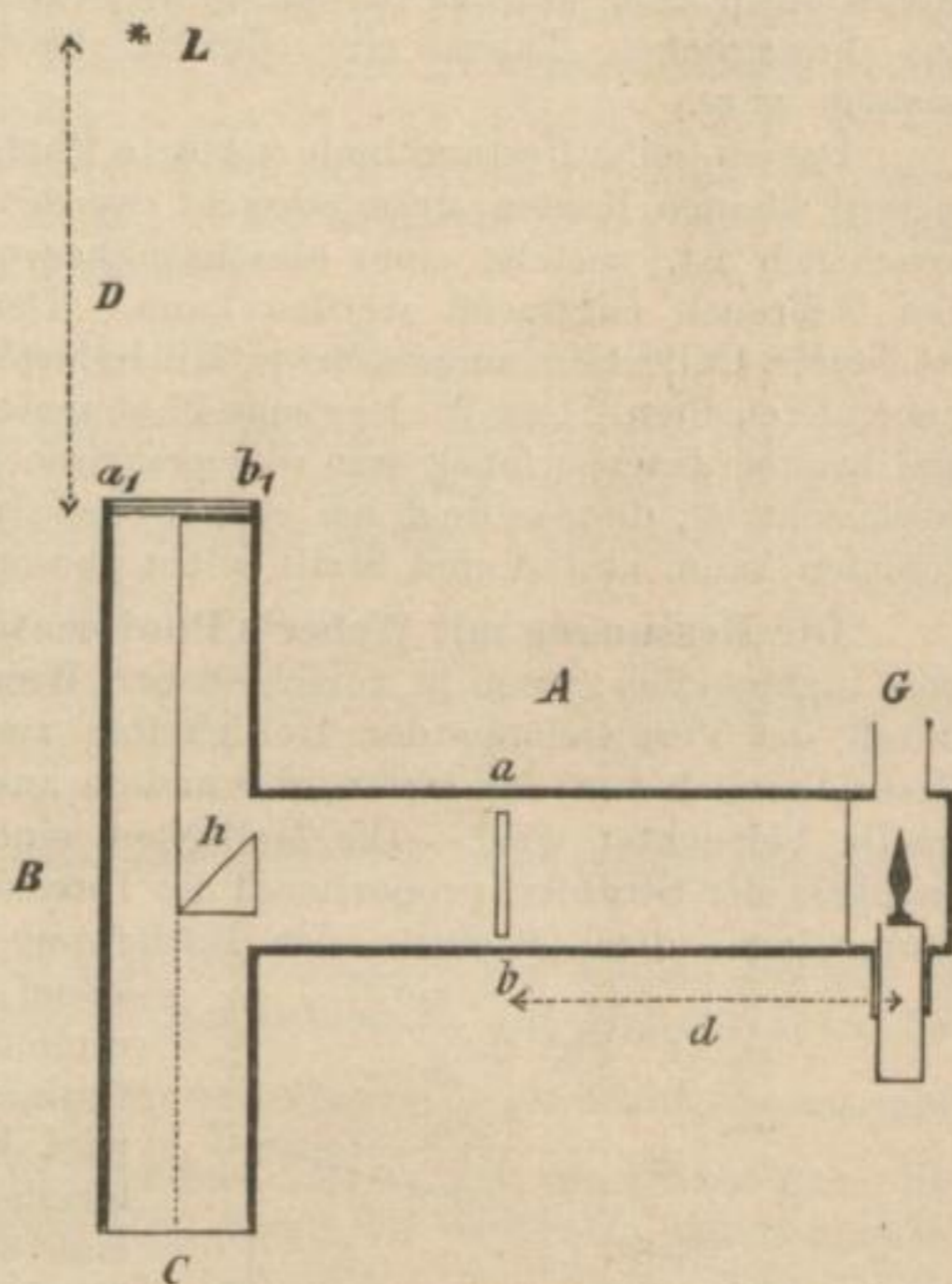
am rechten Ende (Fig. 8), welches zur Aufnahme der als Vergleichslichtquelle dienenden Benzinlampe bestimmt ist. Dieses Gehäuse ist einerseits gegen die Röhre A (Fig. 8) durch eine vollkommen durchsichtige Glasplatte, nach der entgegengesetzten Seite jedoch durch einen Metalldeckel abgeschlossen. Eine durch eine Glimmerplatte gedeckte Spalte, über welche wieder eine Metallklappe (in Fig. 7 rechts sichtbar) herabgelassen werden kann, gestattet die Beobachtung der Benzinflamme. Hinter dieser Flamme ist im Gehäuse ein kleiner Spiegel angebracht, der auf beiden Seiten von Millimeterscalen begrenzt ist. Man kann dadurch mit aller Schärfe controliren, ob die Flamme die vorschriftsmässige Höhe von 20 mm hat. Es geschieht dies in der Weise, dass man das Auge zunächst so hält, dass die Kuppe des Doctes mit ihrem Spiegelbilde sich deckt und macht nun in dieser Stellung die Ablesung an der Millimeter-scala. Sodann macht man eine zweite gleichartige Ablesung des Standes der Flammenspitze, so giebt die Differenz der beiden Ablesungen die Flammenhöhe.

Die Regulirung der Flammenhöhe erfolgt durch Drehen des aus dem unteren Ende des Flammengehäuses hervorragenden Theiles der Benzinlampe, indem nämlich dadurch ein längs einer Schraube drehbares Aufsatzstück der Dochtröhre, welches durch einen eingreifenden Haken an der Drehung gehindert ist, gehoben oder gesenkt wird.*)

In dem Tubus A befindet sich (senkrecht zur Achse) eine kreisrunde Milchglasplatte ab (Fig. 8), welche durch einen mit Trieb versehenen Knopf f (Fig. 7) in der Röhre beliebig verschoben werden kann. Ihr jeweiliger Abstand von der Benzinflamme kann an einer am äusseren Cylindermantel angebrachten Scala abgelesen werden. Dieser Abstand d wird immer in Centimetern angegeben.

Der drehbare Tubus B wird auf die zu messende Lichtquelle L (bezw. auf die beleuchtete Fläche) eingestellt. Der dem Lichte zugewendete Theil der Röhre trägt ein Blechgehäuse g (Fig. 7), in welches nach Bedarf verschiedene

Fig. 8.



*) Bei älteren Instrumenten muss man zu dem Zweck den Deckel rechts von G (Fig. 8) zuerst entfernen. Die neuen Instrumente gestatten Regulirung des Doctes von aussen durch Schraube. Verfasser schiebt die Lampe von unten gegen einen festen Haken, so dass der Docht stets in dieselbe Höhe kommt (10 unter 0) und liest dann nur die Höhe der Spitze der Flamme ab.

Milchglasplatten $a_1 b_1$ (Fig. 8) eingesetzt werden können, und überdies ein Abblendungsrohr (Fig. 7) zur Abhaltung seitlichen Lichtes.

Durch eine längst der Achse laufende Blende ist der drehbare Tubus in zwei Hälften geteilt. In der rechtsseitigen Hälfte ist beim Kreuzungspunkte der beiden Röhren A und B ein Reflexionsprisma h (Fig. 8) derart angebracht, dass die von der Benzinflamme herrührenden Strahlen, nachdem sie die Milchglasplatte ab durchsetzt haben, an der Hypotenusenfläche gegen das Ocularende C reflectirt werden.

Dem bei c in die bewegliche Röhre hineinblickenden Beobachter zeigt sich nun ein ovales Gesichtsfeld, dessen rechtsseitige Hälfte ausschliesslich von Strahlen beleuchtet wird, welche von der Benzinflamme herrühren, die linksseitige Hälfte jedoch ausschliesslich von solchen der zu messenden Lichtquelle.

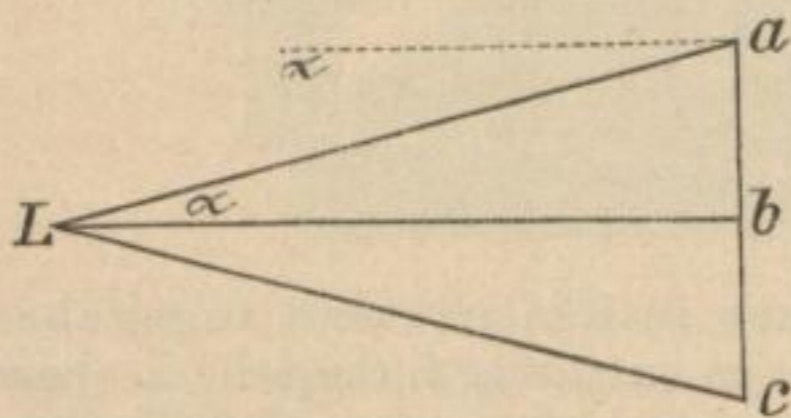
Ein Rahmen, in welchen verschieden gefärbte Gläser eingesetzt sind, kann beim Ocularende C vorgeschoben werden, endlich ist ebendasselbst ein zweites Reflexionsprisma, welches in dem Falle benützt wird, wo vermöge der Stellung des beweglichen Tubus eine directe Beobachtung des Gesichtsfeldes un bequem wäre.

Das in seine Bestandtheile zerlegte Photometer kann in einem verhältnissmässig kleinen Kasten untergebracht werden, auf den auch, wie aus Fig. 7 ersichtlich ist, mittelst eines einschraubbaren Metallstativs das Instrument für den Gebrauch aufgesetzt werden kann. Der Kasten enthält auch eine hinreichende Collection nummerirter Milchglasplatten, sowie alle sonst erforderlichen Utensilien. Das Weber'sche Photometer ist derartig verpackt, compendiös und bequem transportabel, was vom praktischen Standpunkte aus gewiss nur sehr erwünscht ist, da man doch bei electricen Installationen vielfach in die Lage kommen kann, an Ort und Stelle selbst photometrische Messungen vorzunehmen.

Die Messungen mit Weber's Photometer. Der Vergleich der Intensitäten von Lichtquellen kann in verschiedener Weise erfolgen, häufig geschieht dies durch die Vergleichung der Helligkeiten zweier Flächen; von denen die eine ausschliesslich von der ersten, die andere ausschliesslich von der zweiten Lichtquelle beleuchtet wird. Die Helligkeit einer Fläche ist nun bei senkrechter Incidenz der Strahlen proportional der Intensität der Lichtquelle und umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung derselben. Fallen die Strahlen

schief auf die beleuchtete Fläche, so nimmt deren Helligkeit entsprechend dem Cosinus des Einfallswinkels ab (s. p. 2). Es wird daher eine Fläche durch eine punktförmige Lichtquelle L (oder auch durch eine solche von geringerer Ausdehnung überhaupt) nicht in allen ihren Theilen gleichförmig beleuchtet werden, und es kann daher bei dieser Fläche nicht von einer Helligkeit im Allgemeinen, sondern nur von einer solchen in einem bestimmten Punkte gesprochen werden. So wird

Fig. 9.



bei der von L (Fig. 9) erleuchtete Fläche abc der Punkt b am hellsten sein und A und C dunkler. Ist die Helligkeit in $a = 1$, so ist sie in $b = \cos \alpha$ (s. o.). Für praktische Zwecke kann man allerdings für ein umliegendes kleines Flächenstück die Helligkeit als eine gleichförmige ansehen.

Es ist dabei vorausgesetzt, dass wir es mit einer matten Fläche zu thun haben und nicht etwa mit einer spiegelnden, denn letztere wird die Strahlen

regelmässig reflectiren, und wir sehen nicht so sehr die Fläche selbst als vielmehr das Spiegelbild der Lichtquelle hinter der Fläche. Die matte Fläche reflectirt das Licht vermöge ihrer rauhen Oberfläche nach allen möglichen Richtungen, sie entsendet, wie man sagt, diffuses Licht.

Bestimmung der Intensität von Lichtquellen von gleicher Farbe mit dem Benzinlicht. Man schiebt in das Photometer bei ab und a^1b^1 (Fig. 8) die beiden Platten No. 3 ein, so dass die zu messende Lichtquelle und die Messflamme um den gleichen Betrag geschwächt erscheinen, richtet den beweglichen Tubus auf die zu messende Lichtquelle und schiebt durch Drehung des Knopfes f (Fig. 7) die bewegliche Platte ab in dem festen Rohre hin und her, bis die beiden Hälften des Gesichtsfeldes genau gleich hell erscheinen. Vorher prüft man die Einstellung der Benzinflamme, die man möglichst auf 20 mm zu halten sucht. (Leider ist dazu ein öfteres Oeffnen des festen Tubus erforderlich, was äusserst unbequem ist. Ebenso hat man nach der Messung die Höhe der Flamme wieder genau zu prüfen.) Will man nun sofort die Helligkeit in Hefnerkerzen (s. p. 22) entnehmen, so wird der Versuch mit einer Hefnernormalkerze wiederholt, indem man dieselbe womöglich in derselben Entfernung wie die gemessene Flamme aufstellt. Dann verhalten sich die Helligkeiten umgekehrt wie die Quadrate der abgelesenen Zahlen an der Scala am Rohre d^2 (für Hefnerkerzen) und d_1^2 (für zu messende Flammen).

Der Bruch $\frac{d_1^2}{d^2}$ giebt dann unmittelbar die Helligkeit in Hefnerkerzen bei der angenommenen Entfernung E beider Flammen. Gewöhnlich reducirt man den Werth auf Meterkerzen, d. h. auf die Leuchtkraft, welche betreff. Lichtquelle in der Entfernung eines Meters ausüben würde. Das geschieht, indem man den Werth $\frac{d_1^2}{d^2}$ mit E^2 multipliziert.

Ist E z. B. 0,5 m, so würde die Helligkeit in 1 m 4mal geringer sein, d. h. $= (0,5)^2 = 0,25 \times \frac{d_1^2}{d^2}$.

Dieser Versuch gelingt nur, wenn die Lichtquelle nicht zu sehr verschieden von der Normalkerze ist.

Ist der Unterschied gross, ist z. B. die Lichtquelle erheblich stärker, so muss man sie weiter ab, z. B. auf die Entfernung E , die Hefnerkerze näher heran auf Entfernung e rücken. Dann ist der Bruch $\frac{d_1^2}{d^2}$ noch mit $\frac{E^2}{e^2}$ zu multiplizieren, um die Meterkerzen zu erhalten. Man kann aber auch von der Benzinflamme als Normalflamme ausgehen, wenn wir deren Helligkeit kennen. Dieselbe wechselt zwar etwas.

Bei unserm Instrument bestimmten wir sie zu 0,417 Hefnerlampe, indem wir die Entfernungen (D) der Hefnerlampe und der Milchglasscheibe ab (Fig. 8) an der Scala (d) maassen. Dann ergab sich die Benzinkerze als $\frac{d^2}{D^2}$. Doch dieser Werth ändert sich mit der Qualität des Benzins, noch mehr mit der Dicke der Scheibe n , die man in das bewegliche Rohr setzen muss, um äusserst starke Lichtquellen auf einen bequemen messbaren Grad herabzudämpfen, denn in den hohen und tiefen Zahlen der Scala (unter 80) arbeitet das Instrument nicht mehr mit der wünschenswerten Genauigkeit.

Hat man demnach $\frac{d^2}{D^2}$ wie oben bestimmt, so muss man bei Benutzung an-

derer Scheiben als 3 den Absorptionscoefficient dieser Scheiben bestimmen, d. h. die Lichtschwächung, welche sie ausüben. Man misst dann zweimal die Hefnerlampe durch Scheibe 3 und die neue Scheibe wie oben und bekommt dann den Werth $\frac{E^2}{E^1}$, welcher Bruch, falls Entfernung E der Hefnerlampe unverändert bleibt, die Lichtschwächung durch die neue Scheibe angiebt. Mit diesem Absorptionscoefficienten hat man den gefundenen Werth $\frac{d^2}{d_1^2}$ resp. $\frac{E^2}{e^2}$ zu dividiren.

Es wurde schon erwähnt, dass die Benzinflamme die Höhe von 20 mm haben muss. Aendert sich die Flammenhöhe während der Messung, so ist deshalb das Messresultat noch nicht unbrauchbar.

Weber fand nämlich durch zahlreiche Messungen mit der Benzinflamme, dass sich die Intensität i derselben mit der Flammenhöhe l innerhalb der Grenzen von 10 bis 40 mm nach der Formel $i = a + bl$ ändert, wobei a und b constante Grössen sind.

Es ist jedoch zu bemerken, dass die Regulirung der Flammenhöhe in der früher angegebenen Weise mit aller Schärfe vorgenommen werden kann, und dies wird auch erforderlichenfalls vor jeder Messung geschehen. Die Aenderung der Flammenhöhe während der Messung kann nur sehr gering sein und man kann eine diesbezügliche Correctur nach dem Vorschlage von Weber mit einer für praktische Zwecke vollkommen hinreichenden Genauigkeit in der Weise vornehmen, dass man, innerhalb des Intervalles von 19 bis 21 mm, für jedes Zehntel eines Millimeters oberhalb oder unterhalb der normalen Flammenhöhe das Messresultat um je 1% vermehrt oder vermindert.

Es bleibt nur noch die Frage zu beantworten übrig, woran man es erkennt, ob die zu messende Lichtquelle (wie es die eben beschriebene Messmethode voraussetzt) mit der Benzinflamme von gleicher Farbe ist oder nicht. Ist der Unterschied gross genug, so wird man ihn zunächst an den Lichtquellen unmittelbar erkennen. Sodann auch daran, dass das Gesichtsfeld in seinen beiden Hälften nicht nur verschiedene Helligkeit, sondern auch verschiedene Färbung zeigt, und zwar erscheint die eine Hälfte immer gelblich, die andere mehr weiss. Man wird auch, selbst wenn die Unterschiede in den Farben der beiden Lichtquellen nur sehr gering sind, durch Drehen des Knopfes f nie ein vollkommen gleichförmiges Gesichtsfeld erhalten. Werden überdies beim Ocularende farbige Gläser vorgeschoben, so wird man für die verschiedenen Farben verschiedene Einstellungen d erhalten.

Messung von Lichtquellen von ungleicher Farbe mit dem Benzinlicht.
Während die Vergleichung von Lichtintensitäten bei Lichtquellen von gleicher Farbe nach den optischen Grundsätzen (s. p. 2) in der geschilderten Weise durch Vergleichung von Flächenhelligkeiten ohne Weiteres und mit grosser Sicherheit durchführbar ist, stellen sich der Anwendung dieser Vergleichsmethode bei Lichtquellen von verschiedener Farbe erhebliche Schwierigkeiten entgegen. Flächen, welche durch verschieden gefärbte Lichtquellen beleuchtet werden, lassen sich entweder gar nicht, oder doch nur mit grosser Unsicherheit in Bezug auf gleiche Helligkeit beurtheilen. Der Helligkeitsunterschied solcher Flächen ist auch, wie Purkinjé gezeigt hat, wesentlich abhängig von den Lichtintensitäten selbst. Zwei durch verschiedenfarbiges Licht schwach beleuchtete Flächen, welche annähernd auf gleiche Helligkeit eingestellt werden, zeigen einen bedeutenden Helligkeitsunterschied, wenn die Intensitäten der beiden Licht-

quellen in demselben Verhältnisse vergrössert werden. Dies steht im Widerspruch mit den für gleichfarbige Lichtquellen aufgestellten Grundsätzen, nach denen zwei Flächen von gleicher Helligkeit bei Aenderung der Lichtintensitäten, sofern nur das Intensitätsverhältniss dasselbe bleibt, keinen Helligkeitsunterschied zeigen.

Auch die Grösse der beiden verschiedenfarbig beleuchteten Flächen ist von Einfluss auf die Beurtheilung ihres Helligkeitsunterschiedes.

Mit Rücksicht auf diese Umstände ist es also, strenge genommen, gar nicht möglich, das Licht etwa einer elektrischen Bogenlampe hinsichtlich der Flächenhelligkeit durch eine entsprechende Anzahl von Normalkerzen zu ersetzen, und dennoch werden in der Elektrotechnik Daten verlangt, welche angeben sollen, wie viele Normalkerzen einer Bogenlampe oder einer Glühlampe äquivalent sind. Wenn man im Stande wäre, die Energie der von den Lichtquellen emittirten sichtbaren Strahlen zu messen, so könnte jene Angabe mit Sicherheit gemacht werden, allein hinsichtlich der Flächenhelligkeit ist es nur annäherungsweise möglich, anzugeben, wie viele Normalkerzen an die Stelle der zu messenden Lichtquelle zu setzen sind, um in beiden Fällen auf einer gegebenen Fläche gleiche Helligkeit zu erzielen.

Man wird deshalb eine andere, praktisch ebenfalls wichtige Eigenschaft der Lichtquellen als Mittel zu ihrer Vergleichung wählen müssen, und zwar eine solche Eigenschaft, welche jene Vergleichung auch bei verschiedenfarbigen Lichtquellen mit verhältnissmässig geringerer Schwierigkeit gestattet, als dies nach der Methode der Flächenhelligkeiten möglich ist.

In dieser Hinsicht wurde schon von Dr. W. Siemens im Jahre 1877 und später von Dr. L. Weber (1883) die Vergleichung von Lichtquellen hinsichtlich ihres Beleuchtungswerthes, bezw. ihrer Beleuchtungskraft vorgeschlagen. Da diese Vergleichung immer mit der als Einheit angenommenen Normalkerze erfolgt, so soll also angegeben werden, wie viele Normalkerzen an die Stelle der zu untersuchenden Lichtquelle zu setzen wären, um irgend welche Objecte, wie Schriftzeichen, Liniensysteme u. dgl. in beiden Fällen gleich deutlich wahrnehmbar zu machen; oder allgemein, in welchem Verhältniss müsste die Intensität der einen der beiden zu vergleichenden Lichtquellen abgeändert werden, um jene Objecte (bei gleicher Entfernung) gleich deutlich erscheinen zu lassen.

Unter gegebenen Verhältnissen erscheinen sodann jene Objecte in einer gewissen Sehschärfe. Diese letztere ist abhängig von der Beleuchtungskraft B der Lichtquelle, von der Entfernung D derselben und von der materiellen Beschaffenheit des Zwischenmediums, durch welches die Fortpflanzung der Lichtstrahlen erfolgt. Sie ist aber auch eine physiologisch beeinflusste, somit von dem Auge des Beobachters abhängige Grösse. Da jedoch stets auf gleiche Sehschärfe eingestellt wird, so macht sich der physiologische Einfluss nicht so sehr bemerkbar.

Während also die Beleuchtungskraft von der Art und der Intensität der von der Lichtquelle ausgesendeten Strahlen abhängt, somit eine spezifische Eigenschaft der Lichtquelle ist, erscheint die Sehschärfe noch von äusseren Umständen abhängig, und man kann sagen, dass die Sehschärfe zu der Beleuchtungskraft in demselben Verhältnisse steht, wie die Flächenhelligkeit zur Lichtintensität, d. h. sie ist proportional der Beleuchtungskraft der Lichtquelle und umgekehrt proportional dem Quadrate ihres Abstandes von jener Fläche, wobei vorausgesetzt ist, dass jene Fläche in gleichem Abstände von dem Auge des

Beobachters bleibt, so zwar, dass die auf derselben befindlichen Objecte unter gleichem Gesichtswinkel erscheinen. Schon dadurch zeigt sich eine Verschiedenheit von der Flächenhelligkeit; sie zeigt aber auch, wie Macé de Lépinay durch Versuche nachgewiesen hat, ein anderes Verhalten bei zunehmender Lichtintensität, indem nämlich die Strahlen, welche brechbarer sind als die grünen die Beleuchtungskraft, somit auch die Sehschärfe nur wenig, dagegen die Flächenhelligkeit viel mehr vergrössern. Es kann also vorkommen, dass zwei von verschiedenfarbigen Lichtquellen beleuchtete Flächen, welche wie später beschrieben werden soll, auf gleiche Sehschärfe eingestellt wurden, abgesehen von ihrem Farbenunterschiede, auch noch eine merklich verschiedene Helligkeit zeigen.

Aus den Versuchen von Macé de Lépinay ergibt sich weiter, dass keine Proportionalität zwischen Beleuchtungskraft und Intensität einer Lichtquelle besteht. Wenn wir demnach das Verhältniss der Beleuchtungskräfte in der Form

$$\frac{B}{b} = K \frac{I}{i}$$

darstellen, so ist K kein constanter Proportionalitätsfactor, sondern ein physiologisch beeinflusster Coëfficient, welcher von den Lichtquellen hinsichtlich ihrer Intensitäten und ihrer Farbe abhängig ist.

Eine unmittelbare Vergleichung der Beleuchtungskraft einer beliebigen Lichtquelle mit derjenigen einer Benzinflamme (welche ihrerseits mit einer Normalflamme verglichen werden kann) soll mit dem Weber'schen Photometer in folgender Weise zu machen sein:

Es sind dem Instrumente zwei besondere Milchglasplatten beigegeben, welche photographisch fixirte feine Zeichnungen enthalten. Jedes dieser Photogramme ist 2 cm lang und 1 cm breit und enthält acht quadratische Felder, welche durch concentrische Kreise auf weissem Grund ausgefüllt sind. In jedem einzelnen Felde ist die Breite der Kreislinien gleich der Breite der Zwischenräume, in den aufeinanderfolgenden Feldern jedoch ist diese Breite immer kleiner und beträgt der Reihe nach:

Feld Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Breite der Kreislinien	2.75	2.50	2.25	2.00	1.75	1.50	1.25	1.00 mm

Diese beiden Platten werden nun in das Photometer eingesetzt, und zwar die eine in den fixen Tubus, die andere bei $a_1 b_1$ (Fig. 8) in den drehbaren Tubus. Die beiden Photogramme müssen nun dem Auge des Beobachters beim Ocularende C unter gleichem Gesichtswinkel erscheinen; da nun der Abstand der Platte $a_1 b_1$ im drehbaren Tubus nicht geändert werden kann, so muss zu diesem Behufe die Platte $a b$ im fixen Tubus bis zum Teilstrich 24.5 verschoben werden. In diesem Abstände von $r = 24.5$ cm von der Benzinflamme ist bei normaler Flammenhöhe die durchscheinende Helligkeit, nach den Messungen von Dr. L. Weber, gleich derjenigen einer mit Barytweiss bestrichenen Fläche, welche durch eine Spermaceti-Kerze im Abstände von 89 cm beleuchtet wird.

Bei dem bezeichneten Stande der Milchglasplatte im fixen Tubus soll nun der bewegliche Tubus auf die zu messende Lichtquelle gerichtet, und durch Verschiebung der Lichtquelle oder des Photometers der Abstand D der Lichtquelle von der Platte $a_1 b_1$ so lange abgeändert werden, bis beide in den zwei Hälften des Gesichtsfeldes erscheinenden Zeichnungen die gleiche Sehschärfe zeigen. Man beurtheilt dies in der Weise, dass man die aufeinanderfolgenden Felder (von dem ersten ausgehend) beobachtet und nachsieht, bis zu welchem

Felde die einzelnen Kreislinien noch gesondert und scharf wahrgenommen werden können. Wenn man auf beiden Seiten des Gesichtsfeldes (bei annähernd gleicher Beobachtungsdauer) zu gleich nummerirten Feldern gelangt, so kann man annehmen, dass beide Hälften von gleicher Schärfe sind. Diese Beobachtungsmethode hat ihr Missliches, was Weber selbst anerkennt, da sich die Sehschärfe keineswegs proportional der Helligkeit ändert (s. o. Macé de Lépinay). Weber hat statt dessen versucht, aus der Intensität der roten und grünen Strahlen, die er mass, indem er ein rotes und grünes Glas vor das Ocular des Instrumentes setzte, die Totalintensität des zu messenden Lichtes zu berechnen.

Macé de Lépinay zeigte, wie man das Verhältniss der Totalintensitäten verschiedenfarbiger Lichtquellen bestimmen kann, wenn man das Verhältniss Roth zu Grün der beiden misst. Weber hat dieses für Glühlicht durchgeführt. Spezielleres enthält die Gebrauchsanweisung, die dem Instrumente (fabrizirt von Schmidt & Haensch, Berlin, Stallschreiberstrasse 4) beigegeben ist. Für photographische Zwecke ist diese Methode insofern unbrauchbar, als für gewöhnliche Platten die blauen Strahlen es sind, welche für diese in Betracht kommen. Das Instrument gewinnt also erst dann an Wichtigkeit für photographische Zwecke, wenn man die blauen Strahlen misst (s. Anhang).

Messung des diffusen Lichtes. Diese ist für photographische Zwecke von besonderer Wichtigkeit. Wir geben die von Weber eingeschlagene Methode. Da die „indicirte“ Helligkeit einer Fläche abhängig ist von der Intensität der pro Flächeneinheit auffallenden Lichtstrahlen, ferner von dem Neigungswinkel derselben gegen jene Fläche (s. p. 2.), so folgt daraus unmittelbar, dass an den verschiedenen Stellen eines Raumes, welcher von einer oder mehreren Lichtquellen beleuchtet wird, im Allgemeinen verschiedene Helligkeiten herrschen werden. Sofern nur eine einzige Lichtquelle von geringer Ausdehnung (punktförmige Lichtquelle) in dem Raume vorhanden ist und die Wände kein Licht reflectiren, könnte die Helligkeit bei bekannter Intensität der Lichtquelle für die verschiedenen Stellen des Raumes nach den oben besprochenen Grundsätzen berechnet werden. Die Berechnung gestaltet sich complicirter, wenn mehrere solcher Lichtquellen im Raume vorhanden sind; sie wird schliesslich vollends unmöglich, wenn die Wände Licht reflectiren. In einem solchen Falle kann nur eine directe Messung Aufschluss geben und es wird auf die so gewonnenen Resultate von grossem Einflusse sein, ob die Wände spiegelnd oder matt sind. Im ersten Falle entsenden sie vorwiegend regelmässig reflectirtes, im letzteren diffuses Licht.

Die Messung selbst kann auch hier nur eine vergleichende sein, und es muss daher zunächst eine entsprechende Einheit gewählt werden. Als solche wurde von Dr. L. Weber die indicirte Helligkeit der Meterkerze vorgeschlagen, d. i. jene, welche durch eine Normalkerze im Abstände eines Meters bei senkrechter Incidenz der Strahlen hervorgerufen wird.

Um also die Helligkeit irgend einer Fläche zu charactersiren, geben wir an, wie viele Normalkerzen im Abstände eines Meters angebracht werden müssten, um eben dieselbe Helligkeit zu erzielen. Eine Angabe dieser Art wird jedoch nur dann gemacht werden können, wenn das Licht von gleicher Farbe ist mit dem Benzinlicht. Ist dies nicht der Fall, so werden sich dieselben Schwierigkeiten ergeben wie bei der Vergleichung von punktförmigen Lichtquellen verschiedener Farbe.

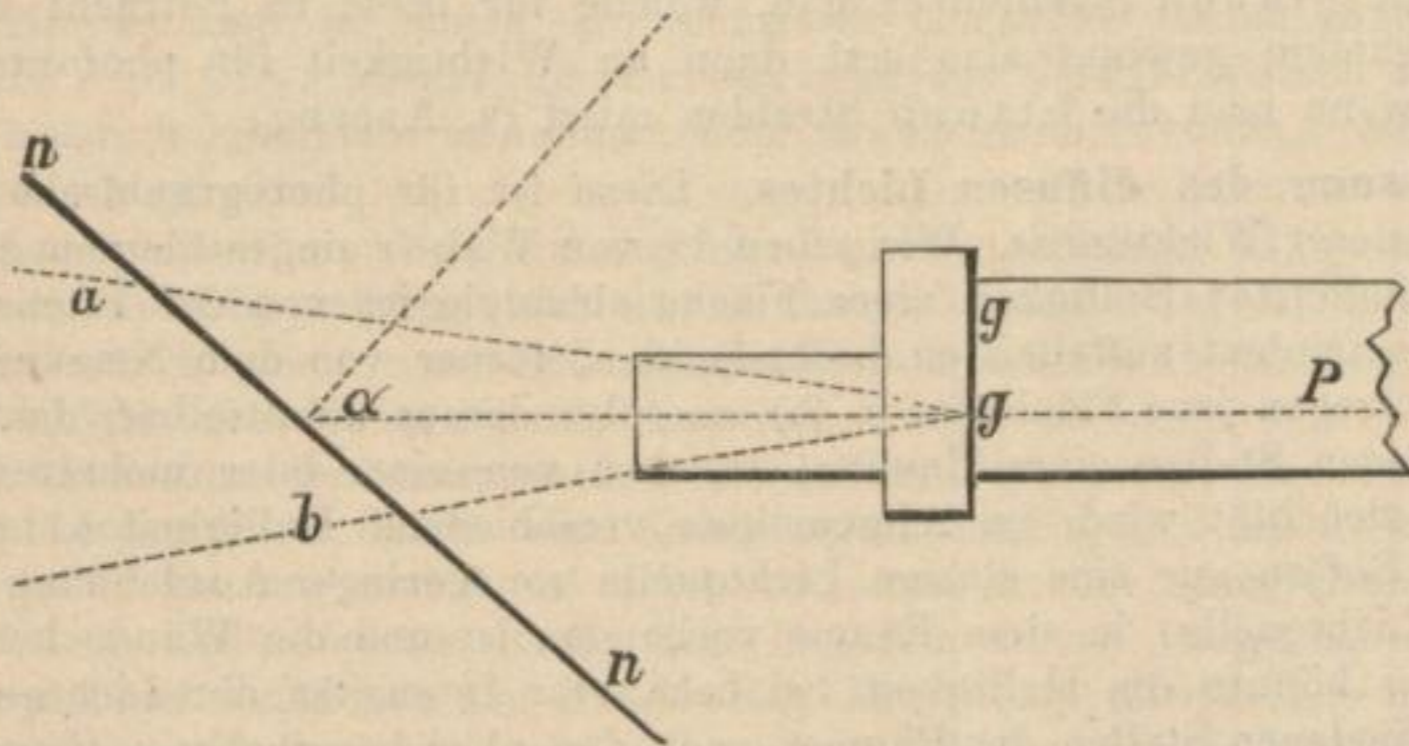
Solche Messungen sind von besonderer praktischer Bedeutung, und man wird auch für verschiedene Zwecke eine verschiedene Helligkeit, resp. verschiedene Sehschärfe beanspruchen.

Mit dem Weber'schen Photometer sind derlei Messungen in zweierlei Weise durchführbar.

1. Man benützt eine an einem Stativ befestigte matte weisse Milchglasplatte oder einen ebenso befestigten Schirm aus mattem weissen Cartonpapier nn (Fig. 10). Diese Platte, bzw. dieser Schirm wird nun an die betreffende Stelle des Raumes in die gewünschte Lage nn gebracht, und der mit Abblendungsrohr versehene, drehbare Tubus P darauf eingestellt.

Man ist hierbei unabhängig von der Entfernung des Photometers P von der Ebene nn , sowie von deren Neigungswinkel α mit der Achse des drehbaren Tubus P, da in allen diesen Fällen gleich viel Lichtstrahlen in das Abblendungsrohr gelangen. Das gilt jedoch nur dann, wenn die Fläche ausschliesslich diffuses Licht entsendet und nicht etwa auch (wie dies bei schwach glänzenden Flächen der Fall ist) regelmässig reflectirtes. Es ist ferner zu be-

Fig. 10.



rücksichtigen, dass bei einer zu grossen Entfernung 'des Photometers auch Strahlen von Punkten ausserhalb des Schirmes zur Milchglasplatte des drehbaren Tubus gelangen. Man wird also die Entfernung so wählen müssen, dass die Basis ab des Lichtkegels abg noch vollständig innerhalb der Schirmfläche liegt. Der Neigungswinkel α soll nach Dr. L. Weber nicht kleiner sein als 30° . Es ist ferner zu vermeiden, dass directes Licht von irgend einer Lichtquelle in den drehbaren Tubus gelange, und endlich ist darauf zu achten, dass nicht durch den Apparat oder durch den Beobachter die Beleuchtung des Schirmes modificirt wird. Man wird also bei der Aufstellung des Photometers auf alle diese Umstände Rücksicht nehmen müssen; hat man demnach ein von gelblichem Licht erhelltes Zimmer, dessen Helligkeit man mit der Benzinlampe in Weber's Photometer messen will, so denkt man sich den Schirm nn einer Anzahl Einheitskerzen gegenübergestellt in der Entfernung von 1 m. Hat sich dann beim Einstellen der Gleichheitspunkt bei 125 der Skala ergeben, so ist, wenn man mit J die Intensität des diffusen Lichts, mit i die Intensität der Benzinlampe bezeichnet, und in der Voraussetzung, dass die Milchglasscheibe No. 3 gleich der im festen Tubus befindlichen ist:

$$\frac{J}{(100)^2} = \frac{i}{(12,5)^2}, \text{ oder}$$

$$\frac{J}{10000} = \frac{i}{156,25},$$

wenn man die Entfernung in beiden Fällen in Centimetern ausdrückt, demnach

$$J = \frac{10000i}{156,25} = 64 \text{ Benzinkerzen.}$$

Bei ungleicher Farbe soll man nach Weber durch rothes, dann durch grünes Glas, die in die Okularöffnung eingeschaltet werden, messen. Es geht dabei nur der rothe und grüne Antheil beider Lichter (des zu messenden und des Benzinlichtes) durch das farbige Glas, dann wird das Intensitätsverhältniss für Roth mit einem (bereits charakterisirten) Coëfficienten k multiplicirt, welcher dem beobachteten Werte des Verhältnisses $\frac{J_g}{J_r} = \frac{d_r^2}{d_g^2}$ entspricht (s. Anhang).

Anwendung des Lummer-Brodhun'schen Prismas in Weber's Photometer.
Statt des einfachen Prismas h (Fig. 8) kann man auch ein Lummer-Brodhun'sches Prisma (Fig. 5) bei Weber's Photometer anwenden und dadurch die Genauigkeit merklich steigern. Jedoch ist dann die Beobachtung der Weber'schen Ringe bei Lummer's Prisma unmöglich. Näheres in der dem Weber'schen Photometer beigegebenen Gebrauchsanweisung. Natürlich ist die Bestimmung der Helligkeit des Tageslichts von ganz besonderem Werth.

Die Bestimmung derselben aus der Messung des rothen und grünen Antheils, hält Verfasser mit Rücksicht auf die ausserordentlichen Schwankungen, welchen dasselbe im Tageslichte unterliegt, nicht für sehr zuverlässig, zumal auch die angewendeten Roth- und Grünscheiben bei verschiedenen Instrumenten nicht übereinstimmen.

Weber sagt selbst in der „Meteorologischen Zeitschrift“ Dec. 1885: „Dagegen möge noch auf die Schwankungen des Verhältnisses Hg/Hr (Helligkeit des grünen Lichts Hg dividirt durch Helligkeit des rothen Lichts Hr) hingewiesen sein. Je grösser dieses Verhältniss ist, um so ärmer ist das auf's Photometer fallende Licht an rothen Strahlen. Die Werthe von Hg/Hr schwankten im December zwischen 2,62 und 4,64; im Januar zwischen 2,26 und 4,10; im Juni zwischen 2,27 und 4,07; im Juli zwischen 2,43 und 4,15. Die Monatsmittel hatten im Januar, Juni und Juli fast genau denselben Werth 3,106, 3,010, 3,052. Davon weicht der December mit 3,56 in Folge seiner sehr starken Bewölkung ab. Es geht nämlich aus den bisherigen Beobachtungen hervor, dass der Werth Hg/Hr für Tage von ungefähr gleicher Sonnenhöhe 1. abnimmt mit zunehmender Gesammthelligkeit; ferner 2. abnimmt mit abnehmender Bewölkung, und 3. abnimmt mit zunehmender Klarheit der Sonnenscheibe. Da nun im Allgemeinen das leichtere, seitlich von der Sonne stehende Gewölk die Helligkeit vermehrt, während die dickeren, vor die Sonne sich lagernden Wolken die Helligkeit (Hr) und die Klarheit der Sonnenscheibe vermindern, so weisen die 3 genannten Beziehungen gemeinsam darauf hin, dass eine Steigerung des Werthes Hg/Hr vorzugsweise durch dicke und vor die Sonne gelagerte Wolken eintritt.“ Weiteres im Anhang.

Optische Helligkeiten verschiedener Lichtquellen nach des Verfassers Messungen mit Weber's Photometer.

Eine Paraffinkerze =	Amylkerzen	0,9
Ein Petroleumrundbrenner von 15 mm Durchmesser		= 4,80
Sonnenbrenner mit 12 Dochten		= 13,64
Petroleumrundbrenner von 26 mm Durchmesser und Brandscheibe		= 12,45
Gasrundbrenner		= 16,93
Rackenius-Herculesbrenner ,		= 18,30
Schuster & Baer Reichslampe, klein		= 30,00
„ „ „ gross		= 51,00

Die hier als Einheit dienende Amylkerze wird im nächsten Kapit. beschrieben werden.

III. Optische Lichteinheiten.

Bei allen Lichtmessungen geht man nur von einer Lichteinheit aus. Als solche*) sind verschiedene Lichtquellen vorgeschlagen worden:

1. Die Wallrathkerze (englisch Standard Candle), welche bei 44,5 mm Flammenhöhe 7,77 g Wallrath verbraucht per Stunde. Leider

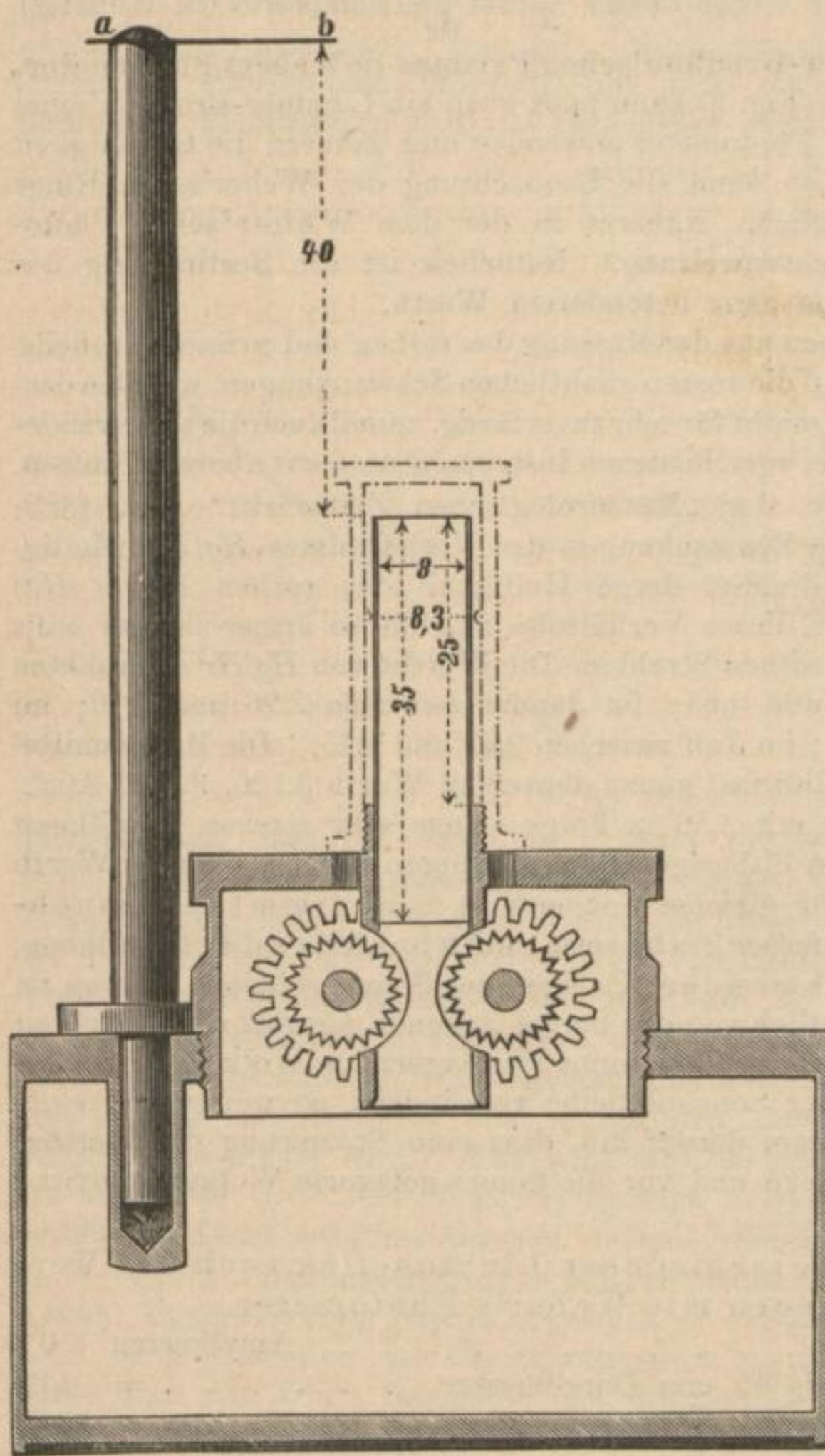
ist dieses Lichtmaass inconstant. Die Flammenhöhe schwankt bei Wallrathkerzen bis 20%, die mittleren Helligkeitsschwankungen betragen 3%. Bei Stearin und Paraffin ist die Schwankung noch grösser.

2. Die Carcellampe, eine Oellampe mit Uhrwerk, welche besonders in Frankreich beliebt ist und in einem Cylinder mit doppeltem Luftzuge brennt. Wir verweisen in Bezug auf diese Einheit, die 9,6 Wallrathkerzen englisch repräsentiren soll und deren Helligkeit ebenfalls zwischen 2 und 3% schwankt, auf Krüss, elektrische Photometrie, Wien 1886.

3. Die Hefner-Alteneck'sche Amylacetatlampe. Diese bildet eine frei brennende Flamme, welche aus dem Querschnitte eines massiven, mit Amylacetat gesättigten Dochtes aufsteigt, der ein kreis-

rundes Dochtröhrchen aus Neusilber von 8 mm innerem, 8,3 mm

Fig. 11.



*) Die Weber'sche Benzinkerze stellt ebenfalls solche Lichteinheit dar, wird aber jetzt allgemein auf Hefner-Amylacetatkerzen umgerechnet.

äusserem Durchmesser und 25 mm freistehender Länge vollkommen ausgefüllt, bei einer Flammenhöhe von 40 mm vom Rande des Dochröhrchens aus und wenigstens 10 Minuten nach dem Anzünden gemessen.*)

Eine Lampe, nach dieser Vorschrift hergestellt, ist in der beigedruckten Fig. 11 im Verticalschnitt originalgross abgebildet.

Die Flammenhöhe ist bezeichnet durch die Visirlinie über die beiden Kanten des Blechs *a b*. Sie wird eingestellt, indem man durch die Flammenspitze hindurch nach den von der Flamme hell beschienenen Kanten *ab* visirt und durch Drehen einer geränderten Scheibe die Flammenhöhe so regulirt, dass die Spitze des hellen Kernes der Flamme, welche etwa $\frac{1}{2}$ mm unter der äussersten Spitze eines nur halbleuchtenden, den Kern umgebenden Saumes auftritt, von unten her das Blech *a b* berührt. Die beiden der Flamme zugekehrten Kanten von *a b* werden blank gehalten.

Der Docht ist aus groben, weichen Baumwollfäden hergestellt und hat hinsichtlich seiner inneren Beschaffenheit nur den Bedingungen zu entsprechen, dass er das Dochröhrchen ganz und sicher ausfüllt und dass er den Brennstoff im Ueberschuss emporzusaugen im Stande ist. Aus diesem Grunde darf er nicht zu stark in das Dochröhrchen eingepresst sein. Es lassen diese Bedingungen einen ziemlich weiten Spielraum, innerhalb dessen die Beschaffenheit des Dochtes ganz gleichgiltig ist, zu. Man braucht in diesem Punkt darum nicht übermässig ängstlich zu sein, weil ein Versehen oder Fehler darin sich in einem Auf- und Abgehen der Flammenspitze anzeigt, also leicht erkannt und vermieden werden kann. — Man stellt den Docht am einfachsten her aus einzelnen Fäden, am besten von sogenannten Lunten- oder Dochtgarn, einem groben, sehr weichen Baumwollenvorgespinnt oder auch aus einer entsprechenden Anzahl gewöhnlicher dicker Baumwollfäden. — Die einzelnen Fäden werden ohne weitere Verflechtung oder Umstrickung zu einem Strange parallel zusammengelegt, bis zu einem Gesamtdurchmesser, welcher sich noch leicht bis zu dem Durchmesser des Dochröhrchens (8 mm) zusammendrücken lässt. Umstrickte, in der richtigen Stärke von vorneherein hergestellte Dochte kann man aber, wo solche zu bekommen sind, der grösseren Bequemlichkeit wegen ebenfalls verwenden. Dieselben folgen etwas sicherer der Drehung der gezahnten Rädchen beim Reguliren der Dochtstellung.

Das horizontal ebene Abschneiden des Dochtes bewerkstelligt man am besten in feuchtem Zustande desselben mittelst einer

*) Wie alle derartige Lampen (Petroleum u. s. w.) steigert auch diese ihre Intensität in der ersten Zeit des Brennens bis zu einem gewissen Maximum.

scharfen gebogenen Scheere, indem man den Docht etwas in die Höhe schraubt, die einzelnen Fäden ein wenig ausbreitet und sie einzeln so lange zuschneidet, bis nach wiederholtem Zurückziehen in die Ebene der Rohrmündung die Enden sämtlicher Fäden eine mit derselben zusammenfallende Ebene bilden.

Die Menge des in der Lampe enthaltenen Brennstoffes ist gleichgiltig, so lange nur der Docht mit allen seinen Fäden noch gut in dieselbe eintaucht.

Das Dochtröhrchen ist aus Neusilberblech hergestellt und bloss in die Lampe gut passend eingesteckt, so dass man es sowohl herumdrehen als auch auswechseln kann für den Fall einer Beschädigung. Beim Einsetzen desselben ist nur zu beachten, dass es fest unten auf dem betreffenden Aufsatz aufsteht, weil sonst das Flammenmaass unrichtig zeigen würde. Von Zeit zu Zeit ist das Dochtröhrchen von einem sich darauf absetzenden braunen, dickflüssigen Rückstande zu reinigen, was am besten geht, wenn das Röhrchen noch heiss ist. Weil kein Glascylinder mit kräftigem Luftstrome vorhanden ist, wie bei anderen Lampen, so hat die Flamme naturgemäss nur eine geringe Steifigkeit.

Die Leuchtkraft der Flamme ist selbstredend nur dann die normale, wenn die vorgeschriebene Flammenhöhe vorhanden ist. Um diese aber dauernd erzielen zu können, muss die Lampe in an und für sich vollkommen ruhig stehender Luft brennen.

Es ist auch zu bemerken, dass sich Bewegungen in der umgebenden Luft früher durch ein periodisches Auf- und Abgehen der Flammenspitze, als wie durch ein seitliches Ausbiegen der Flamme erkennbar machen.

Für genaueste Einstellung der Flammenhöhe soll die Lampe nicht nur absolut zugfrei, sondern auch vor jeder Erschütterung geschützt aufgestellt sein. Selbst die in einem Gebäude vorkommenden Erschütterungen zeigen sich an der Flamme durch ein geringes Auf- und Abtanzen der Spitze. Man wird anfänglich einige Schwierigkeiten darin finden, die Flamme ruhig und mit nicht auf- und abgehender Spitze zum Brennen zu bringen, und es sind deshalb die oben angeführten Vorschriften besonders sorgfältig zu beachten.

Die Luftlöcher, welche zu beiden Seiten des Dochtröhrchens angebracht sind, dürfen nicht verstopft sein.

Die Temperatur der umgebenden Luft ist nur von Einfluss auf die Dochtstellung und zwar in dem Sinne, dass eine höhere Lufttemperatur eine tiefere Stellung des Dochtes bei der gleichen Flammenhöhe bedingt.

Auf die Leuchtkraft der Flamme ist die Verschiedenheit der

Dochtstellung, bei welcher die constante Flammenhöhe eintritt, ohne bemerkbaren Einfluss.

Inwieweit der Luftdruck (Barometerstand) die Leuchtkraft beeinflusst, ist noch nicht festgestellt. Von sehr beträchtlichem Einflusse darauf ist aber der Grad der Reinheit der Luft und es soll der Beobachtungsraum womöglich nach jeder Messung frisch gelüftet werden.

Die Grösse der oben definirten Lichteinheit, verglichen mit einer bisher bestehenden, ist gleich der mittleren Leuchtkraft einer englischen Spermaceti-Normalkerze (wir fanden 1 Hefner = 1,1 Wallrathkerze).

Diese Hefner'sche Lichteinheit zeigt nach Liebenthal bedeutend geringere Schwankungen als die oben geschilderten (höchstens 1%), sie darf als die Beste der bisher eingeführten Lichteinheiten gelten.

Bei dem Electriciercongress in Paris 1884 fand sie freilich keinen Anklang, es wurde statt dessen von den Franzosen die Violle'sche Platineinheit durchgesetzt, d. h. das Licht, welches ein Quadratcentimeter schmelzenden Platins bei seinem Schmelzpunkte 1775° C. ausstrahlt, diese Einheit beträgt 18,5 englische Normalkerzen.*) Wir können diese Einheit, deren Herstellung im höchsten Grade unbequem (sie erfordert Knallgasofen etc.) und deren Constanz zweifelhaft ist, insofern als wir gar nicht in der Lage sind, die Schmelztemperatur des Platins genau zu treffen, nicht empfehlen. Siemens hat die Sache wesentlich vereinfacht, indem er die Helligkeit des durch den electrischen Strom geschmolzenen Platins als Einheit nahm. Neuerdings ist man aber selbst in Frankreich von der Platineinheit auf die Hefner'sche Lampe zurückgekommen.

Die Vorschläge aber, die Hefnerlampe durch einen Cylinder, welcher das Flackern hindert und bestimmte Stücke der Flamme abschneidet, zu schützen, müssen verworfen werden. Jeder Cylinder wirkt als Reflector und hindert die freie Verbreitung der Strahlen im Raum, auf welcher das Gesetz der Photometrie beruht.

IV. Weber's optische Definitionen.

In Schilling's Journal für Gasbeleuchtung 1888 giebt Weber nachfolgende Ausführung über die Begriffe Intensität, Helligkeit, indicirte Helligkeit, Meterkerze.

Abstrahirt man bei gegebener Lichtquelle von deren räumlicher Grösse und betrachtet sie vielmehr als eine punktförmige, so besitzt dieselbe nur die eine Eigenschaft der Intensität J . Man setzt J alsdann proportional der von dieser punktförmigen Lichtquelle ausgegebenen Lichtmenge. Dies führt unmittelbar zu dem photometrischen Grundgesetz in seiner einfachsten Form,

*) Nach Siemens nur 15 engl. Normalkerzen.

dass nämlich die von einer Lichtquelle J auf ein im Abstände r senkrecht beleuchtetes Flächenstück f entsandte Lichtmenge q ist:

$$\begin{array}{c} J \\ * \end{array} \xrightarrow[r]{f} \begin{array}{c} | \\ \rightarrow \\ q \end{array} \quad q = \frac{J \cdot f}{r^2} \dots \dots \dots 1)$$

Nimmt man weiter auch auf die Flächenausdehnung der Lichtquelle Rücksicht, so ist die ausgesandte Lichtmenge überhaupt zu unterscheiden von der pro Flächeneinheit ausgesandten Menge. Dies führt zu dem Begriff der Lambert'schen claritas visa oder der Flächenhelligkeit H . Man erhält die einfachste Definition dieser Grösse H , wenn man von einem Flächenstück F der Lichtquelle in dem Abstände r ein anderes Flächenstück f beleuchtet und die auf letzteres bei senkrechter Emanation und Incidenz gesandte Lichtmenge q setzt:

$$\begin{array}{c} F \\ H \end{array} \xrightarrow[r]{f} \begin{array}{c} | \\ \rightarrow \\ q \end{array} \quad q = \frac{H \cdot F \cdot f}{r^2} \dots \dots \dots 2)$$

H ist hier derjenige Grenzwert, welchem die Gleichung bei sehr grossem r genügt. Endlich gelangt man zu dem Begriff der indicirten Helligkeit h eines Flächenstückes f , indem man die von beliebig gegebenen Lichtquellen auf dasselbe gesandte Lichtmenge q durch den Flächeninhalt f dividirt, also

$$h = \frac{q}{f} \dots \dots \dots 3)$$

Durch diese Gleichungen 1) 2) 3) sind die vier in denselben vorkommenden Grössenarten Lichtmenge (q), Intensität (J), Helligkeit (H), indicirte Helligkeit (h) in der Weise mit einander verbunden, dass, wenn für eine derselben eine willkürliche Maasseinheit gesetzt wird, damit auch für die anderen die Einheiten gegeben sind, sobald die Flächen- und Längengrössen (F, f, r) in den üblichen Einheiten ausgedrückt werden.

Beispielsweise sei die Einheit für J willkürlich festgesetzt. Dann ist die gesammte Lichtmenge, welche von einer als punktförmig betrachteten Lichtquelle J ausgesandt wird, gleich der Lichtmenge Q , welche auf die gesammte Innenfläche einer um J herumgelegten Kugelfläche fällt. Diese ist nach Gleichung 1)

$$Q = \frac{J \cdot 4\pi r^2}{r^2} = 4\pi J \dots \dots \dots 4)$$

Es ist ferner die Helligkeit H derjenigen leuchtenden Fläche, von welcher das Stück F ein sehr entferntes Flächenstück f ebenso hell beleuchtet, wie die Lichtquelle J in derselben Entfernung, zufolge der Gleichung 1) und 2)

$$H = \frac{J}{F} \dots \dots \dots 5)$$

Endlich ist die indicirte Helligkeit desjenigen Flächenstückes, welches von gegebenen Lichtquellen die gleiche Lichtmenge wie von einer im senkrechten Abstände r befindlichen punktförmigen Lichtquelle J erhält, zufolge 1) und 3)

$$h = \frac{J}{r^2} \dots \dots \dots 6)$$

Nimmt man hierin als Einheit für F das Quadratcentimeter und als Einheit für r das Meter, so folgt weiter aus 5):

1. Die Helligkeit derjenigen selbstleuchtenden Fläche ist gleich Eins zu setzen, von welcher ein herausgeschnittenes Flächenstück von 1 qcm entfernte Gegenstände ebenso beleuchtet wie die Einheit der punktförmigen Lichtquelle

in derselben Entfernung. Dies ist also die zu der willkürlich gewählten Einheit punktförmiger Lichtquellen zugehörige Einheit der Flächenhelligkeit.

Es folgt weiter aus 6):

2. Die indicirte Helligkeit derjenigen Fläche ist gleich Eins zu setzen, welche von gegebenen Lichtquellen eine ebenso grosse Lichtmenge erhält wie von der Einheit punktförmiger Lichtquellen in dem Abstände eines Meters und bei senkrechter Incidenz.

Für diese der Einheit punktförmiger Lichtquellen zugehörige Einheit der indicirten Helligkeit hat sich bereits die Bezeichnung der „Meterkerze“ in weiteren Kreisen eingebürgert.

Ein greifbarer principieller Unterschied tritt zwischen der Platineinheit und der Kerze hervor. Die erstere giebt uns gleichzeitig die Intensitätseinheit in dem aus der Blendung eines Quadratcentimeters ausstrahlenden Licht und die Helligkeitseinheit in der reell vorhandenen Flächenhelligkeit des Platins. Bei der letzteren ist zunächst nur die Intensitätseinheit gegeben und die zugehörige Helligkeitseinheit ist eine daraus erst zu abstrahirende, welche im Allgemeinen gänzlich verschieden ist von der wirklichen Flächenhelligkeit der Kerzenflamme. Bei der Amylacetat-Kerze z. B. beträgt die Flächengrösse des verticalen Meridionalschnittes 2,27 qcm. Die mittlere Helligkeit der Flamme ist daher $2\frac{1}{4}$ mal so gering als diejenige Helligkeitseinheit, welche dieser Kerze entspricht. Man hätte sich die Kerzenflamme bei gleicher Intensität auf eine $2\frac{1}{4}$ mal so kleine Fläche concentrirt zu denken, um sich ein Bild von der Helligkeitseinheit zu machen.

Was ferner die Anpassung der Helligkeitseinheit an die zu messenden Grössenordnungen der Helligkeiten betrifft, so tritt hier eine Inconvenienz hervor, welche bei Intensitätsmessungen punktförmiger Lichtquellen nicht in solchem Maasse vorhanden ist. Bei den letzteren sind nämlich die in der Praxis zumeist gemessenen Lichtquellen ihrer Grössenordnung nach nicht übermässig verschieden von der Einheit. Man gelangt hier wohl in einzelnen Ausnahmefällen, wie z. B. bei starken elektrischen Bogenlichtern zu dem tausend und zehntausendfachen Werthe der Einheit, und die Intensität der Sonne würde sogar im Vergleiche mit einer auf 1 m Abstand gestellten punktförmigen Lichtquelle durch das 100 000 fache der Einheit auszudrücken sein. In den weitaus meisten Fällen der photometrischen Praxis handelt es sich um Vergleichung von Lichtquellen, die etwa um das zehn- oder 100 fache von der Einheit verschieden sind. Anders verhält es sich bei Ausmessung von Helligkeiten, deren Stufenleiter eine sehr viel ausgedehntere und mannigfaltigere ist. Als zwei Extreme könnten die Helligkeit der Sonnenscheibe und die Helligkeit einer eben noch sichtbaren Fläche gegenüber gestellt werden.

Nach der aus der Amylacetat-Kerze abgeleiteten Einheit der Flächenhelligkeit würde die Helligkeit des schmelzenden Platins etwa durch die Zahl 20,7, diejenige der Sonnenscheibe etwa durch 160 000 auszudrücken sein. Dagegen wird die Helligkeit der Kerzenflamme selber schon durch einen Bruch, 0,4, diejenige des Himmels etwa durch 0,1—1,0, die Helligkeit eines weissen Papiers, auf dem wir noch gerade lesen können, durch 0,00006 und diejenige einer eben sichtbaren Fläche gar durch einen Decimalbruch mit sechs vorausgehenden Nullen wiedergegeben werden.

Hält man also an der von Hefner-Alteneck'schen Amylacetat-Kerze fest, so wäre als Einheit für Flächenhelligkeit die Helligkeit derjenigen selbstleuchtenden Fläche anzuwenden,

von welcher 1 qcm in senkrechter Richtung dieselbe Lichtmenge emittirt, wie die Amylacetatkerze.

Allgemeinere Einführung hat diese Weber'sche Einheit bis jetzt noch nicht gefunden.

V. Helligkeiten von durchgelassenem und reflektirtem Licht bei verschiedenen Substanzen.

Beobachtungen des Verfassers. Die Bestimmungen der Helligkeiten erfolgte durch Bunsen's Fettfleckphotometer. Die nachfolgenden Zahlen sind das Mittel aus zahlreichen Versuchen. Die Stärke des ursprünglichen Lichts ist gleich 1 gesetzt.

	Stärke des durchgelassenen Lichts
Photographisches Rohpapier (8 kg)	0,200
Dünnes Kupferdruckpapier	0,158
Grobe Mattscheibe	0,160
Feine Mattscheibe	0,875

Papierschirme als Reflektoren von 12 Zoll*) Quadrat qq wurden

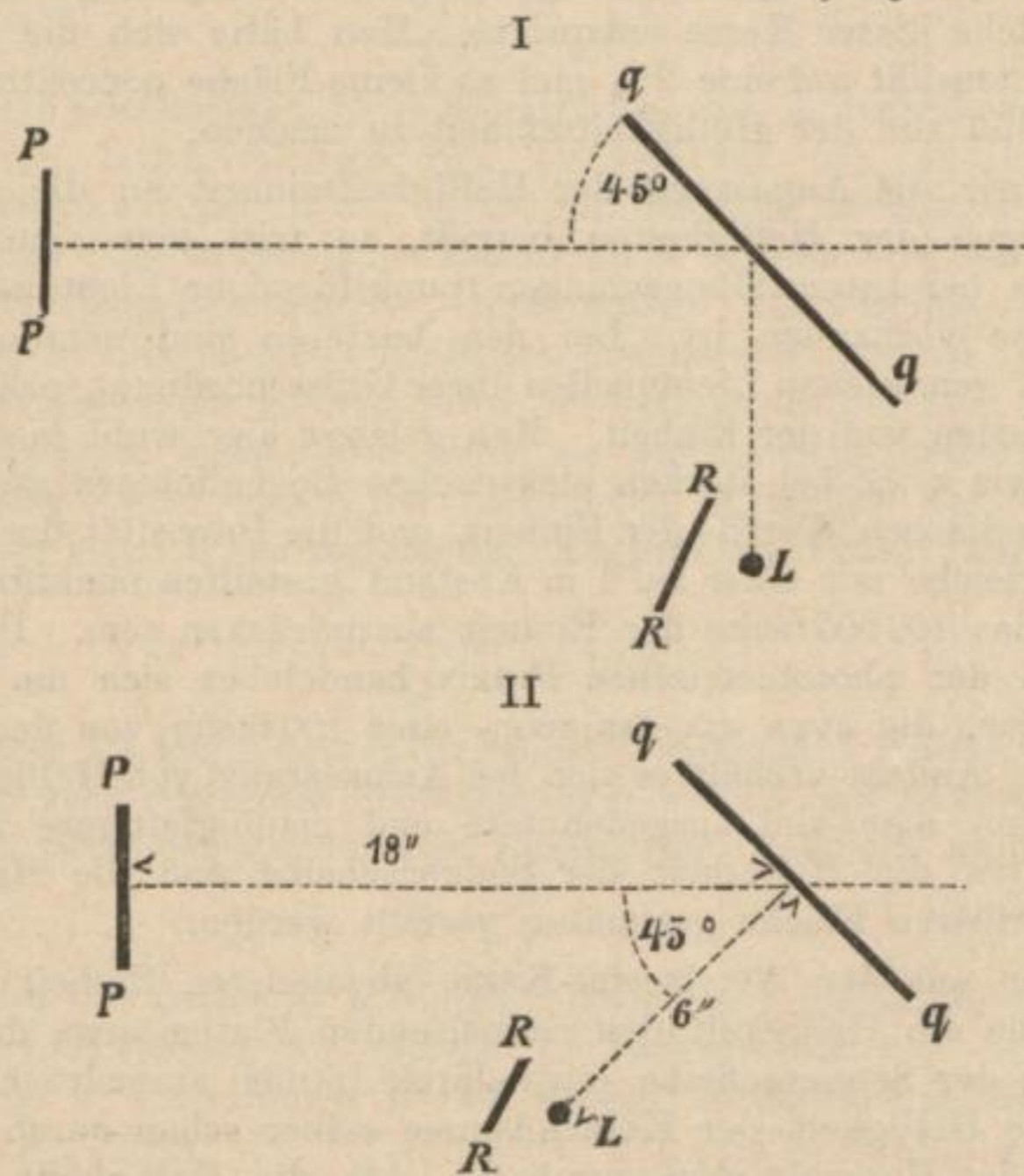


Fig. 12.

den Photometerschirmen PP in 18 Zoll Entfernung gegenüber gestellt und mit einer 6 Zoll entfernten Petroleumlampe L beleuchtet und zwar in den Stellungen I u. II (Fig. 12). Die Helligkeit der Petroleum-

*) Der Photometermassstab war in Zoll getheilt.

lampe (ohne qq) in 24 Zoll Entfernung wurde gemessen und gleich 1 gesetzt. Undurchsichtige Schirme RR hielten das direkte Licht der Lampe vom Fettfleck ab.

Die Lichtstärke des Schirmes qq betrug bei Stellung I = 0,4
 " " " II = 0,2

Stand die Lampe 6 Zoll resp. 12 Zoll vom Schirme qq ab, so verhielten sich die Helligkeiten nicht wie 1:4, sondern wie 1:3,25.

Ein cylindrischer Papierschirm vom Radius 6 Zoll zeigt von dem in seinem Centrum aufgestellten Licht der Stärke 1 (bei Verdeckung des Lichts durch einen kleinen schwarzen Schirm) die Helligkeit 1,08.

Diese Beispiele zeigen, wie erheblich Reflektorschirme auf die Helligkeit wirken.

Selbst ein Bogen weissen Papieres zwischen Fettfleck und Lichtquelle ausgebreitet, erhöht die Helligkeit um 10%.

Ein Quecksilberspiegel SS (Fig. 13) von 12 Zoll Quadrat wurde in 12 Zoll Entfernung dem Photometer P unter 45° Neigung gegenübergestellt und mit der Lampe L in 6 Zoll Entfernung in der Stellung I und II beleuchtet.

Setzte man die Helligkeit des Lichts in 18 Zoll Entfernung gleich 1, so betrug die Helligkeit des reflektirten in Stellung I = 0,85, in Stellung II = 0,55.

Eine Generatorlampe G (Fig. 14) wurde mit ihrem Spiegelbilde g (mittels Weberphotometer P) verglichen. Das Verhältniss der Lichtstärken ergab sich im Mittel bei einem Versuch wie 100:193, bei einem zweiten Versuch wie 100:183. Der Unterschied erklärt sich aus Aenderung des Gasdrucks. Winkel der beiden Richtungen des Photometers P und $P^1 = 30^\circ$.

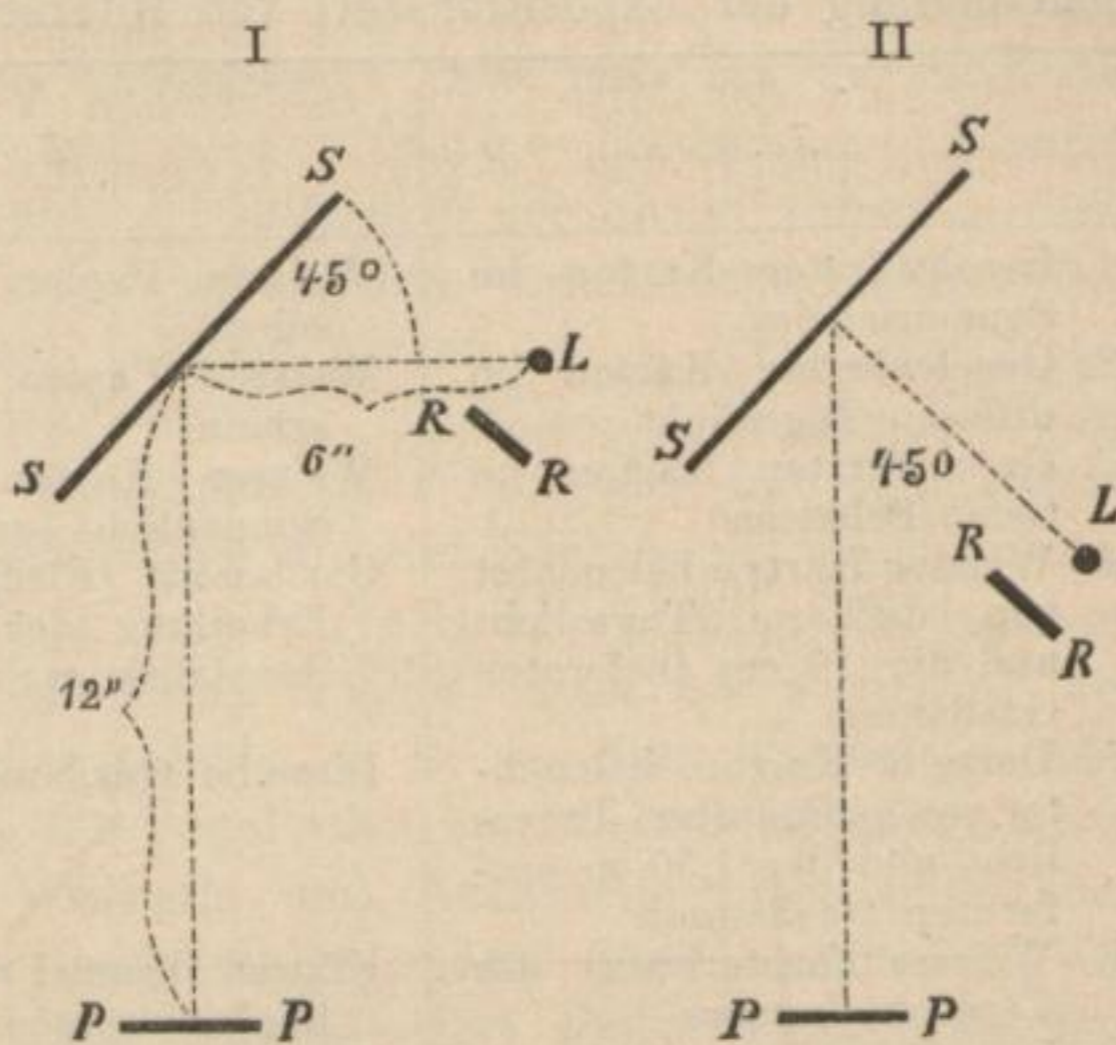


Fig. 13.

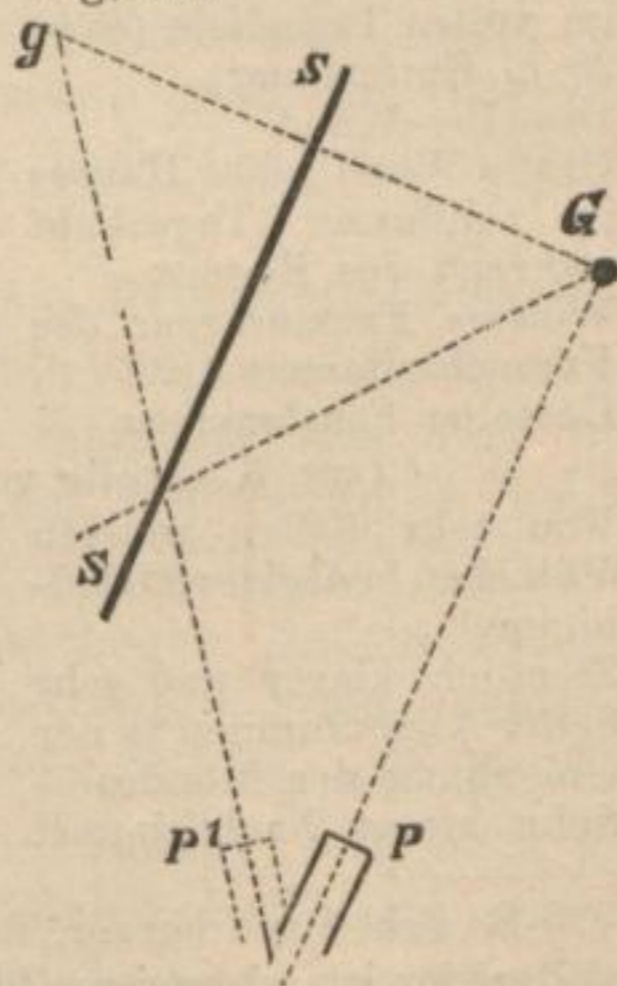


Fig. 14.

Die gedachten Zahlen zeigen, welche erhebliche Rolle der Einfallswinkel spielt.

Verhältniss der Helligkeiten verschiedener leuchtender und beleuchteter Körper nach A. Kirschmann. Derselbe gibt in Wundt's Studien (VII, 1891) das Verhältniss der Intensitäten J und J_1 zweier leuchtender resp. beleuchteter Körper (Photogr. Mitth. XXIX, S. 207), und seine Aufstellung ist für die Beurtheilung von Helligkeiten behufs Beurtheilung der Expositionszeit von Interesse*).

J	J_1	$J:J_1$
1. Geschwärzter Karton im Sonnenschein	Weisses Papier im Sonnenschein	1 : 52
2. Geschwärzter Karton im diffusen Tageslicht	Weisses Papier im Sonnenschein	1 : 600
3. Geschwärzter Karton im tiefen Schatten	Weisser Karton im hellen Sonnenlicht (unter 60° einf.)	1 : 3700
4. Weisser Karton beleuchtet von diffusem Tageslicht und der 10 cm entfernten Gasflamme	Gasflamme (Flachbrenner zur Erhellung der Scala eines Spektroskops)	1 : 85
5. Derselbe Karton, beleuchtet von gedämpftem Tageslicht und der 1,50 m entfernten Gasflamme	Dieselbe Gasflamme	1 : 1600
6. Weisses Fensterkreuz des Versuchszimmers	Klarer Himmel (blau, daher Beobachtung erschwert)	1 : 410
7. Dasselbe	Weisse Wolken	1 : 670
8. Graue Wand eines Hauses im vollen Tageslicht (etwa 25 m Entfernung)	Heller Himmel	1 : 50
9. Dieselbe Wand	Weisse Wolke	1 : 145
10. Graue Wand eines Hauses im diffusen Tageslicht während des Regens	Trüber gleichmässig bedeckter Himmel während des Regens	1 : 24
11. Weisses Fensterkreuz des Versuchszimmers	Trüber Himmel während des Regens	1 : 423
12. Dasselbe Fensterkreuz (zur Kontrolle von Nr. 10 und 11)	Die graue Wand von Nr. 10	1 : 23
13. Von sehr hellen weissen Wölkchen bedeckter Abendhimmel	Vollmondscheibe	1 : 340
14. Ziemlich klarer und sehr heller Abendhimmel in der Umgebung des Mondes	Vollmondscheibe	1 : 1240
15. Sehr klarer Nachthimmel	Hochstehender Mond	1 : 4800

*) So geht aus 1 hervor, dass geschwärzter Carton bei gleicher Beleuchtung 52mal dunkler ist, als weisses Papier. Nimmt man an, dass geschwärzter Carton dem schwarzen Tuch entspricht, das Papier der weissen Wäsche, so folgt daraus, dass man bei Portraitaufnahmen auf den schwarzen Rock 52mal so lange exponiren müsste, als auf die weisse Wäsche. Da das nicht angeht, so wird natürlich die weisse Wäsche stets überexponirt.

Weitere Tabellen über optische Helligkeiten werden im Anhang gegeben werden. Ueber chemische Helligkeiten resp. photographische Helligkeiten ist in den folgenden Kapiteln die Rede.

VI. Die photographischen Photometer resp. Sensitometer.

Mit den beschriebenen Photometern kann man nur die Intensität der Wirkung des Lichts auf unser Auge bestimmen. Hiervon wesentlich verschieden ist aber die Intensität der chemischen Lichtwirkung. Wir werden später sehen, dass verschiedene Lichtquellen, die auf unser Auge höchst intensiv wirken, d. h. eine sehr grosse Helligkeit besitzen, dennoch nur eine schwache chemische Wirkung äussern und umgekehrt. Man kann daher aus der mit dem Photometer bestimmten Helligkeit keinen directen Schluss auf die chemische resp. photographische Wirkung verschiedener Lichtquellen machen.

Bereits im ersten Theil dieses Buches haben wir wiederholt der photographischen Photometer gedacht, z. B. des Bunsen'schen (p. 34), des Becquerel'schen (p. 24), des Vogel'schen (p. 94), des Warnerke'schen (p. 16) und haben ihre Vortheile und Nachtheile nicht unerwähnt gelassen. Es bleiben uns noch einige andere Constructionen zu beschreiben übrig, die als mehr optische dort nicht erwähnt wurden. Die Möglichkeit, aus Augenbeobachtungen direct die photographische Helligkeit genau abzuleiten, wie es Bunsen durchführte, kann nicht mehr als zulässig erachtet werden. Wir wissen jetzt mit Sicherheit, dass die Farbenhelligkeit der Atmosphäre nach bis jetzt nicht bekannten Gesetzen wechselt (s. u.).

Was wir demnach durch gewöhnliche Photometerbeobachtung photographisch gewinnen, sind höchstens Annäherungen an die Wahrheit. Diese sind für alle Fälle höchst schätzbar; man darf sie aber nicht als absolute Wahrheiten hinstellen. Für den Photographen handelt es sich nun praktisch um die Bestimmung der Helligkeit des aufzunehmenden Gegenstandes. Diese kann geschehen, indem man die Helligkeit des Raumes bestimmt, in welchem sich der aufzunehmende Gegenstand befindet. Hieraus kann man einen Schluss auf die Dauer der nöthigen Belichtung machen. Freilich kommen hier noch ganz andere Factoren in Betracht. Bei ganz gleicher Helligkeit erfordert ein altes gebräuntes Oelgemälde eine mehr als vier- bis zehnmal so lange Exposition als ein in frischen Farben gemaltes, dieses wieder die doppelte oder dreifache Zeit als ein Aquarell. Nun wird die gegebene Helligkeit aber durch das angewendete Objectiv und dessen Blenden

vermindert, bei halb so grosser Blende ist die Exposition viermal so lang, bei ein Drittel so grosser neunmal so lang (s. a. über Albedo).

Geübte Praktiker pflegen daher zur Beurtheilung der Expositionszeit die Helligkeit des fix und fertig auf der matten Scheibe eingestellten Bildes zu taxiren.

Ducoudun's und Goerz's Photometer. Um diese Schätzung zu erleichtern, hat man wiederum besondere Instrumente erfunden, so die Photometer von Ducoudun, Goerz etc., welche direct zur Bestimmung der Helligkeit eines Bildes auf der matten Scheibe angewendet werden.

Man griff auf eine alte Idee von Lampadius (1816) zurück, der die Helligkeit eines Lichtes dadurch bestimmte, dass er dasselbe durch eine Röhre betrachtete und so lange Hornscheiben gleicher Dichtigkeit in dasselbe einschob, bis der Lichteindruck verschwand. Je intensiver das Licht, desto mehr Hornscheiben waren nöthig. Ducoudun und Goerz wendeten das Princip zur Bestimmung der Helligkeit eines Bildes an, indem sie eine kreisförmige Scala in einem uhrförmigen Gehäuse unterbrachten.

Diese Scala besteht aus Papiersectoren, welche über einander gelegt sind.

Fig. 15.

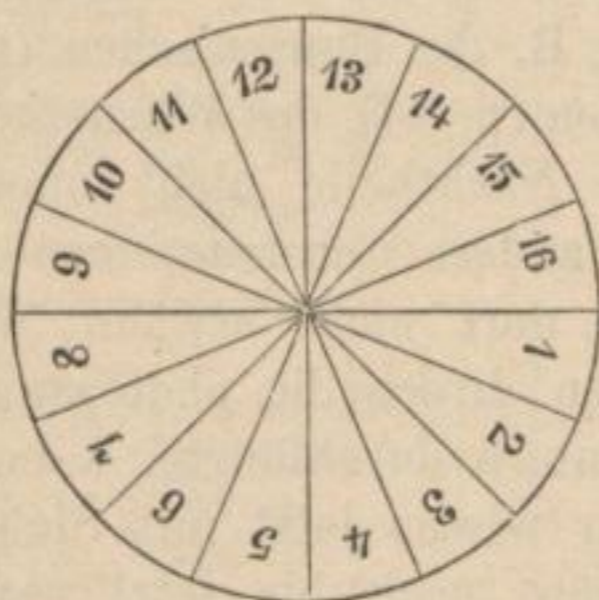


Fig. 16.



Sektor 1 (Fig. 15) enthält eine Lage, Sector 2 deren zwei, u. s. f. Die Scheibe kann durch den Knopf in der Mitte gedacht und dadurch die Papiersectoren nach einander in dem (in Fig. 16) oben befindlichen Ausschnitt sichtbar gemacht werden.

Nachdem die Camera auf das zu photographirende Object eingestellt ist, hält man den Expositionsmesser unter dem Kopftuch gegen die matte Scheibe, oder, was noch bequemer ist, man hängt ihn vermittelst einer an dem Ring befestigten Schnur vor derselben auf, bedeckt den Kopf und die Camera wie gewöhnlich mit dem schwarzen Tuche und dreht den vorher auf die Oeffnung gestellten Zeiger so lange nach rechts herum, bis zwar die grosse Oeffnung noch etwas Licht durchscheinen lässt, die kleineren aber nicht mehr. Alsdann giebt der Zeiger die Expositionszeit direct in Minuten resp. Secunden an.

(Man beobachtet das Instrument am besten aus einem Abstände von ca. 25 cm, dem Maasse der deutlichen Sehweite.)

Im Falle bei Anwendung der kleinsten Blende selbst die grosse Oeffnung des Instrumentes kein Licht durchscheinen lässt, was z. B. bei Aufnahme von Interieurs vorkommen kann, so wendet man das Instrument erst mit einer

grösseren Blende an und verlängert die Expositionszeit bei Anwendung der kleineren Blende um soviel, als diese lichtschwächer als jene ist. (Bekanntlich muss man 4 mal länger exponiren, wenn die Blendenöffnung die Hälfte, 9 mal länger, wenn die Blendenöffnung ein Drittel von der grösseren beträgt u. s. w., s. jedoch p. 69).

Umgekehrt wird man z. B. bei Momentaufnahmen etc., wo sich die Gegenstände sehr hell auf der Visirscheibe zeigen, erst mit einer kleineren Blende die Expositionszeit messen und dann umgekehrt wie oben auf die grössere Oeffnung der zu benutzenden Blende Rücksicht nehmen.

Man richtet das Instrument stets auf denjenigen Gegenstand, welcher bei der Aufnahme am wichtigsten ist.

Befinden sich auf dem aufzunehmenden Bilde Gegenstände, welche sehr verschieden beleuchtet, oder von sehr verschiedener Farbe sind, so stellt man das Instrument erst auf den einen, dann auf den anderen ein und nimmt dann das Mittel der gefundenen Expositionszeit.

Bei Landschafts-Aufnahmen darf man das Instrument nie auf den Himmel einstellen, vorausgesetzt, dass man nicht beabsichtigt Wolken zu photographiren.

Die Zeitangaben gelten für Trockenplatten von gewöhnlicher Empfindlichkeit (18° Warnerke), für sehr empfindliche Platten ist jedoch nur $\frac{2}{3}$, und für hochempfindliche Platten $\frac{1}{2}$ der gefundenen Zeit zu nehmen.

Treue hat diesem Photometer eine vereinfachte Form gegeben; er nahm eine lange Photometerscala ähnlich der Vogel'schen (s. u.). Diese wird verschiebbar in ein Pappröhrchen eingesetzt, welches man gegen die matte Scheibe hält. Die Scala wird dann parallel mit der Scheibe so lange verschoben bis der Lichteindruck verschwindet.

Nun sind, wie Dr. Michalke sehr richtig erklärt, gegen die Zuverlässigkeit des Ducoudun'schen Photometers verschiedene Bedenken erhoben worden: 1. Das Auge, durch das Tageslicht geblendet, hat keine sichere Abschätzung. 2. Die Graduirung des Apparates ist unrichtig. 3. Der Apparat giebt die optische, nicht die chemische Helligkeit. Michalke sagt:

„Was den ersten Vorwurf anlangt, so wird man sich hiergegen durch längere Uebung und Einstellung des Apparates unmittelbar nach der Einstellung der Mattscheibe unter dem Dunkeltuche schützen können. Der Apparat ist an die Mattscheibe möglichst anzulehnen.“

„Die Graduirung kann vom Amateur selbst vorgenommen werden. Man stellt bei bestimmter Sonnenhöhe etwa 45° (wenn ein Gegenstand und sein Schatten gleich gross sind) mit bestimmter Blende auf eine Strichzeichnung, Zeitungsblatt oder Aehnliches, ein und notirt die Stellung, bei welcher die transparenten Punkte des Photometers eben verschwinden. Am Schieber der Cassette macht man sich etwa centimeterweise Marken und zieht nach Einbringen der Cassette den Schieber in bestimmten Zeitintervallen centimeterweise heraus, so dass man auf der Platte Streifen von verschiedener Expositionszeit erhält. Letztere wähle man so, dass der mittlere Streifen die abgeschätzte Expositionszeit zeigt, der erste sicher unter-, der letzte sicher überexponirt ist. Schätzt man z. B. 30 Secunden, so nehme man die Expositionszeiten 5, 8, 13, 20, **30**, 45, 67, 100, 150 Secunden, so dass immer die folgende Expositionszeit um 50% höher ist, als die vorhergehende. Man öffnet hierbei den Schieber zunächst $150-100 = 50$ Secunden, bei weiterem Herausziehen $100-67 = 33$ Secunden u. s. f. Bei der Entwicklung wird ein Streifen die richtige Expositionszeit angeben, welche an der vorher bestimmten Stellung des Photometers bemerkt wird. Es wird so genügen, für 3—4 verschiedene Helligkeiten

Marken am Photometer anzubringen. Für die zwischenliegenden Helligkeiten können die Marken am Photometer bestimmt werden, indem man durch Aenderung der Blenden auf der Mattscheibe verschiedene Helligkeiten erzeugt, deren Verhältniss umgekehrt proportional den Blendenöffnungen*) ist.“

Diese Graduirung des Apparates würde jedoch nur für eine bestimmte Sonnenhöhe gelten. Bei Aenderung der Sonnenhöhe ändert sich die actinische Wirkung in bedeutend stärkerem Maasse als die optische. Ueber die Absorptionsfähigkeit der Luft für actinische Strahlen sind noch wenige Messungen gemacht worden. Bei senkrechter Incidenz der Sonne verschluckt die Atmosphäre von den rothen Strahlen etwa 0,20, von den gelben 0,22, von den grünen 0,30, von den blauen 0,36. Durch Extrapolation würde man finden für ultraviolette Strahlen 0,45.

Hieraus kann man die Wirkung der Sonnenstrahlen für die einzelnen Farben bei verschiedenem Sonnenstande berechnen.

Sonnenhöhe	Roth	Gelb	Grün	Blau	Violett	Ultraviolett
10°	1	1	1	1	1	1
20°	1,88	2,02	2,75	3,80	4,26	5,44
30°	2,31	2,54	3,82	5,73	6,82	9,44
40°	2,55	2,84	4,39	6,99	8,55	12,33
50°	2,70	3,02	4,90	7,82	9,73	14,33
60°	2,80	3,14	5,17	8,46	10,51	15,68
70°	2,85	3,21	5,33	8,70	11,00	16,59
80°	2,88	3,25	5,43	8,90	11,28	17,00
90°	2,89	3,26	5,45	8,96	11,37	17,19

In dieser Tabelle ist die Wirkung der Sonnenstrahlen für die einzelnen Sonnenhöhen berechnet, indem die Wirkung bei 10° gleich 1 gesetzt wurde. Man sieht, dass während die gelbe Strahlung bei 60° Sonnenhöhe um das 3fache zunimmt, die ultraviolette Strahlung um beinahe das 16fache zunimmt. Da die gelbe Strahlung wesentlich die optische, die ultraviolette namentlich die actinische Helligkeit bedingt, so ist die actinische Wirkung des Sonnenlichtes bei 60° im Verhältniss zur optischen Wirkung 5mal grösser. Würde man daher die optische Helligkeit als Maass zur Beurtheilung der Expositionszeit (indem man die Helligkeit des Bildes auf der Mattscheibe schätzt oder mit Ducoudun'schem Photometer einstellt) wählen, so würde man bei 60° eine um das 5fache zu grosse Zeit exponiren, wenn man bei 10° die richtige Expositionszeit trifft.

Diese Verhältnisse gelten für einen heiteren Tag. An trüben, bewölkten Tagen nimmt mit zunehmender Bewölkung das Verhältniss der actinischen zur optischen Wirkung noch zu,**) so dass an solchen Tagen die Expositionszeit relativ noch kürzer angenommen werden kann, als das Ducoudun'sche Photometer anzeigt. Ebenso ist auch auf hohen Bergen das Licht verhältnissmässig mehr actinisch als in der Ebene.

Ausserdem kommt die Färbung der Objecte noch in Betracht, indem z. B. grün gefärbte Objecte kürzere Expositionszeit erfordern als roth gefärbte.

*) Dass die Expositionszeit bei geringeren Helligkeiten grösser sein muss, als die Rechnung ergiebt, kommt hierbei nicht so sehr in Betracht, da es sich nur um Einschaltung von Zwischengliedern handelt.

***) L. Weber, Intensitätsmessungen des diffusen Tageslichtes. Meteorol. Zeitschr. 1885, pag. 454. S. a. p. 21.

Nicht so sehr in's Gewicht fällt noch der Umstand, dass das Gesetz nicht so streng gilt, wonach bei halber Helligkeit die doppelte Expositionszeit erforderlich ist. Die letztere muss bei geringeren Helligkeiten vergrößert werden. Dieser Fehler kann durch oben beschriebene Graduirung beseitigt werden.

Hiernach scheint es, als ob das Ducoudun'sche Photometer für photographische Zwecke unbrauchbar wäre. Unter Berücksichtigung obiger Umstände ist der so einfache und handliche Apparat wohl im Stande, vor Ueberresp. Unterexposition zu schützen. In der den betreffenden Apparaten beigegebenen Tabelle ist obigen Uebelständen dadurch Rechnung zu tragen versucht worden, indem für geringe Helligkeiten unverhältnissmässig hohe Expositionszeiten angegeben wurden, worauf früher schon durch Herrn Prof. Weber aufmerksam gemacht worden ist. Hierbei wurde wohl hauptsächlich von der Voraussetzung ausgegangen, dass eine Verminderung der Helligkeit zumeist durch niederen Sonnenstand veranlasst wurde, wodurch wegen der relativ geringeren actinischen Wirkung die Expositionszeit vergrößert werden muss.

Neben der Helligkeitsbestimmung ist es nun die Bestimmung der Empfindlichkeit von Platten und die Bestimmung der Copirzeit bei Herstellung positiver Copien, welche zur Construction besonderer Photometer geführt haben (Warnerke und Vogel).

Wir können hier, da wir den Umfang dieses Werkes nicht zu weit ausdehnen möchten, nicht alle Constructionen beschreiben, sondern beschränken uns auf die wesentlichsten, hauptsächlich auf die in der Wissenschaft oder Technik wirklich versuchten.

Diese Photometer theilen wir ein in:

1. Rein chemische, bei welchen die chemische Wirkung des Lichtes durch das Quantum chemisch erzeugter resp. zersetzter Substanz gemessen wird.

a) **Bunsen's Chlorknallgasphotometer.** Dieses ist schon im ersten Bande beschrieben. Es hat zu den umfangreichsten photochemischen Helligkeitsmessungen geführt, deren Resultate heute noch von Interesse sind; es ist aber leider so schwierig zu gebrauchen, dass an eine allgemeine Einführung des Instrumentes nicht gedacht werden kann (s. Bd. I p. 33).

b) Ferner gehört hierher **Eder's Quecksilberchloridphotometer** s. Bd. I p. 232.

c) **Marchand's und Monckhoven's Oxalsäurephotometer** (s. Bd. I p. 51, 324), dessen Mängel a. a. O. geschildert sind.

2. Photometer, die sich auf die directe Färbung photographischer Papiere im Lichte gründen.

Diese setzen voraus, dass einer bestimmten Färbung eine bestimmte Lichtintensität entspricht und dass die Belichtungsdauer, welche nöthig ist, eine bestimmte Färbung zu erreichen, der Helligkeit umgekehrt proportional ist (Reciprocitätsgesetz).

Dieses Reciprocitätsgesetz hat man bis in die neueste Zeit für den positiven und negativen Process als richtig angenommen. Diese Richtigkeit dürfte auch noch für die directen Färbungen durch das Licht, welche sich ohne Entwicklung einstellen, aufrecht zu erhalten sein, nicht aber für die indirecten (durch die Hervorrufung veranlassten) Färbungen, bei welchen noch secundäre Prozesse mitspielen (s. u.).

a) **Bunsen-Roscoe's Pendelphotometer.** Dasselbe gründet sich auf die Farbenveränderung, welche photographisch präparirtes Papier in chemisch wirksamem Licht erfährt.

Badet man ein Stück mit Kochsalz getränktes, photographisches Rohpapier in Silberlösung und trocknet es, so erhält man ein chlor-silber- und hollensteinhaltiges lichtempfindliches Präparat, welches im Lichte sich anfangs violett, dann blauviolett, endlich braun und broncefarben färbt.

Je intensiver das Licht chemisch wirkt, desto schneller färbt sich ein solches empfindliches Papier dunkel, und Bunsen und Roscoe wiesen nun nach, dass bei einem Papier von gewisser Präparation die Zeit, welche nöthig ist, eine ganz bestimmte Färbung hervorzubringen, der chemischen Lichtstärke genau umgekehrt proportional ist. Darauf gründete sich ihr chemisches Photometer.

Dieses Photometer besteht aus einem lichtempfindlichen Papier von constanter Empfindlichkeit, welches folgendermaassen hergestellt wird:

300 g chemisch reines Kochsalz werden in 10 l Wasser gelöst und in einen grossen Zinkblechkasten gegossen. In diese Lösung taucht man photographisches Rohpapier vollständig unter, bewegt hin und her, um die Luftblasen zu entfernen und lässt es fünf Minuten in der Flüssigkeit, dann wird es vertical herabhängend getrocknet. Die Bogen können so monatelang aufbewahrt werden. Die angewendete Flüssigkeitsmenge reicht zur Präparation von 70 Bogen von 30 qcm hin. Behufs der Sensibilisirung schneidet man die Bogen in vier Theile und lässt sie auf einem Bade, das 12% Silber enthält, 2 Minuten schwimmen. 1 l Silberbad reicht hin zur Sensibilisirung von 125 Bogen. Das gesilberte Papier lässt man an der Luft trocknen und bewahrt es im Dunkeln auf. Es hält sich unverändert 24 Stunden.

Ein so vorbereitetes Papier zeigt immer die gleiche Lichtempfindlichkeit, wie Bunsen und Roscoe durch eine Reihe höchst sorgfältiger Versuche feststellten (s. Poggendorff's Annalen Bd. 117, p. 529). Bunsen und Roscoe fanden 1. dass die Empfindlichkeit

des Papiers dieselbe bleibt, wenn auch die Stärke des Silberbades von 12 auf 8% sinkt, 2. dass ein Gehalt des Bades an salpetersaurem Natron der Empfindlichkeit keinen Eintrag thut, 3. dass mit dem Salzgehalt des Papiers seine Empfindlichkeit steigt, 4. dass die Dicke des Papiers ohne Einfluss auf seine Empfindlichkeit ist.

Von diesem Papier wurden Streifen geschnitten und diese verschiedene Zeit dem zu messenden Lichte ausgesetzt, bis dieselben eine ganz bestimmte bräunliche Färbung erreicht hatten.

Diese Färbung wurde durch Vergleichung mit einer Normalchwärze festgestellt, welche man folgendermaassen bereitet: Man lässt eine Terpentinöllampe unter einer mit Wasser gefüllten kalten Porzellanschale brennen, glüht den abgesetzten Russ in einem Platintiegel 5 Minuten lang, mischt ihn kalt mit 1000 Mal so viel chemisch reinem, 5 Minuten lang geglühtem Zinkoxyd und fügt Wasser, dem $\frac{8}{1000}$ Hausenblase zugesetzt ist, als Bindemittel zu, reibt das Ganze auf einem Reibstein 1 Stunde, trocknet es im Wasserbade, reibt es abermals und wiederholt diese Operation noch zweimal. (Es ist diese Wiederholung nöthig, weil das Präparat anfangs bei fortgesetztem Reiben dunkler wird.) Mit dieser Schwärze bestreicht man einen Papierstreifen möglichst dick und gleichmässig und benutzt diesen zur Vergleichung mit dem im Licht gebräunten Papier. Um nun das empfindliche Papier kürzere oder längere Zeit exponiren zu können, benutzten Bunsen und Roscoe ein einfaches Instrument. Sie brachten einen empfindlichen Papierstreifen in einen Kasten mit dünnem Deckel, an welchen das Papier fest angedrückt wurde. In dem Deckel befand sich ein Schlitz, der durch ein geschwärztes Glimmerblatt verdeckt war; dieses Glimmerblatt konnte mit Hülfe eines Sekundenpendels von dem Schlitz weggezogen und wieder aufgeschoben werden.

Liess man das Pendel nur einmal schwingen, so war das äusserste Ende des Streifens offenbar 1 Secunde exponirt, die folgenden Theile weniger und um so kürzer, je näher sie dem Anfangspunkt der Exposition lagen. Aus ihrer Stellung ergab sich leicht die Expositionszeit jedes einzelnen Theiles des Streifens. Dieser zeigte nach solchem Versuche eine sich allmählich verlaufende, abnehmende Färbung.

Um nun den Punkt der Normalfärbung zu bestimmen, wurden die belichteten Streifen ins Dunkle gebracht und hier bei dem Licht einer durch Kochsalz gelb gefärbten, nicht chemisch wirkenden Flamme eines Bunsen'schen Brenners betrachtet.

Man klebt zu dem Behufe den belichteten Streifen auf ein Brettchen und führt eine Holzscheibe darüber hinweg, in deren Mitte

ein schmales Loch, 5—6 mm weit, geschnitten ist und halb mit einem Stückchen des mit Zinkweissruss geschwärzten Normalpapiers angefüllt ist. Man sieht durch dieses Loch nur ein kleines Feld des Streifens auf einmal, ohne dass das Auge durch die Färbung der benachbarten Theile gestört wird. Man schiebt nun das Brettchen so lange hin und her, bis man die dem Normalpapier gleiche Färbung gefunden hat. Um dies zu erleichtern, concentrirt man das gelbe Licht auf die Oeffnung des Brettchens mittels einer Sammellinse. Man findet so sehr genau die Stelle der Normalfärbung und aus der Lage derselben auf dem Streifen die Zeit der Belichtung. Bunsen nennt nun diejenige Lichtintensität, welche in einer Secunde die Normalfärbung hervorbringt, die Lichteinheit. Je länger die Belichtung gedauert hat, die zur Erzielung der Normalfärbung nöthig war, desto schwächer ist die Lichtstärke. Waren z. B. 5 Secunden nöthig, so ist die Lichtstärke nur $\frac{1}{5}$ der Lichteinheit, waren $\frac{3}{4}$ Secunden nöthig, so ist die Lichtstärke 1 getheilt durch $\frac{3}{4} = \frac{4}{3}$.

Man erhält demnach die Lichtstärke, wenn man mit der Belichtungsdauer in 1 dividirt.

Roscoe hat die Methode der Bestimmung erheblich vereinfacht, indem er einen breiten Streifen des angegebenen Normalpapiers im Pendelapparat belichtete und dadurch einen abgetönten Streif erhielt, den er fixirte und wusch. Die Farbe dieser Streifen ändert sich im Laufe der Zeit, sie verbleichen innerhalb der ersten 6—8 Wochen, bleiben dann aber Monate lang unverändert. Diese Streifen, welche an der einen Seite dunkel, an der andern hell sind, werden graduirt, indem man sie zunächst mit einem frisch unter dem Pendelphotometer belichteten unfixirten Streif vergleicht. Man bestimmt in dem fixirten Streifen die Stellen, welche mit gewissen Stellen des unfixirten Streifs gleiche Helligkeit haben.

Nun kennt man das Verhältniss der Lichtintensitäten, welche nöthig sind, um auf den unfixirten Streifen die gegebenen Schwärzungen hervorzubringen. Man kann demnach, wenn man den fixirten Streifen in Millimeter theilt, die Lichtintensität, welche nöthig ist, um die an jedem Theilstrich correspondirende Färbung hervorzubringen, leicht bestimmen und eine Tabelle entwerfen, welche für alle Stellen des betreffenden Streifens gültig ist.

Will man mit Hülfe eines solchen Streifens die Lichtintensität in einer gegebenen Zeit bestimmen, so belichtet man einen Normalpapierstreif (s. o.) einige Secunden, bestimmt alsdann bei Natronlicht, welche Stelle des fixirten Streifs gleiche Dunkelheit mit der des Vergleichsstreifs hat. Aus diesem ergibt sich die Lichtintensität mit Hülfe der Tabelle (s. Poggendorff's Ann. 124, 353).

Mängel des Bunsen-Roscoe'schen Pendelphotometers. Ein Uebelstand ist bei dem Bunsen-Roscoe'schen Papierphotometer, dass dasselbe wesentlich violett bis ultraviolett empfindlich ist und dass durch dasselbe demnach nur die Intensität der ultravioletten resp. violetten Strahlen gemessen werden. Diese haben nur Werth für Albuminpapier, Chlorsilbergelatine resp. Collodiumpapier, welche für jene Strahlen hauptsächlich empfindlich sind.

b) **Scalenphotometer. Vogel's Chrompapierphotometer.** Dieses Instrument ist bereits im 1. Theil dieses Buches p. 94 eingehend beschrieben worden. An Stelle des wenig haltbaren Silberpapier wird bei demselben das zwei Tage haltbare Chrompapier verwendet. Das Photometer hat weniger zur Bestimmung von Lichtintensitäten, als zur Bestimmung der Copirdauer beim Pigmentdruck*) und verschiedenen photographischen Pressendruckverfahren Verwendung gefunden. Dass man es aber auch mit Vortheil zu wirklichen Beobachtungen der chemischen Lichtintensität benutzen kann, beweisen die Beobachtungen Marktanners, Turneretschers (s. Bd. I p. 173).

Bei Vogel's Photometer wird das Papier nicht direct dem Lichte ausgesetzt, sondern unter einer terrassenförmigen Scala. Das Ablesen der Photometergrade geschieht beim Licht einer hellbrennenden Lampe mit Augenschirm (!). Die Angaben lauten hier bei verschiedenen Beobachtern sehr übereinstimmend. Soll das Instrument zu Helligkeitsbestimmungen angewendet werden, so benutzt man die Tabelle Anhang Bd. I, die wir hier noch einmal reproduciren:

Zahl der Papierlagen	Verhältniss- zahlen der Lichtstärken**)	Zahl der Papierlagen	Verhältniss- zahlen der Lichtstärken
1	1,27	16	44,89
2	1,61	17	57,01
4	2,59	18	72,51
6	4,17	19	92,08
8	6,70	20	117,50
10	10,84	21	149,22
11	13,86	22	189,17
12	17,38	23	239,7
13	22,11	24	300,7
14	27,88	25	381,9
15	35,45		

*) Siehe H. W. Vogel: Das Pigmentverfahren, Berlin, bei Oppenheim 1892.

***) D. h. der Lichtmengen, die auf die verschiedenen Schichten fallen müssen, um unter denselben in gleicher Zeit die gleiche Wirkung hervorzu-
bringen, wie freies Licht ohne Zwischenlagen.

Die zweite Colonne giebt die Helligkeit in Zahlen an, welche auf das Photometer fallen muss, um unter den angegebenen Papierlagen den Lichteindruck 1 hervorzubringen. Man hat wiederholt empfohlen, Silberpapier (statt Chrompapier) bei diesem Photometer in Anwendung zu bringen, weil solches intensivere Zahlen gebe, das ist jedoch ein Irrthum. Silberpapier färbt sich nur bei längerer Belichtung intensiver als Chrompapier. Bei kürzerer Belichtung ist die Färbung eher schwächer. Silberpapier bedarf einer etwa 4 mal so langen Belichtung, um auf denselben Grad zu steigen als Chrompapier, d. h. es ist 4 mal weniger empfindlich. Gelatinirtes Chrompapier ist erheblich empfindlicher als chromirtes Rohpapier.

Lässt man das Instrument mit dem belichteten Papier einen halben Tag liegen, so tritt eine Nachwirkung ein, d. h. es werden dann höhere Grade sichtbar.*) Dass die Grade nicht im arithmetischen, sondern geometrischen Verhältniss steigen, ist bereits Bd. I, p. 96 ausgeführt worden.

Hierher gehört auch die **Copiruhr Eernande** (s. Anhang).

c) **Watkins' Expositionsmesser zur Bestimmung der Belichtungszeit in der Camera.** Watkins in England construirte in neuerer Zeit einen Expositionsmesser, welcher auf Anwendung von Bromsilberpapier beruht und in England eine beschränkte Anwendung gefunden zu haben scheint. Prof. Dr. Witt hat das Instrument mit Erfolg versucht. Es besteht aus einem kleinen, ungefähr 6 cm

Fig. 17.



langen und 3 cm Durchmesser zählenden Messingcylinder, in welchem ein Streifen von empfindlichem Bromsilberpapier**) durch eine Oeffnung so lange belichtet wird, bis seine Dunkelheit mit der des umgebenden Randes übereinstimmt. Nun befinden sich aussen am Cylinder noch eine Anzahl von Messingringen, welche mit A, P, S und D bezeichnet sind (s. Figur 17) und durch deren Einstellung in der unten angegebenen Weise die Belichtungszeit gefunden wird.

Vier Bedingungen oder Factoren müssen in Betracht gezogen werden, und jeder dieser Factoren muss eine Zahl oder einen Werth erhalten; diese sind:

- A. Die actinische Kraft des Lichtes, welches das Object beleuchtet;
- P. Die Lichtempfindlichkeit der Platte;
- S. die Farbe und das Aussehen des Gegenstandes;
- D. Das Diaphragma oder die Blende des Objectivs, welche benutzt wird.

(Ein fünfter Factor F, der verlängerte Focus der Camera, kommt nur beim Copiren in Betracht oder bei Vergrößerungen etc., braucht daher bei gewöhnlichen Aufnahmen nicht berücksichtigt zu werden.)

*) Siehe Vogel, Pigmentverfahren. Berlin, bei Oppenheim, p. 19.

**) Siehe p. 44.

Das Instrument besteht aus einem einfachen Actinometer, um das Licht zu messen, einem Kettenpendel, um Secunden und halbe Secunden zu zählen (um sowohl die Actinometer-, als auch die Camera-Exposition zu messen) und aus vier beweglichen Kreisen, welche Zeiger mit A, P, S und D führen, die, wenn sie auf jene Nummern gestellt werden, welche die entsprechenden Werthe jedes Factors repräsentiren und einen fünften Zeiger E veranlassen, die correcte Belichtungsdauer anzuzeigen.

Gebrauchsanweisung. Die Mittel, um die genauen Werthe der Factoren P, S und D zu bestimmen, werden unten angegeben werden.

Um den Werth von A zu prüfen, öffnet man den Deckel der Pendelbüchse und lässt denselben schwingen; dann hält man das Vordertheil des Actinometers gegen das Licht, sowie es auf den Gegenstand fällt, zieht unter dem gefärbten Glase einen frischen Streifen des empfindlichen Papiers hervor und beginnt zur selben Zeit zu zählen: „Null“, und setzt dann fort zu zählen: „Eins, zwei etc.“ mit den Pendelschwingungen (indem man einen Hin- und Hergang des Pendels für Secunden zählt): die Zahl der Secunden, welche das Papier braucht, um sich zu färben, und zwar bis zu dem Grade der Normalfarbe, ist die Actinometernummer A.

Bei sehr gutem Lichte ist es angezeigt, halbe Secunden zu zählen, indem man den Hin- und Hergang der Pendelschwingung für eins, zwei zählt; diese Zahl halbirt, ist dann die Actinometernummer A.

Um nun die Belichtungsdauer hieraus zu berechnen, legt man den Deckel auf die Pendelbüchse und legt alle beweglichen Kreise nach links bis zu ihrem Nullpunkt, wobei das Instrument mit den Fingern der rechten Hand horizontal gehalten und der Daumen auf den Zeiger A gelegt wird. Dann dreht man das doppelt geprägte Obertheil des Pendel-Endes mit der linken Hand, bis der Zeiger A auf die gefundene Actinometernummer zeigt. Dann schiebt man den Daumen der rechten Hand zurück zum Zeiger E und dreht das Instrument, bis P die correcte Plattennummer anzeigt. Dann wird derselbe Vorgang in gleicher Folge mit den Zeigern S (für Gegenstandsnummer) und D (für die Blende) wiederholt, wobei man Sorge trägt, dass die Kreise, welche schon gestellt sind, nicht verschoben werden, und dann giebt der Zeiger E die richtige Expositionsdauer in Secunden oder deren Bruchtheilen an.

Wenn die Belichtung weniger als eine Stunde beträgt, wird E weniger als eine Umdrehung machen und wird dann eine Zahl anzeigen, die so viele Tausendstel Secunden angiebt (z. B. 200 giebt $\frac{200}{1000}$ oder $\frac{1}{5}$ Secunde an). Wenn aber E 900 überschreitet, zeigen die Zahlen Secunden an.

Die Zeiger müssen in der angegebenen Ordnung bewegt werden, und ferner müssen auch immer alle vier Zeiger bewegt werden.

Werth der Factoren. Factor A, das Licht, welches auf den mindest beleuchteten Theil des Gegenstandes fällt, in welchem noch Details vorhanden sein müssen, ist derjenige, welcher bestimmt werden muss.

Beispiele. Für Ansichten unter Bäumen oder in schattigen Gassen exponirt man das Actinometer auf den Schatten der Bäume. Bei sonnigen Gebäuden, welche halb im Schatten liegen, exponirt man das Actinometer auf den Schatten derselben oder vielleicht auf den Schatten des eigenen Körpers.

Für sonnenbeleuchtete Landschaften oder Gebäude, welche keinen breiten Schatten besitzen, exponirt man das Actinometer auf die beleuchteten Stellen.

Innenräume. Hierbei exponirt man das Actinometer auf die schlechtest beleuchtete Stelle des Raumes, nicht ausserhalb der Thüre; hier braucht man aber nicht die Lichtprobe abzuwarten (siehe unten).

Factor P. Im Folgenden sind annähernd die Nummern angegeben, welche die Empfindlichkeit der verschiedenen Platten bedeuten; dieselbe hängt aber theils von der Gattung des Entwicklers ab, theils von der Art des Negatives, welches man benöthigt; es ist daher wichtig, um sicher zu gehen, Probeplatten zu exponiren, um verlässlichere Nummern zu erhalten, welche nicht erst für diese oder jene Gattung Platten gewechselt werden müssen (ausgenommen das Fabrikat variirt).

Die Empfindlichkeit der Platten in Warnerke-Nummern, welche von den Fabrikanten angegeben werden, ist nicht immer verlässlich, aber als oberflächlicher Anhaltspunkt können die folgenden Daten zu Rathe gezogen werden.

Warnerke-Sensitometer No. 14	kann gleich sein	P 3
"	"	P 5
"	"	P 8
"	"	P 10
"	"	P 13
"	"	P 17
"	"	P 21
"	"	P 24
"	"	P 27
"	"	P 31
"	"	P 35
"	"	P 40

Die P-Nummern, welche oben angeführt wurden, sind für voll ausexponirte Platten berechnet, welche mit Platin copirt werden sollen. Jene, welche dünne Negative vorziehen, würden sie für überexponirt halten, und können daher die P-Nummern um die Hälfte grösser annehmen als die oben angegebenen.

Bei Momentaufnahmen soll eine höhere Plattennummer angenommen werden, da gewöhnlich ein Minimum der Exposition angegeben ist.

Um nun die P-Nummer für jede Gattung Platten genau zu bestimmen, stellt man jene Nummer fest, welche man annähernd für die richtige hält (indem man die obige Tabelle benutzt); dann werden zwei Versuchsplatten exponirt, eine mit einer grösseren P-Nummer und eine mit einer kleineren als die, welche man für richtig hält, z. B. für Illford-Platten würde man deshalb die Nummer P 12 für richtig halten; es wird eine Platte um die Hälfte mehr (P 20), die andere um die Hälfte weniger (P 10) exponirt.

Der Gegenstand mag von einer unausgesprochenen Farbe sein, z. B. ein Korb, ein Stoss Bücher, ein Steinbau etc., und in einer Entfernung sein, welche mindestens 12 Fuss für eine 6zöllige Linse (Brennweite) oder 18 Fuss für eine 9zöllige Linse beträgt. Das Licht muss dann natürlich nach den oben gegebenen Instructionen gemessen, die Gegenstandsnummer S1 angenommen und die Exposition mit dem Instrument abgeschätzt werden.

Beide Platten werden zugleich in einer Schale mit ihrem gewöhnlichen Entwickler hervorgerufen. Wenn die eine Platte unterexponirt und die andere überexponirt ist, wird die Mittelnummer ungefähr richtig sein; wenn das nicht der Fall ist, wird man leicht sehen, welche von den Versuchsnummern nahezu richtig ist, und kann die P-Nummer ein für alle Male richtig stellen.

Wenn man zufällig eine Überexposition erhält, befasse man sich nicht mit der S-Nummer, sondern vermehre die P-Nummer; bei Unterexposition vermindere man die P-Nummer.

Bromsilberpapier, in der Camera mit Eisenoxalat-Entwickler ausprobiert, besitzt folgende Factoren:

Eastman P13,	Illford langsam P8,
Transferrotype P13,	Illford Rapid P30,
Frys Argentotype P8,	Alpha-Papier P ¹ / ₈ .

Factor S. Diese Nummer ändert sich nach der Farbe des Gegenstandes oder seiner Fähigkeiten, das Licht zu reflectiren, ohne nur im Mindesten die Lichtstärke zu berücksichtigen, welche auf ihn fällt; ein Stück dunkles, geschnittes Eichenholz würde S3 sein, ob es sich nun im vollen Sonnenschein, befindet oder im Schatten eines Innenraumes. S1 ist die Normalnummer, welche in vier von fünf Fällen gewählt wird, die anderen mögen nur in speciellen Fällen als Variationen gebraucht werden.

Himmel oder das Meer	S ¹ / ₁₀
Weisse Gegenstände, in welchen alle Einzelheiten sichtbar sein sollen oder welche schwarz und weiss copiren (siehe die specielle Tabelle für Entfernungen)	} S ¹ / ₄
Grösste Entfernung bei Landschaften	
Lichte Gegenstände und panoramische offene Landschaften	S ¹ / ₂
Gewöhnliche Landschaften mit Vordergrund, Gebäuden, Portraits und allerhand Gegenstände von gewöhnlicher Farbe	} S1
Dunkle, röthliche oder gelbliche Gegenstände	
Sehr dunkle Gegenstände, welche Details enthalten sollen	S3

Bei Negativen, welche mit der Camera copirt oder zu Vergrösserungen benutzt werden sollen, können die Werthe nur mittelst Versuche festgestellt werden, da dieselben oft sehr dünn und oft sehr dicht benöthigt werden. Die Differenz, welche zwischen den Negativen besteht, ist gross, nämlich:

sehr dünne Negative	S ¹ / ₁₆
dünne "	S ¹ / ₈
mitteldünne "	S ¹ / ₄
dichte "	S ¹ / ₂
sehr dichte "	S1.

Factor D. In dem Instrumente finden sich zwei Scalen; die rechts ist der Focalwerth der gewöhnlichen Blenden, die linke Scala bezeichnet die correspondirende US-Nummer der Photographischen Gesellschaft von England.*)

Es haben aber berühmte Fabrikanten Blenden bei ihren Apparaten angebracht, welche anders bezeichnet sind, und der einzige Weg ist daher, ausser der Normalnummer auch deren Focalverhältniss oder Intensitätswerth zu notiren, welche entweder aus der Liste des Fabrikanten entnommen oder durch Messung gefunden werden müssen. Um letzteres zu bewerkstelligen, misst man den Durchmesser der Blendenöffnung mit einem Zirkel und vergleicht ihn nun, wie oft er in der Länge der Brennweite, welche auf einem Papierstreifen angezeichnet wurde, enthalten ist, z. B. eine Blende von $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser wird mit einer Linse von 5 Zoll Brennweite $\frac{F}{10}$ ergeben.

Die Blenden der Objective von Ross sind gleich: $\frac{F}{8}$, $\frac{F}{11}$, $\frac{F}{16}$ etc., aber sie sind von ihm mit ganz willkürlichen Nummern bezeichnet.

Dallmeyer hat öfters die Nummern gewechselt, aber bei allen Objectiven,

*) Siehe Eder's „Jahrbuch für Photographie“ für 1883, Seite 449.

welche über No. 43000 gehen, ist $\frac{F}{10}$ die Normalnummer, welche bei ihm No. 10 bezeichnet ist. Diese Werthe von $\frac{F}{10}$, $\frac{F}{14}$, $\frac{F}{20}$, (wovon jede die doppelte Belichtungsdauer der vorhergehenden erfordert) sind praktisch gleichlautend mit den US-Nummern 6, 12, 24 etc.

Der Deckel der Actinometerbüchse soll nicht aufgeschraubt und weggenommen werden, ausser wenn man eine neue Rolle von empfindlichen Papieren einlegen will, und dies darf nur bei sehr schwachem Lichte geschehen. Die empfindliche Seite der Rolle ist auswärts gewendet und die Schutzhülle von Orangepapier soll nur mit der Spitze eines Federmessers abgehoben werden.

(Papierrollen können von W. E. Haines, High Town, Hereford in England bezogen werden.)

Innenräume. Um die Zeit nicht mit der Messung von sehr schwachem Lichte zu vergeuden, kann man in der Linse ein Diaphragma von solcher Grösse verwenden, dass die Camerabelichtung gleich wird der Actinometerbelichtung. Um nun dieses Diaphragma zu finden, setzt man die Zeiger in folgender Ordnung: A auf 2, P auf die richtige Plattennummer, S auf ihren Werth, E auf 2 und dann wird D die Nummer der Blende angeben, welche zu benutzen ist. Das Actinometer kann dann an die schlechtest beleuchtete Stelle gelegt, die Linse geöffnet und die Belichtung so lange fortgesetzt werden, als das Papier Zeit braucht, um die Normalfarbe im Actinometer anzunehmen.

Copiren und Vergrössern. Es muss noch ein Factor berücksichtigt werden, welcher die Expositionszeit verlängert, wenn die Camera weit ausziehen ist, um damit zu copiren oder zu vergrössern.

Zur Bequemlichkeit ist dieser Factor mit den S-Werthen in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Hierbei muss aber bemerkt werden, dass als Maasseinheit die äquivalente Brennweite der Linse angenommen wurde und dass der längere conjugirte Focus gemessen wird, und zwar beim Copiren (bis zu gleicher Grösse) nimmt man das Maass von der Linse zum Gegenstande, während bei Vergrösserungen das Maass von der Linse zur Visirscheibe genommen wird. Ein Stock von der genauen Länge der Brennweite der Linse ist dann ein guter Maassstab.

Tabelle der S-Nummern zum Gebrauche beim Copiren.

Normalgegenstands-Nummern; Gegenstand mehr als 24 Focus-Weiten von der Linse entfernt.	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	1
Gegenstand 18 mal Focus von der Linse	—	—	—	—	$1\frac{1}{8}$	$2\frac{1}{4}$
" 10 " " " " "	—	—	—	—	$1\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{2}$
" $5\frac{1}{2}$ " " " " "	—	—	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{2}$	3
" $4\frac{1}{2}$ " " " " "	—	—	—	$\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$3\frac{1}{2}$
" $3\frac{1}{3}$ " " " " "	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	2	4
" 3 " " " " "	—	—	—	$1\frac{1}{8}$	$2\frac{1}{4}$	$4\frac{1}{3}$
" $2\frac{3}{4}$ " " " " "	—	—	$\frac{5}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{2}$	5
" $2\frac{1}{4}$ " " " " "	—	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{2}$	3	6
" $2\frac{1}{8}$ " " " " "	—	—	$\frac{7}{8}$	$1\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{2}$	7
" 2 " " " " "	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	2	4	8
Copiren in gleicher Grösse.						

Tabelle der S-Nummern zum Gebrauche bei Vergrösserungen.

Normalgegenstands-Nummern, wenn das Object mehr als 24 Focus-Weiten von der Linse entfernt ist.		$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1
Vergröss.-Durchm.	Focus von der Linse					
$1\frac{1}{2}$ Wand	$2\frac{1}{2}$ mal	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{2}$	3	6
2 "	3 "	—	$1\frac{1}{8}$	$2\frac{1}{4}$	$4\frac{1}{2}$	9
$2\frac{1}{2}$ "	$3\frac{1}{2}$ "	$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{2}$	3	6	12
3 "	4 "	1	2	$\frac{4}{4}$	8	16
4 "	5 "	$1\frac{1}{2}$	3	$6\frac{1}{4}$	$12\frac{1}{2}$	28
5 "	6 "	$2\frac{1}{4}$	$4\frac{1}{2}$	9	18	36
6 "	7 "	3	6	12	24	49
8 "	9 "	5	10	20	40	81
10 "	11 "	$7\frac{1}{2}$	15	30	60	121
15 "	16 "	16	32	64	128	256
20 "	21 "	25	50	100	200	400
25 "	26 "	42	84	169	338	676

Wenn man kleine, nahe Gegenstände photographirt, sollte diese Tabelle zu Rathe gezogen werden, und selbst dann, wenn man eine Büste aufnimmt und die Entfernung gleich 15maliger Brennweite ist.

Wo die Gegenstandsnummer grösser ist, als in der Tabelle des Instrumentes, kann sie durch 10 dividirt werden und das berechnete Endresultat wieder mit 10 multiplicirt werden.

Wenn man das Licht prüft, darf man keine Rücksicht auf die eigentliche Farbe des empfindlichen Papiere nehmen, da dieses durch die Feuchtigkeit der Luft sich verändert; es darf nur die Tiefe des Farbtones in Betracht gezogen werden.

Das Papier dunkelt im Lichte sehr schnell. Bis zu einem gewissen Punkte ist es lichter als die umgebende Farbe, nach diesem Punkte wird es aber dunkler. Der Punkt also, wo es weder lichter noch dunkler ist, soll als Zeitbestimmung gelten.

d) **Das Büchsenphotometer** wird unter Pigmentdruck beschrieben werden.*)

3. Photometer, welche auf Anwendung photographischer Flächen mit Entwicklung beruhen.

Den Photometern, welche auf Papierfärbung im Lichte beruhen, kann man den Vorwurf nicht ersparen, dass sie namentlich zur Bestimmung kleiner Lichtmengen viel zu unempfindlich sind, dass sie daher schwache Lichtintensitäten, wie sie beim negativen Process noch wirksam sind, gar nicht mehr anzeigen. Beispiele sind schon früher gegeben worden. Daher führte man bald als lichtempfindliches Material photographische Platten mit Entwicklung ein, welche unter Umständen eine zwanzigtausend Mal so hohe Empfindlichkeit zeigen, als im Lichte sich färbende Papiere.

Bei Anwendung dieser Platten wird der unsichtbare Lichteindruck durch Entwicklung sichtbar gemacht und ging man allgemein von der

*) Siehe auch H. W. Vogel, der photographische Pigmentdruck, Berlin, bei Oppenheim.

Meinung aus, dass das Reciprocitätsgesetz auch hier gilt, dass also, um dieselbe Färbung hervorzubringen, dieselbe Lichtquantität nöthig ist, oder aber, dass zur Erlangung derselben Färbung die Belichtungsdauer der Lichtintensität umgekehrt proportional sei.

a) **Warnerke's Sensitometer.** Dieses ist wohl das populärste hierher gehörige. Es ist ein Scalenphotometer, welches schon p. 16, Bd. I beschrieben worden ist. Die Scala ist jedoch nicht aus einzelnen transparenten Schichten, sondern durch Woodburydruck (s. Bd. I p. 104) hergestellt. Es dient wesentlich zur Bestimmung der Empfindlichkeit der Trockenplatten, entspricht aber trotz seiner grossen Verbreitung diesem Zwecke kaum:

1. Weil die transparente Scala den Angaben Warnerke's nicht entspricht. Dieselbe sollte, wie bei Vogel's Instrument, nach einer geometrischen Reihe abnehmen, in welcher die Schichtenzahlen die Exponenten sind (s. o.). Nach Warnerke soll nun die Durchsichtigkeit von den Nummern

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15.
16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25.

abnehmen in dem Verhältniss

1. $1\frac{1}{3}$. $1\frac{3}{4}$. $2\frac{1}{3}$. 3. 4. 5. 7. 9. 12. 16. 21. 27. 36. 48.
63. 84. 110. 145. 192. 253. 334. 440. 580. 765.

L Weber's Messungen haben aber ganz andere Resultate ergeben. Demselben verdanken wir folgende Tabelle, welche auf Messungen beruht:

Setzt man die Transparenz der No. 25 des vorliegenden Exemplars von Warnerke's Sensitometer = 1, so sind die Transparenzen

| der No. d.
Sensitomet. | Transparenz | No.
d. Sens. | Transparenz | No.
d. Sens. | Transparenz |
|---------------------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|
| 25 | 1,0 | 18 | 3,4 | 8 | 36,5 |
| 24 | 1,2 | 17 | 3,5 | 7 | 45,4 |
| 23 | 1,5 | 16 | 3,5 | 6 | 42,0 |
| 22 | 1,9 | 15 | 8,4 | 5 | 60,3 |
| 21 | 2,2 | 14 | 10,8 | 4 | 77,6 |
| 20 | 2,6 | 13 | 12,8 | 3 | 96,3 |
| 19 | 3,2 | 12 | 16,6 | 2 | 111,6 |
| | | 11 | 18,6 | 1 | 136,5 |
| | | 10 | 27,3 | | |
| | | 9 | 32,2 | | |

Die Zahlen sind nicht unmittelbar vergleichbar, da Weber von der Lichtmenge ausgeht, die von dem Felde 25 durchgelassen wird, und diese als Einheit bezeichnet. Jedermann fällt aber die Gleichheit

der Transparenz für die Zahlen 18, 17, 16 auf. Das gilt aber auch für andere Exemplare des Warnerke'schen Instrumentes; so sagt Janke (Eder's „Phot. Jahrb.“ 1892, p. 277), dass bei seinem Exemplar Warnerke No. 17 dunkler als No. 16 copire, während es doch umgekehrt sein müsste. Ganz ungewöhnlich stark sind die Abweichungen in den Endzahlen. Nach Warnerke soll No. 25—736 mal weniger Licht durchlassen als No. 1, nach Weber lässt es nur 136,5 mal weniger Licht durch.

Es liegt auf der Hand, dass für feinere Messungen, wie sie bei den so hochempfindlichen Trockenplatten verlangt werden, das Instrument schon wegen seiner falschen Scala nicht brauchbar ist.

Das Vogel'sche Scalen-Photometer ist in dieser Hinsicht genauer, obgleich es für den 5000 mal weniger empfindlichen Pigmentdruck resp. Lichtdruck bestimmt ist.

Noch übler steht es aber mit der von Warnerke empfohlenen Lichtquelle, einer Phosphoreszenztafel, die ihre Helligkeit rapid ändert und Temperatureinflüssen unterworfen ist (s. Bd. I, p. 17).

Nach L. Weber's uns mitgetheilten neueren Messungen ändert sich die Helligkeit der Balmain'schen Platte falls sie 1 Minute nach der Belichtung = 100 gesetzt wird, wie folgt:

| nach Sekunden | Helligkeit |
|---------------|------------|
| 30'' | 183 |
| 1' | 100 |
| 1' 30'' | 65 |
| 2' | 49 |
| 2' 30'' | 39 |
| 3' | 33 |
| 3' 30'' | 23 |
| 4' | 22 |

Die Zahlen sind das Mittel aus 10 Reihen.

Endlich bleibt die Bestimmung des letzten sichtbaren Lichteindrucks noch eine willkürliche. Man erhält ganz andere Resultate, je nachdem man die „Ablesung“ von der unfixirten oder fixirten Platte in der Aufsicht oder Durchsicht vornimmt. Durch Fixiren gehen in der Regel zwei der höchsten Zahlen verloren. Natürlich ist es der Vortheil des Fabrikanten, möglichst hohe Zahlen angeben zu können, und werden daher Viele das Ablesen unfixirter Platten vorziehen. Ferner ist die Art der Entwicklung nicht ohne Einfluss; Pyrogallus liefert z. B. etwas dunklere Negative als Eisenvitriol oder Hydrochinon, dadurch werden wiederum Schwankungen im Resultat hervorgerufen. Normen sind in dieser Hinsicht leider noch nicht festgestellt. Der sogenannte internationale photographische Congress in Brüssel

1891 war viel zu schwach besucht (nur 27 Mitglieder), um in dieser Hinsicht bindende Beschlüsse fassen zu können.

Bei aller Achtung vor dem Autor können wir das Instrument nicht höher schätzen, als den Werth der alten „Argentometer“.

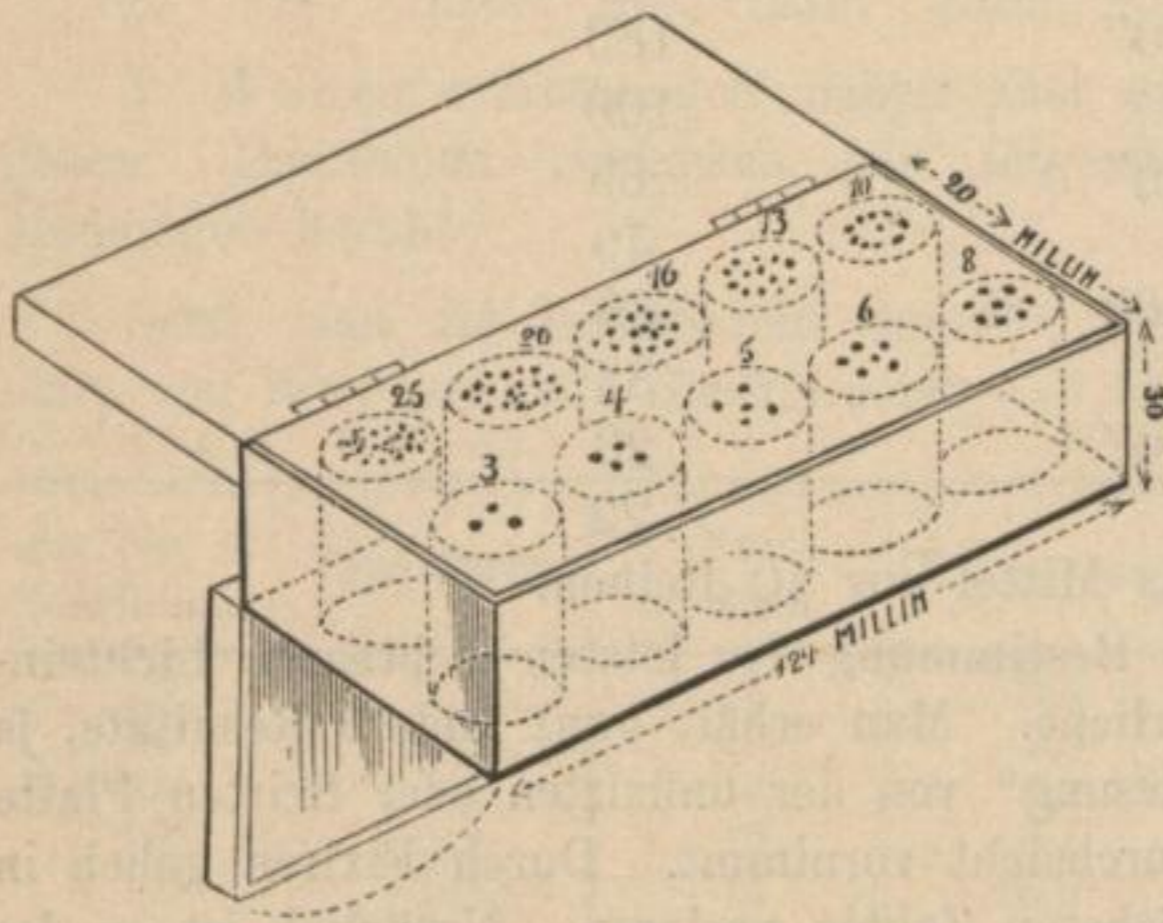
Selbst bei Anwendung einer besseren Lichtquelle müssen wir das Instrument wegen der unrichtigen Scala als total unzuverlässig bezeichnen.

b) Die Blendenphotometer (Röhrenphotometer etc.).

I. Das Röhrenphotometer. Es ist ein Uebelstand der Scalenphotometer, dass die Durchsichtigkeit des Scalenmediums für das Licht eine auswählende ist. Die meisten Medien, die hierzu vorgeschlagen werden, haben eine gelbliche Tinte und die Folge davon ist, dass das Licht beim Durchgang durch die verschieden dicken Lagen eine Veränderung seiner Qualität erleidet.

Nun giebt es auch ein anderes Abschwächungsmittel, bei dem man eines Mediums (welches das Licht in Folge der ungleichen Farbenabsorption verändert) nicht bedarf. Das sind die Blenden oder Diaphragmen, deren sich jeder Photograph bedient, wenn auch nicht gerade zu photometrischen Versuchen. Zu letztgedachtem Zweck benutzte sie

Fig. 18.



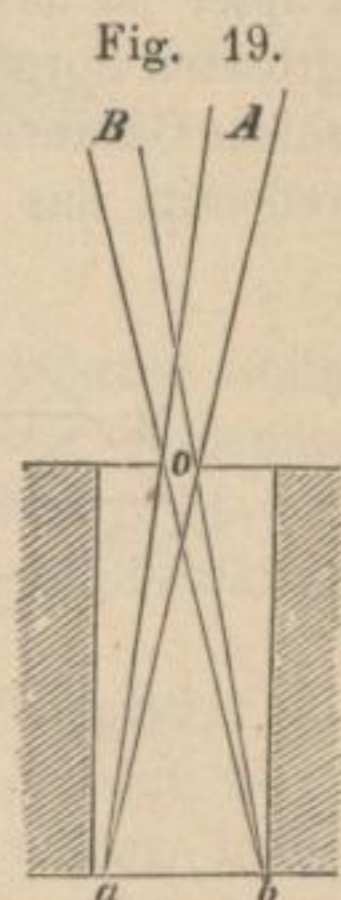
wohl zuerst der Physiker Dove (siehe Bericht der Berliner Academie vom Jahre 1861). Später construirte Taylor nach demselben Princip ein Pigmentdruck-Photometer 1869 (s. „Phot. Mittheil.“ V, p. 284). Dieses besteht aus einem Holzblock, in den eine Anzahl Röhren gebohrt sind; diese Röhren sind mit einem Blech gedeckt, in das eine Anzahl genau gleicher Oeffnungen gebohrt sind (s. Fig. 18). Es ist klar, dass die Helligkeit innerhalb der Röhren, wenn man das Instrument dem hellen Himmel exponirt, der Anzahl der Oeffnungen proportional sein wird. Diese werden sich in dem in der Figur dargestellten Falle verhalten wie 3 : 4 : 5 : 6 : 8 : 10 : 15 etc. Demnach wird auch ein Streifen Photometerpapier, unter solchen Oeffnungen exponirt, sich unter

genau gleicher Oeffnungen gebohrt sind (s. Fig. 18). Es ist klar, dass die Helligkeit innerhalb der Röhren, wenn man das Instrument dem hellen Himmel exponirt, der Anzahl der Oeffnungen proportional sein wird. Diese werden sich in dem in der Figur dargestellten Falle verhalten wie 3 : 4 : 5 : 6 : 8 : 10 : 15 etc. Demnach wird auch ein Streifen Photometerpapier, unter solchen Oeffnungen exponirt, sich unter

den letzteren Oeffnungen rascher färben als unter den ersteren. Verf. liess nach diesem Princip bereits vor 22 Jahren ein Photometer für den Pigmentdruck fertigen, liess jedoch die Construction wieder fallen, da sie ihm für Zwecke des Pigmentdrucks die erhofften Resultate nicht lieferte, indem sie sich als zu lichtschwach erwies, und jede Röhre den sehr grossen Nachtheil hatte, dass sie nur von dem Theil des Himmels beleuchtet wurde, der senkrecht über derselben lag, während die Copirrahmen, die damit controlirt werden sollten, auch von den andern Theilen des Himmels Licht erhielten.

Dieses Instrument*) zeigt nun aber, obgleich es für den Pigmentdruck, dem es dienen sollte, unbrauchbar war, gewisse Vortheile, die es gerade für Prüfung der Empfindlichkeit von Negativplatten geeignet erscheinen lassen; zunächst den Umstand, dass die Helligkeiten bei dieser Scala in arithmetischem Verhältniss steigen,**) ferner aber den Vorzug, den auch Mucklow und Spurge betonen, dass das Licht beim Durchgang durch die Löcher nicht in seiner Qualität verändert wird.

Diese Umstände veranlassten Verf., die gedachte Scala für die Prüfung der Empfindlichkeit von Trockenplatten zu versuchen. Es stellten sich jedoch hier mancherlei Schwierigkeiten entgegen. Exponirt man das Instrument dem Himmel, so ist es klar, dass der Punkt *a* durch das Loch *o* von anderen Theilen des Himmelsgewölbes Licht empfängt als der Punkt *b*. Ist demnach das Himmelsgewölbe nicht überall absolut gleich hell, wie z. B. bei Bewölkung,



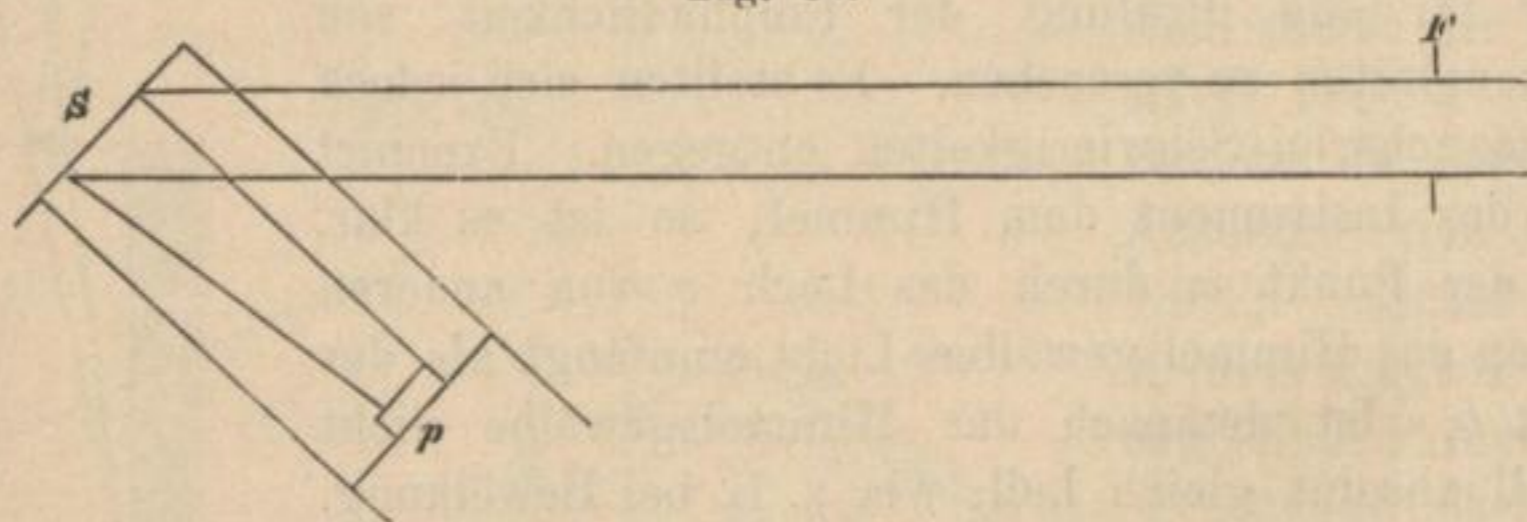
*) Als Curiosum mag erwähnt werden, dass dieses Instrument in späterer Zeit von Neuem erfunden wurde, und zwar von Mucklow & Spurge. Dieselben legten solches als „verbessertes Sensitometer“ am 13. Dec. 1881 in der photographischen Gesellschaft in London vor („Photographic Journal“ p. 44). Der einzige Unterschied zwischen Taylor's Construction und Mucklow & Spurge's ist, dass letztere über jede Röhre nur eine Oeffnung legten, deren Grösse nach den oberen Zahlen hin wächst.

***) Dieser Vorzug ist rechnerisch von Vortheil. Hat man beispielsweise zwei Platten nach einander unter völlig gleichen Umständen belichtet und es erscheint bei der einen die Zahl 3, bei der andern die Zahl 6, so ergeben diese Zahlen sofort das umgekehrte Verhältniss der Empfindlichkeit der Platten. Wendet man statt dessen Oeffnungen von verschiedenen Durchmesser an, wie Mucklow & Spurge, so geht dieser wichtige Vorzug verloren. Es müssten denn die Durchmesser der Oeffnungen im Verhältniss der Quadratwurzeln der darunter liegenden Zahlen wachsen, z. B. also für die Zahlen 1, 2, 3, 4, 5 wie 1 : 1,414 : 1,732 : 2 : 2,236 etc. Oeffnungen in diesen Verhältnissen sind aber technisch nur sehr schwierig herzustellen, während es eine Kleinigkeit ist, mit demselben Stahlbohrer eine Anzahl gleicher Löcher zu bohren.

so wird man mit diesem Instrument auch keine gleichmässigen Resultate erzielen. Dann stellte sich aber ferner bei einem Versuche heraus, dass das Himmelsgewölbe viel zu intensiv wirkt. In wenigen Secunden sind selbst bei trübem Himmel und nasser Platte sämtliche Stellen unter den Löchern so weit afficirt, um beim Entwickeln einen deutlichen Lichteindruck zu zeigen. Dämpfen durch matte Scheiben erwies sich als unpractisch, indem dieselben das Licht keineswegs gleichmässig diffundiren, auch würde es schwer sein, eine Anzahl Scheiben für verschiedene Instrumente von vollkommen gleicher Durchsichtigkeit zu liefern.

Verf. versuchte deshalb künstliche Herstellung einer gleichmässig beleuchteten Fläche und solche erlangte er in einem mit photographischem Rohpapier bespannten Reflectirschirm. Das photographische Papier ist das weisseste Material, was existirt, es wird mit der denkbar grössten Sorgfalt aus bestem Stoff gefertigt. Kein anderer Stoff bietet solche Garantie der Gleichmässigkeit; kein anderer, Schnee ausgenommen, reflectirt das weisse Licht so reichlich, wie dieser; kein anderer von

Fig. 20.



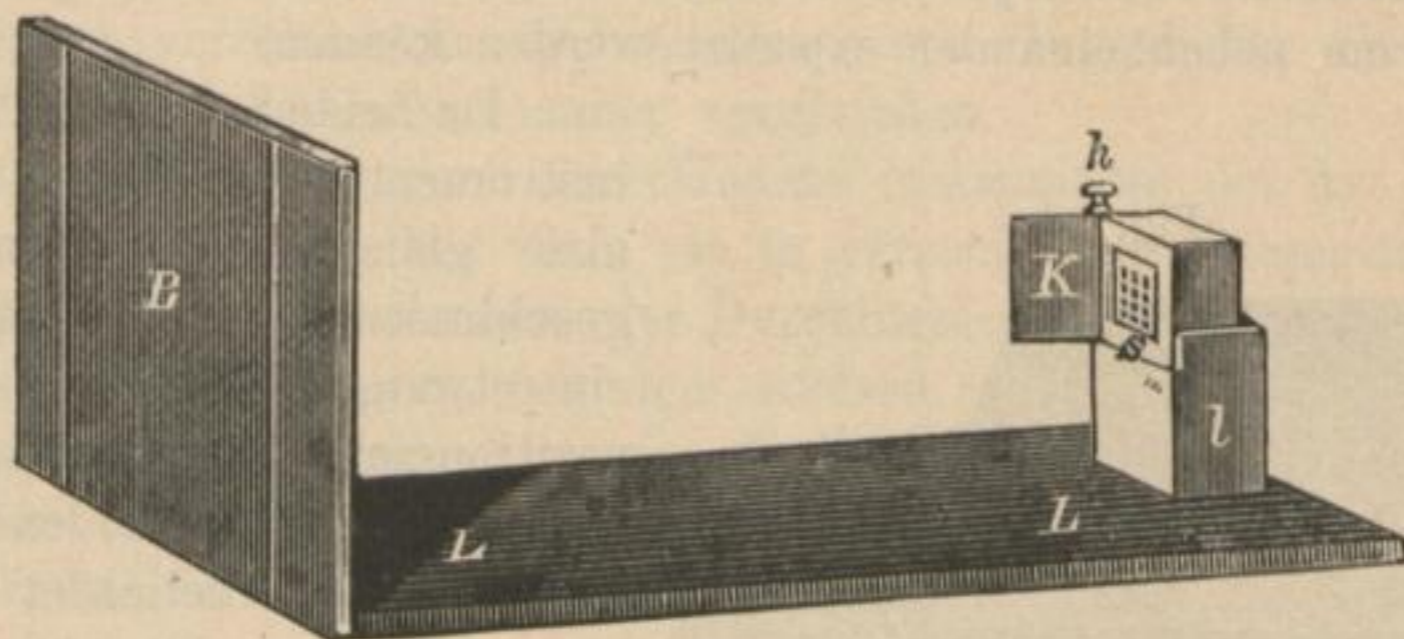
allen, die hier in Betracht kommen können, ist der photographischen Praxis so zugänglich. Stellt man solchen Schirm S, Fig. 20, in hinreichender Entfernung einem nach dem freien Himmel sich öffnenden Fenster F gegenüber, so kann man alle Punkte desselben als gleichmässig erleuchtet erachten,*) da „die Lichtwinkel“ der einzelnen Punkte des Schirms bei weit entferntem kleinem Fenster nahezu gleich sind. Deshalb können auch die einzelnen Punkte *a* und *b*, Fig. 19, einer im Photometer exponirten Platte als gleichmässig beleuchtet gelten, namentlich wenn die Röhren hinreichend lang sind, so dass die Grösse einer Oeffnung *O*, von *a* und *b* (Fig. 19) aus gesehen, als nahezu gleich erscheint.

Nun hängt die Wirkung eines solchen Schirmes auf das Photometer auch von der Entfernung beider ab. Verf. liess des-

*) Siehe H. Vogel, Principien der Beleuchtung und Atelierconstruction, (Phot. Mittheil.), V. Jahrg., p. 70, ferner Vogel's Lehrbuch der Photographie, IV. Aufl., Bd. IV., p. 15 ff., u. ferner p. 95.

halb, um den gedachten Reflectirschirm in bestimmte feste Lage zu dem zu belichtenden Photometer zu bringen, ein horizontales Brett L (Fig. 21) fertigen, das an seinem einen Ende ein Reissbrett B von 40 cm Quadrat trug, am anderen Ende ein Lager l für das Photometer, so dass dessen Scala s von dem Brett genau ein Meter entfernt ist.

Fig. 21.



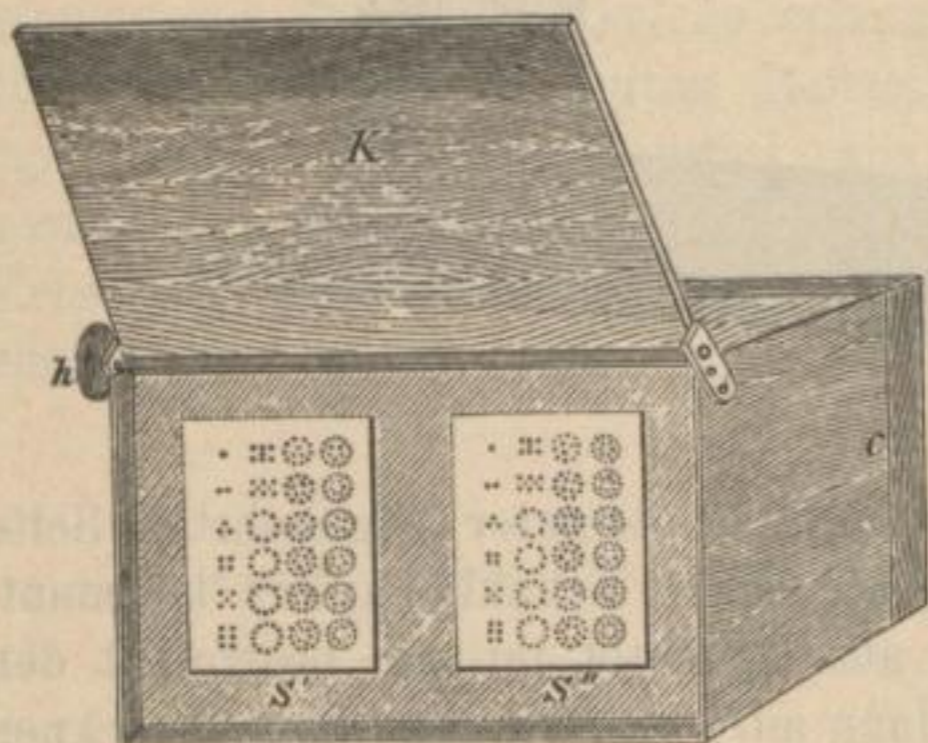
Das Reissbrett ist auf der dem Photometer zugekehrten Seite mit einem reinen Bogen photographischen Zehnkilopapiers bespannt. Man schneidet den Bogen genau aus, feuchtet ihn an, bestreicht den Rand mit Gummi und klebt ihn dann auf; er wird dann beim Trocknen von selbst glatt und straff.

Die Einrichtung des Photometers ist so einfach wie möglich. Es enthält vorn eine Drehklappe K, die mit dem Griff h bewegt wird, zum Belichten (s. Fig. 21). Der hintere Theil ist analog einer Cassette construirt. Die runden Holzröhren sind vor dem Cassetten-theile mit einer Kupferplatte gedeckt, in welcher Zahlen eingeschnitten sind, welche die Anzahl der darüber befindlichen Löcher angeben.

Die Handhabung des Instruments ergiebt sich von selbst. Man exponirt die beiden Platten, deren Empfindlichkeit man vergleichen will, rasch nach einander bei gleichbleibendem Lichte, entwickelt sie gemeinschaftlich in demselben Bade und sieht nach, welches die kleinste Zahl ist, welche bei beiden Platten zum Vorschein gekommen ist. Hierbei ist aber vorausgesetzt, dass während der Dauer des Versuchs das Licht seine Intensität beibehält. Solches ist leicht zu machen, wenn man mit künstlichem Lichte arbeitet. Anders ist es aber mit dem Tageslicht. Dieses wechselt selbst bei völlig heiterem Himmel mit dem Sonnenstand und bei nicht heiterem Himmel mit der Bewölkung seine Intensität. Um deshalb zwei Platten mit völliger Sicherheit mit einander vergleichen zu können, muss man sie gleichzeitig exponiren können. Verf. hat deshalb dem Photometer die Ein-

richtung eines Doppelinstruments gegeben (Fig. 22). Dasselbe hat zwei Scalen von genau derselben Construction neben einander. Die Zahl der Holzlöhren beträgt 24, die in 4 Reihen zu je sechs neben einander liegen. Die Oeffnungen über den Holzlöhren haben einen Durchmesser von je $\frac{3}{4}$ mm, ihre Zahl wächst entsprechend der Röhrenzahl von 1 bis 24. Die Entfernung der Scala von der empfindlichen Platte ist 10 cm. Die Hinterseite des Apparates ist so eingerichtet, dass zwei Platten 9×12 cm neben einander exponirt werden können.

Fig. 22.



Da beide Seiten des Doppelinstruments durch eine Klappe, also gleichzeitig geöffnet und geschlossen werden, so fällt auch ein etwaiger Fehler in der Expositionszeit, wie er leicht eintreten kan, wenn beiden Platten hintereinander belichtet werden, hinweg.

Das Instrument ist aber nicht nur als Photometer für den negativen Process (sogenanntes Sensitometer), sondern zur Messung der chemischen Intensität des Lichts überhaupt brauchbar.

Zu diesem Zwecke bedarf man einer Anzahl Platten gleicher Empfindlichkeit, die man zu verschiedenen Zeiten exponirt (eine auf einmal) und unter gleichen Verhältnissen entwickelt. Die Lichtintensitäten verhalten sich dann umgekehrt wie die erschienenen Zahlen. Nun wird es zwar nicht möglich sein, stets solche Platten absolut gleicher Empfindlichkeit zu bereiten. Hat man aber eine Serie Platten von einer Emulsion, die man alle als gleich empfindlich annehmen kann,*) und will dann eine andere Plattensorte zu Intensitätsmessungen verwenden, so braucht man blos nach der angegebenen Weise das Verhältniss der Empfindlichkeit beider Plattensorten durch einen Versuch festzustellen, um das Resultat vergleichbar zu machen.

Man wird vielleicht einwenden, dass das von Roscoe verbesserte Bunsen'sche Chlorsilberpapierphotometer (siehe oben p. 46 ff.) für die Messung der chemischen Intensität des Tageslichts

*) Nach Wolff (Heidelberg) ist diese Annahme nicht mehr zulässig, die Trockenplatten steigern ihre Empfindlichkeit mit der Zeit bis auf das Dreifache. Das geschieht in etwa einem halben Jahre; nachher nimmt die Empfindlichkeit wieder ab (Eder's Jahrbuch 1892).

genügt. Dem ist aber nicht so, das betreffende Papier ist so wenig empfindlich, dass für Sonnenhöhen unter 12° eine directe chemische Wirkung des Sonnenlichts gar nicht mehr wahrnehmbar ist, während jeder Photograph weiss, dass man selbst noch bei Sonnenuntergang ein Momentbild der Sonne fertigen kann. Ein empfindlicheres Photometer thut daher noth.

Selbstverständlich lassen sich mit diesem Instrumente auch die Intensitäten verschiedener Lichtquellen, wie Tageslicht, electricisches Licht, Gaslicht etc. mit einander vergleichen.

Ferner sind aber auch verschiedene Instrumente der Art mit einander vergleichbar, selbst wenn sie in verschiedenen Dimensionen angefertigt sind. Angenommen, der Durchmesser der Oeffnungen sei bei dem einen Instrument o , bei dem andern O , so verhalten sich die Helligkeiten der Instrumente wie $o^2 : O^2$. Ist ferner bei dem ersten Instrument die Entfernung der Platte von den Oeffnungen der Scala gleich e , bei dem andern gleich E , so verhalten sich die Helligkeiten wie $\frac{1}{e^2} : \frac{1}{E^2}$, demnach giebt das Verhältniss $\frac{o^2}{e^2} : \frac{O^2}{E^2}$ die relativen Lichtintensitäten beider Instrumente an.

Diesen Vortheil, dass zwei verschiedene Instrumente der Art in einfachster Weise durch Rechnung verglichen werden können, zeigt keines der älteren Actinometer. Es ist somit erklärlich, dass das Instrument der vielseitigsten Anwendung fähig ist.

Gilt es Helligkeitsbestimmungen im Atelier, so wird man dasselbe mit Schirm (siehe Fig. 20) benutzen, ebenso, wenn man die chemische Intensität einer Seite des Himmelsgewölbes messen will. Auch bei Vergleichen zwischen electricischem Licht, Gaslicht und Himmelslicht ist der Schirm nothwendig.

Man kann aber auch mit dem Instrument die chemische Helligkeit gewisser Abschnitte des heiteren, völlig wolkenlosen Himmelsgewölbes feststellen.*) Man stellt beispielsweise das Instrument horizontal, so dass die Röhren senkrecht nach oben weisen und exponirt; dann vertical, so dass sie nach dem Horizont weisen und exponirt eine zweite Platte etc.

*) Nimmt man eine Oeffnung an, so ist bei oben angeführten Dimensionen die Grösse des Himmelsgewölbestücks $a o b$ (Fig. 19), welches zur Wirkung kommt, leicht zu bestimmen. Die Entfernung von o von der Grundfläche $a b$ ist 100 mm, $a b$ selbst höchstens 10 mm.

Der Winkel $a o b$ bestimmt sich aus der Tangente des halben Winkels $\frac{a b}{2 \times 100} = \frac{1}{20} = 2^\circ 50'$, demnach $a o b = 5^\circ 40'$.

Zu Empfindlichkeitsproben stellt man den Schirm so auf, dass das Licht eines schmalen, etwa 20 Fuss entfernten Fensters von circa 4 Fuss Breite, das auf den Himmel ausgeht, also in einer Oberetage liegt, darauf fällt, setzt das völlig geschlossene Instrument an seinen Platz bei o (Fig. 20) und öffnet den Deckel (Uhr in der Hand). Je nach dem Lichte exponirt man nun 1, bis 12 Secunden, dann schreitet man zur Entwicklung unter gleichen Vorsichtsmaassregeln wie oben.

Man lässt den Entwickler ca. 4 Minuten wirken, dann wäscht man die Platte rasch mit Wasser, fixirt sie aber nicht, indem die erschienenen Zahlen sich viel besser auf der nicht fixirten Platte ablesen lassen. Man beleuchtet sie zu dem Zwecke grell mit einer Lampe, über welche man einen undurchsichtigen Blechschirm gestülpt hat, so dass kein Licht der Lampe direct in die Augen, desto mehr aber auf die Platte fällt.

Natürlich bemerkt man die hohen Zahlen (24, 23, 22 etc.) zuerst. Es gilt nun aber die niedrigste Zahl zu finden, welche überhaupt noch erschienen ist. Das ist nicht ganz leicht. Es gehört einige Uebung dazu.

Ist z. B. bei einer Platte die letzte noch sichtbare Zahl 7, bei einer anderen die letzte noch sichtbare 14, so folgt daraus, dass die Helligkeit 7 bei ersterer dieselbe Wirkung in derselben Zeit hervor gebracht hat, als bei der zweiten die Helligkeit 14. Da also zu der gleichen Wirkung im letzteren Fall die doppelte Lichtmenge aufgewendet ist, so folgt daraus, dass die letztere Platte nur halb so empfindlich ist, wie die erste.

So wurden bei gleichmässigem Wetter zwischen 12 und 1 Uhr am 20. Januar drei Platten exponirt, die eine 3, die zweite 6, die dritte 9 Secunden. Das Resultat war, dass bei der letzteren die Zahl 2, bei der zweiten die Zahl 4 und bei der dritten die Zahl 6 erschien. Hier verhielten sich also die erschienenen Zahlen umgekehrt wie die wirksamen Lichtmengen. Bedingung ist, dass die zu vergleichenden Platten völlig rein sich entwickeln. Ein kleiner Fehler, namentlich an Stelle der schwächsten Zahlen, macht das Resultat ganz unbrauchbar.

Mitunter ergiebt ein einziger Versuch nicht sofort ein sicheres Resultat. Angenommen man habe zwei Platten exponirt, von denen die eine doppelt so empfindlich ist, als die andere, und es erscheint beider weniger empfindlichen die Zahl 7, so müsste bei der höher empfindlichen die Zahl $3\frac{1}{2}$ erscheinen. Diese hat aber das Instrument nicht. Es erscheint demnach sicher 4, und das Verhältniss der Empfindlichkeit würde dann sein $4:7 = 1:1\frac{3}{4}$ statt $1:2$. Man wird zur

Sicherheit solchen Versuch lieber wiederholen, und zwar mit höchstens halb so langen Expositionszeiten, so dass z. B. bei der einen Platte 17, bei der anderen dann 9 zum Vorschein kommt. Dann würde man das Verhältniss der Empfindlichkeit von $1:1\frac{8}{9}$ erhalten, welches dem Verhältniss $1:2$ erheblich näher kommt.

Es erhellt daraus, dass die Genauigkeit des Instruments um so grösser wird, je höher die äussersten zum Vorschein gekommenen Zahlen liegen. Man wird daher gut thun, möglichst kurz zu exponiren.

Das Röhrenphotometer wird in den meisten Fällen als Vergleichsinstrument angewendet werden, d. h. zur Erkennung der relativen Empfindlichkeit präparirter Platten, die man darin gemeinschaftlich exponirt und in demselben Bade entwickelt. Hierbei spielt die Temperatur des Entwicklers keine Rolle.

Die Herstellung der Scala ist eine schwierige Arbeit, deshalb ist das Instrument verhältnissmässig theuer. Dieser Umstand hat der weiteren Verbreitung Eintrag gethan.

Anders ist es aber, wenn man chemische Lichtintensitäten zu verschiedenen Zeiten messen will und dazu die Vergleichs-Platten in zwei getrennten Bädern entwickelt; hier wird das Resultat sehr merklich durch die Temperatur beeinflusst. So erhielt Verf. bei zwei Platten derselben Emulsion, die gleichzeitig und gleich lange belichtet worden waren und wovon die eine in einem Entwickler von 10° R., die andere in einem Entwickler von 18° R., beide gleicher Zusammensetzung, entwickelt wurden, durch warme Entwicklung die Zahl 12, durch kalte Entwicklung die Zahl 8, so dass die eine Platte in dem Verhältniss $8:12$ d. i. $2:3$ empfindlicher erschien als die andere.

Resultate, die mit denselben Platten an verschiedenen Tagen erhalten wurden, sind demnach nur vergleichbar, wenn sie in Bädern gleicher Zusammensetzung und gleicher Temperatur gleich lange entwickelt wurden.

Solche Vergleichung der Resultate verschiedener Zeiten wird nun in der Praxis weniger gefordert als bei wissenschaftlichen Untersuchungen. Am meisten empfiehlt sich hierfür eine Temperatur des Entwicklers von 15° R., die im Sommer (mittels Eis) wie im Winter (mittelst lauwarmen Wasser) leicht hergestellt wird.

Das Vogel'sche Röhrenphotometer erfuhr von einem Belgier in sofern eine Vereinfachung, als er nur eine Scala neben zwei zu vergleichenden Plattenstreifen anwendete. Er nahm einen Kasten *K* von trapezförmigem Querschnitt (Fig. 23), theilte

Fig. 23.

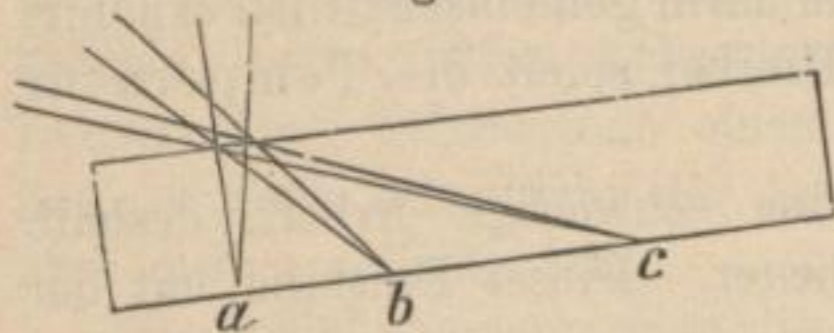


diesen der Länge nach in 25 Theile und legte darüber die Lochscala. Unten wurde eine Cassette mit zwei der zu prüfenden Plattenstreifen eingeschoben. In dieser Weise ist die Doppelscala, deren Anfertigung sehr theuer ist, erspart.

Die Vortheile dieser Photometer sind, dass sie bei Plattenprüfungen keiner constanten Lichtquelle bedürfen.

II. Schlitz-Sensitometer nach Dr. Stolze (Phot. Nachr. 1891, S. 161 u. 225). Stolze benutzt als Oeffnung eines Photometerkastens einen einzigen feinen Schlitz. Dringen durch denselben Lichtbündel

Fig. 24.



in schiefer Richtung, $a b c$ (Fig. 24) so werden diese immer spitzer, also lichtschwächer, je schiefer sie einfallen. Stolze legt an die obere Seite eines Kästchens von 10 cm Länge und 1 cm Höhe eine undurchsichtig versilberte und mit Schwefelwasserstoff geschwärzte Glasplatte, ritzt eine feine Linie ein und lässt eine beliebige Lichtquelle einwirken; es breitet sich von hier aus das Licht nach allen Richtungen in's Innere des Kästchens aus und wirkt auf eine am Boden befindliche empfindliche Platte ein. Folgende Tabelle giebt an, wie das Licht je nach dem Abstände von der Lichtquelle sich ändert, wobei T die Lichtintensität ist an irgend einem Punkte, der im Abstand s von dem auf einer horizontalen Ebene senkrecht unter der Lichtquelle befindlichen Punkt auf dieser Ebene gelegen ist; T ist für jenen senkrecht gelegenen Punkt = 1 gesetzt.

Tabelle der Lichtintensitäten T im Schlitzsensitometer für verschiedene Abstände s von der senkrecht unter dem Schlitz liegenden Linie:

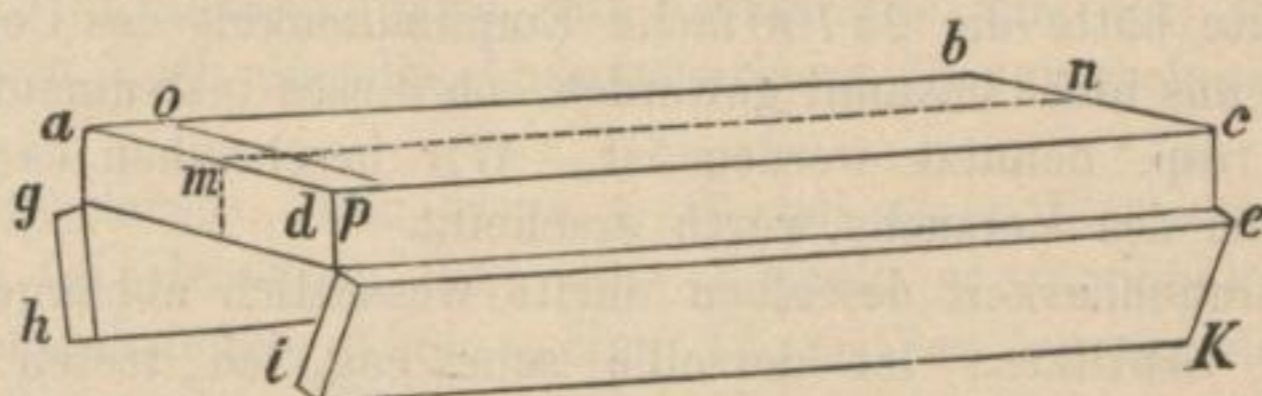
| Abstand $s = 0$,
Abstände s ; Lichtintensitäten T | | Lichtintensität $T = 1$
Abstände s ; Lichtintensitäten T | |
|---|------|---|--------|
| 0,1 | 0,98 | 1,3 | 0,14 |
| 0,2 | 0,92 | 1,4 | 0,11 |
| 0,3 | 0,84 | 1,5 | 0,095 |
| 0,4 | 0,74 | 1,6 | 0,079 |
| 0,5 | 0,64 | 1,7 | 0,066 |
| 0,6 | 0,54 | 1,8 | 0,056 |
| 0,7 | 0,45 | 1,9 | 0,047 |
| 0,8 | 0,37 | 2,0 | 0,040 |
| 0,9 | 0,30 | 2,5 | 0,019 |
| 1,0 | 0,25 | 3,0 | 0,010 |
| 1,1 | 0,21 | 3,5 | 0,005 |
| 1,2 | 0,17 | 4 | 0,0035 |

| Abstand $s = 0$,
Abstände s ; Lichtintensitäten T | | Lichtintensität $T = 1$
Abstände s ; Lichtintensitäten T | |
|---|---------|---|----------|
| 4,5 | 0,0021 | 7,5 | 0,00030 |
| 5 | 0,0015 | 8 | 0,00024 |
| 5,5 | 0,0010 | 8,5 | 0,00019 |
| 6 | 0,00073 | 9 | 0,00015 |
| 6,5 | 0,00054 | 9,5 | 0,00012 |
| 7 | 0,00040 | 10 | 0,000098 |

Zur Prüfung auf Empfindlichkeit wird die Lichtwirkung auf der zu untersuchenden Schicht mit der Lichtwirkung auf einer anderen, welche sich in annähernd gleichmässiger Empfindlichkeit herstellen lässt, verglichen.

Zu diesem Zwecke ist der Apparat in der Weise anzuordnen wie die beigefügte schematische Abbildung (Fig. 25) zeigt. $abcdefg$ ist ein Kasten, in welchem im Lichten die Kanten $ab:ad:ag$ sich

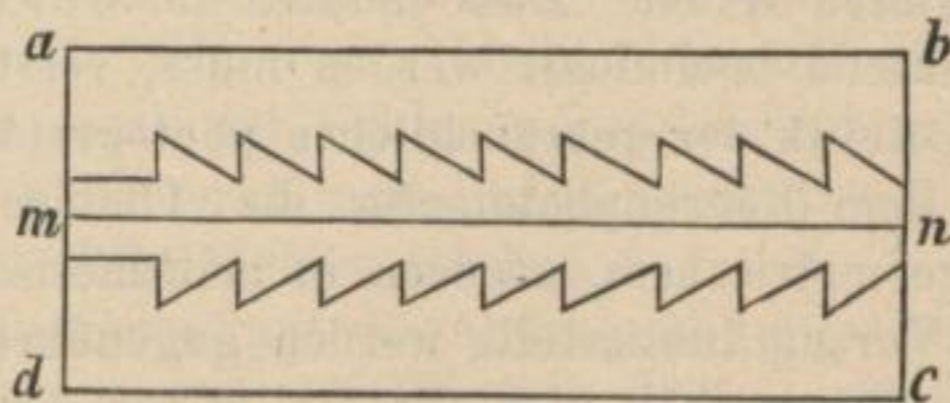
Fig. 25.



verhalten wie $10:4:1$. Die Decke $abcd$ wird, durch die oben besprochene und versilberte Glasplatte, die Silberschicht nach unten, gebildet, und op ist der in die Silberschicht eingeritzte feine Schlitz. lmn ist eine senkrechte Scheidewand, welche das Kästchen in zwei lange Kästen theilt. Bei der Oeffnung $g e$ sind Auflager angebracht, welche dazu dienen, die Probeschichten aufzulegen, so dass sie gerade um die Entfernung $\frac{ab}{10}$ vom Schlitz op entfernt sind. In der

Mitte unterhalb der Scheidewand lmn hat dies Auflager die in dem Grundriss (Fig. 26) abgebildete Sägeform. Die Zähne sind mit ihrer senkrecht zur Scheidewand stehenden Kante gegen den Schlitz op gerichtet, und der Abstand

Fig. 26.



von einem zum andern ist $\frac{ab}{10}$. Die auf die Auflager aufgelegten Schichten werden durch die lichtdicht schliessenden Deckel $i k$ und

gh fest gegen die Auflager gedrückt. — Der Schlitz *op* kann ganz oder jede Hälfte für sich durch Schieber lichtdicht geschlossen werden.

Die Art der Probe ist nun die folgende. Das Kästchen sei mit einem Trockenplattenstreifen und einem Streifen gesilberten Copirpapiers beschickt. Man bringt es mit geschlossenem Spalt in's Freie, öffnet beide Spalthälften, exponirt etwa 50 Secunden, schliesst den die Trockenplatte belichtenden Schieber, und exponirt das Copirpapier noch 450 weiteren Secunden, im Ganzen also zehnmal so lange als die Trockenplatte. In's Dunkelzimmer zurückgekehrt, liest man auf dem Copirpapier, ohne zu fixiren, ohne weiteres mit Hülfe der obigen Tabelle den Belichtungsgrad ab, während man die Trockenplatte entwickelt, und dann gleichfalls vor dem Fixiren abliest. Hätte man beispielsweise für das Copirpapier den Abstand 0,4, für die Trockenplatte aber den Abstand 7,5 gefunden, so würden sich ihre relativen Empfindlichkeiten verhalten wie 3:74000, d. h. die Trockenplatte hätte die 24700fache Empfindlichkeit des Copirpapiers.

Es ist uns nicht bekannt geworden, ob dieses Instrument praktisch ausgeführt resp. benutzt worden ist. Wir beschreiben es hier kurz, weil die Idee des Versuchs werth erscheint.

Die Brauchbarkeit desselben dürfte wesentlich abhängen von der Weite des Schlitzes. Ist derselbe sehr eng, so treten unfehlbar Beugungserscheinungen, d. h. Abwechselungen von Helligkeiten und Dunkelheiten ein, welche die vorausgesetzte allmähliche Abnahme der Helligkeit mit dem Abstände von der Oeffnung natürlich beeinflusst. Ist die Oeffnung weiter, so fällt dieser Einfluss weg.

Exponirt man aber das Instrument dem Tageslichte, so kann es nicht fehlen, dass bei bewölktem Himmel die verschiedenen Theile der zu prüfenden Platte an ganz verschiedenen Theilen des Himmels getroffen werden, der Punkt *a* (Fig. 24) vom Zenith, in dem möglicher Weise gerade eine Wolke steht, der Punkt *b* möglicher Weise von einem blauen Himmelsstück, der Punkt *c* wieder von einer helleren oder dunkleren Wolke. Dass dadurch die berechnete Lichtabnahme ganz bedeutend beeinflusst werden muss, versteht sich von selbst.

Kritik der gebräuchlichen photographischen Photometer. Oben ist bei dem Röhrenphotometer die Thatsache, dass dessen Grade nicht in geometrischem, sondern in arithmetischem Verhältnisse stehen, als ein Vorzug hingestellt worden gegenüber dem Scalenphotometer.

Nun verhält sich die Helligkeit der einzelnen Grade des Röhrenphotometers wie die Zahl der Löcher über jeder Röhre, unter welcher die zu prüfende Platte belichtet wird. So ist unter No. 1 (ein Loch) die Helligkeit 24mal so schwach als unter No. 24 (24 Löcher); wenn demnach zwei Platten unter dem Photometer gleich lange dem-

selben Licht ausgesetzt werden, und es erscheint bei der einen bei der Entwicklung Zahl 10, bei der andern Zahl 24, so heisst es, dass die Helligkeit unter 10, die nur $\frac{10}{24}$ von der Helligkeit unter 24 ist, ebenso starken Eindruck macht als die Helligkeit unter 24, demnach wird die erste Platte im Verhältniss 10:24, also nahe $2\frac{1}{2}$ mal empfindlicher sein. Hier bekommt man also direct das Verhältniss der Empfindlichkeit aus dem Verhältniss der Zahl der Löcher, unter welchen der erste Eindruck sichtbar wird; das scheint ein wesentlicher Vorthail gegenüber dem Scalenphotometer, dessen Grade nach geometrischem Verhältniss fortschreiten und keineswegs wie die Gradzahlen sich verhalten.

Diesen Vorthailen gegenüber tritt nun ein grosser Nachtheil; das sind die ganz ungleichen Intervalle zwischen zwei Graden. So ist unter einem Loch die Lichtstärke halb so gross als wie unter zwei Löchern. Es muss demnach, wenn die Lichtmenge unter 2 Löchern 100 genannt wird, die Lichtstärke um 100 steigen, um unter einem Loch dieselbe Anfangswirkung hervorzubringen, als wie unter zwei.

Es folgt daraus, dass wenn z. B. bei einer Platte Zahl 2 herauskommt, bei derselben Zeit eine doppelt so empfindliche Platte Zahl 1 herausbringen würde; eine $1\frac{3}{4}$ mal so empfindliche würde aber nicht 1, sondern auch nur Zahl 2, wenn auch intensiver herausbringen, so dass sich unter solchen Umständen Platten nach der Gradzahl als gleich erweisen werden, deren Empfindlichkeit sich wie 4:7 verhält.

Die Helligkeit H ist der Zahl der Löcher m proportional. So steigt die Helligkeit von m bis $m + 1$ auf $\frac{1}{m} \times 100$ in Procenten und ebenso viel fällt sie bei $m - 1$ Löchern, das Wachsthum an Helligkeit ist also bei jedem Grad verschieden; sehr gross, wenn m klein ist, und gering, wenn m gross ist. Sie muss demnach bei Grad 10 um 10% steigen, wenn sie unter Grad 9 die Anfangswirkung ebenfalls hervorbringen will. Eine Steigung um 5%—8% bleibt demnach sicher ohne Wirkung; — ebenso gross ist der Fehler. Vergleicht man in dieser Art Grad 20 und 19, so bemerkt man Unterschiede von 5%, und kann man dann mindestens 3% Fehler machen.

Es liegen also abermals in Bezug auf die Anfangswirkung Fehler vor, die das Instrument in Bezug auf die Grade 1—20 wenig empfindlich macht. Nur von 20—25 halten sie sich innerhalb der Fehlergrenzen der gewöhnlichen Photometrie; sie sind aber für jedes Intervall verschieden. Die Frage, inwieweit Unterschiede von 5% durch die Anfangswirkung sich markiren werden, halten wir noch für eine offene.

Anders ist es nun beim Schichtenphotometer. Ist die Zahl der Schichten x , die Helligkeit unter einer Schicht $\frac{1}{n}$ so ist die Helligkeit unter x Schichten $\frac{1}{n^x}$. Es muss demnach n^x mal so viel Licht auf die x Schichten fallen, um dieselbe Wirkung, (Anfangswirkung) unter x Schichten auszuüben, wie die Lichtstärke 1 unter einer Schicht. Bei dem Grade $x + 1$ wird n^{x+1} mal so viel Licht nöthig sein.

Demnach steigt die Lichtmenge, wenn nach Grad x Grad $x + 1$ sichtbar werden soll um $n^{x+1} - n^x$. Berechnen wir dieses von n^x ausgehend auf Procente, so erhalten wir $\frac{n^{x+1} - n^x}{n^x} \times 100 = (n - 1) \times 100$.

1. Daraus geht hervor, dass die Zunahmen des Lichtes in Procenten von einem Grad zum andern bei allen Graden des Schichtenphotometers gleich sind, weil die Zahl n eine konstante ist,

2. dass diese Zunahme gleich dem um eins verminderten Absorptionscoefficienten für eine Schicht ist, multiplicirt mit 100.*)

Daraus folgt, dass in der That das Schichtenphotometer Vortheile vor dem Röhrenphotometer voraus hat.

Bei Vogel's Photometer beträgt die Zunahme 0,27 von einem Grad zum andern ($n - 1 = 0,27$), dieses mit 100 multiplicirt liefert 27 %.

Man kann aber durch Wahl eines weniger stark absorbirenden Materials, bei welchen n kleiner ist, ein geringeres Wachsthum der Grade erzielen. Ist z. B. $n = 1,1$, so ist $n - 1 = 0,1$, demnach die Zunahme von Grad zu Grad nur 10 %. Dann bleiben die Fehler innerhalb der Zahl 10 %. Ist $n = 1,05$, so bleiben sie innerhalb 5 %. Dadurch hat man es in der Gewalt, das Schichtenphotometer rascher steigen, d. h. empfindlicher zu machen.

Bedingung ist, dass das Schichtenphotometer aus ganz gleichartigen Lagen genau construirt und n nicht zu gross ist. Warnerke's Scala hat einen zu grossen Absorptionscoefficienten, die einzelnen Grade steigen um 34,7 % der nächst niederen; dadurch sind Fehler bis 30 % möglich; diese sind für Trockenplattenprüfungen viel zu gross.

Vogel's Photometer würde sich — obgleich es ursprünglich gar nicht zur Trockenplattenprüfung bestimmt ist — dafür günstiger stellen, indem es nur Fehler von 20 % aufweist.

*) Unter Absorptionscoefficient wird die Zahl verstanden, mit welcher man die ursprüngliche Lichtstärke dividiren muss, um die durch Absorption nach Durchgang durch eine Schichtenlage verminderte Lichtstärke zu erhalten.

VII. Die photographischen Lichteinheiten.

Allgemeines. In der optischen Lichtmessung (d. h. Messung der Lichtwirkung auf unser Auge) ist man nach langer Mühe zu einer brauchbaren Lichteinheit (die Hefner-Altenecklampe) gekommen. Da diese jedoch arm an den auf die Mehrzahl der photographischen Schichten wirkenden blauen Strahlen ist, so hat man nach einer anderen Lichteinheit für photographische Zwecke gesucht.

Bunsen-Roscoe's chemische Lichteinheit. Zur Vergleichung der chemischen Wirkung der verschiedenen Lichtquellen bediente sich Bunsen einer Normalflamme von Kohlenoxydgas, die aus einem Platinbrenner von 7 mm Oeffnung ausströmt und in der Secunde 5 ccm Gas verbraucht. Die Wirkung einer solchen Flamme in 1 mm Entfernung nahm er als die chemische Lichteinheit und 10000 solcher Einheiten als einen chemischen Lichtgrad an. So fand er z. B., dass eine Steinkohlengasflamme chemisch doppelt so stark wirkte (bei gleichem Gasverbrauch), als die Kohlenoxydflamme, optisch (in Bezug auf die gewöhnliche Leuchtkraft) dagegen 160mal so stark. So ungeheuer verschieden sind die Verhältnisse der chemischen und optischen Leuchtkraft bei verschiedenen Lichtquellen. Anders ist es aber bei einer und derselben Lichtquelle. Hier bleibt, wie Bunsen constatirte, die optische Leuchtkraft der chemischen proportional, und dadurch wird es möglich, letztere mit Hülfe der ersteren zu berechnen, wenn für eine einzige optische Lichtstärke die zugehörige chemische Intensität gemessen ist. Die so erhaltenen Resultate gelten freilich nur für die chemische Wirkung des Lichtes auf Chlorknallgas, da dieses aber keineswegs für alle Strahlen chemisch empfindlich ist, so sind daraus gezogene Schlüsse nur für Körper von ähnlicher Empfindlichkeit gültig.

Warnerke's Lichteinheit haben wir bereits oben besprochen und zur Genüge nachgewiesen, dass sie den Namen einer Lichteinheit nicht verdient.

Von einer Lichteinheit verlangt man vor Allem Constanz; solche ist bei der Phosphoreszenztafel auch nicht entfernt vorhanden.

Brennendes Magnesium als Lichteinheit. Magnesiumlicht kommt in seiner Qualität dem Tageslicht ziemlich nahe und deshalb liegt der Gedanke nahe, eine bestimmte Quantität abgebrannten Magnesiums als Lichteinheit zu benutzen. Auch der Verfasser hat auf diese Lichteinheit grosse Hoffnungen gesetzt, bis sich herausstellte, dass die Lichtquantität, welche dieselbe Menge Magnesium ausgiebt, ganz ausserordentlich vom Grade ihrer Vertheilung abhängt; so geben zwei

Magnesiumdrähte, dicht neben einander verbrannt, keineswegs die doppelte, drei Drähte keineswegs die dreifache Lichtmenge wie ein einfacher allein brennender Draht. Haberlandt machte zuerst auf diese Thatsache aufmerksam.*)

Schultz-Hencke machte darauf hin, veranlasst vom Autor, Versuche; indem er dieselbe Menge Draht in ein-, zwei- und dreifacher Wickelung verbrannte und die Lichtmenge mit Vogel's Photometer mass. Nachfolgende Tabelle giebt die Resultate.

| Gewicht d. verbrannten
Magnesiums | Brennzeit | Abgelesener Grad
in Vogel's
Photometer
25 cm Entfernung | Relativer
Lichteffect
abgekürzt |
|--------------------------------------|-----------|--|---------------------------------------|
|--------------------------------------|-----------|--|---------------------------------------|

1. Einfacher Draht:

| | | | |
|--------------------|-----|--------|------|
| 3,774 gr | 19' | 14—15° | } 28 |
| 3,450 " | 22' | 14—15° | |
| 3,4418 " | 16' | 14° | |

2. zweifach zusammengelegter Draht:

| | | | |
|---|----------------------------------|--------|------|
| 3,6878 gr | 12' | 13—14° | } 22 |
| 3,6856 " (die Lampe
erlosch mehrmals.) | 13' 16'' | 13° | |
| 3,7086 gr | 12 ¹ / ₄ ' | 13° | |

3. dreifach zusammengelegter Draht:

| | | | |
|--------------------|---------------------------------|--------|------|
| 3,698 gr | 8 ³ / ₄ ' | 12—13° | } 18 |
| 7,6096 " | 7 ¹ / ₂ ' | 12—13° | |
| 3,3774 " | 8' | 12—13° | |

4. sechsfach zusammengelegter Draht:

| | | | |
|--------------------|---------|--------|----------------------------------|
| 3,400 gr | 4' 45'' | 10—11° | } 12 ¹ / ₃ |
| 3,4540 " | 4' 45'' | 10—11° | |
| 3,3695 " | 4' 45'' | 10—11° | |

Das Abbrennen geschah mit Süss'scher Lampe. Da die verwendeten Drahtquantitäten ungefähr gleich sind, so ersieht man aus der Tabelle, dass ein Draht bestimmten Gewichts, in einfacher Lage verbrannt, etwa 2¹/₄ mal so viel Licht liefert, als derselbe Draht sechsfach zusammengelegt.

Auch die Hoffnung, in Gädicke-Miethe's Blitzlicht (Verpuffungslicht) oder im Magnesiumpustlicht, eine feste Lichtquelle zu

*) Photogr. Mittheilungen XXV, p. 299.

schaffen, hat sich bis jetzt nicht realisirt. Je nachdem bei ersterem der Stoff breiter oder schmaler gehäuft wird, brennt dieselbe Menge mit verschiedenen Intensitäten ab. Bei dem Pustlicht geht fast immer ein Theil des durchgeblasenen Pulvers unverbrannt durch die Flamme. Es ist aber die Hoffnung vorhanden, dass durch sorgsame Absiebung der gröberen Theile und durch Anwendung heisser Flammen, dieser Uebelstand gehoben wird und dann würde ein Quantum von höchstens 5 cg in die Flamme gepusteten Magnesiums die beste Lichteinheit sein.

Hefner's Lampe (s. o. p. 22 ff.) ist in Ermangelung von blauerem Lichte schon vielfach zur photographischen Lichtmessung empfohlen worden. Die Wirkung der Normallampe auf photographischer Platte ist der Art, dass man mit Warnerke's Scala bei einem Abstände der Lampe von 25 cm in zehn Secunden nahezu dasselbe Resultat erhält, wie mit der Phosphorescenzplatte Warnerke's in einer Minute. Man kann gegen das Licht nur den Einwand äussern, dass es arm an blauen Strahlen ist, die bei den photographischen Messungen (abgesehen von farbenempfindlichen Platten) zuerst in Betracht kommen.

Andere Lichteinheiten. Bei den früher erwähnten Kohlensäure-, Quecksilber- und ähnlichen Photometern dient die Menge des ausgeschiedenen Stoffes, Quecksilberchlorid, Kohlensäure, als Maass für die Lichtintensität.

Man sieht hieraus, dass das chemische Photometer noch im Werden begriffen ist. Ein Instrument, welches sich einer so durchschlagenden Anwendung erfreut, wie das Thermometer in der Wärmemesskunde, giebt es leider noch nicht. Auch das Radiometer kann nicht dazu gerechnet werden (s. Bd. I, p. 28), seitdem erkannt ist, dass die verschiedenen Instrumente in Bezug auf Geschwindigkeit der Umdrehung ausserordentlich differiren und dass sie von Jahr zu Jahr schlechter werden, und dass es die schwach brechbaren Strahlen sind, welche hauptsächlich darauf wirken. Unser Bd. I, p. 28, erwähntes Radiometer steht an trüben Wintertagen, die auch noch chemische Wirkung ausüben, vollständig still. Ein gewisses Renommé hat sich Bunsen's Chlorknallgasphotometer verschafft, in sofern als er im Verein mit Roscoe versucht, damit ausführliche Daten über die chemische Helligkeit des Tages- und Sonnenlichts zu gewinnen. Es sind das die grossartigsten Untersuchungen, welche über diesen wichtigen Punkt gemacht worden sind.

Zu bedauern bleibt es nur, dass sie mit einem Instrumente gemacht wurden, welches zu sehr vielen Unzuträglichkeiten Veranlassung giebt, die selbst die Geduld der Erfinder „auf die härteste Probe stellten“ und dass nach neueren Untersuchungen von Pringsheim

überhaupt das Chlorknallgas als photometrisches Material mehr als zweifelhaft erscheint, indem es nur bei Gegenwart von Wasser lichtempfindlich ist und hierbei secundäre Processe vor sich gehen, welche die Exactheit des Resultats wesentlich beeinflussen. Wir haben Bunsen-Roscoe's Instrument und Pringsheim's Resultate Bd. I p. 33—38 eingehend besprochen und verweisen darauf.

Eine der schlimmsten Mängel des Chlorknallgases ist, dass es viel zu wenig empfindlich ist. Bunsen und Roscoe konnten z. B. eine chemische Wirkung des Sonnenlichtes unter 7° Sonnenhöhe nicht constatiren, während Schreiber dieses von der untergehenden Sonne schon 1867 eine Momentaufnahme auf Collodium machte.

Dennoch gelang es Bunsen und Roscoe mit ihrem so schwer zu behandelnden Instrument, eine grössere Zahl Messungen über die chemische Helligkeit des Tageslichts zu machen, die noch heute die Grundlage unserer chemischen Meteorologie bilden (s. u.).

Chemische Helligkeit verschiedener Lichtquellen. Eder und Valenta geben interessante Vergleiche über die chemische und optische Leuchtkraft verschiedener Lichtquellen.

| Benützte Lichtquelle in einer Distanz = 1 m | Relative optische Helligkeit | Relative chemische Leuchtkraft bezüglich der Wirkung auf Bromsilbergelatine | |
|---|------------------------------|---|---|
| | | Zeitdauer der Einwirkung der Lichtquelle in Secunden | Chemische Leuchtkraft (photographische Wirkung) |
| 1. Hefner-Alteneck's Amylacetat-Lampe | 1 | 1 | 1 |
| 2. Drummond'sches Kalk-, Magnesia- oder Zirkonlicht | 70 | 1 | 260 |
| 3. Gaslicht (Argandbrenner) . . . | 16 | 1 | 28 |
| 4. Magnesiumband, wovon 9,6 cm = 0,05 g sind und in 7 Sec. verbrennen | 80 | 7 | 11400 |
| 5. Magnesiumband, wovon 19,2 cm = 0,1 g sind und in 13 Sec. verbrennen | | 13 | 22400 |
| 6. Magnesium als Blitzlicht; entweder durch eine Flamme geblasen, oder als Blitzpulver mit Hypermanganat, Chlorat etc. gemischt und entzündet | | | |
| 0,1 g Magnesium enthaltend | ? | $\frac{1}{7}$ — $\frac{1}{30}$ | 10000—20000 |
| 4 g " " | | $\frac{1}{10}$ | 200000 bis 500000 |
| 7. Electricisches Bogenlicht . . . | 400 | 1 | 4000 |

Hieraus geht hervor, dass das Drummond'sche Kalk-, Magnesia- oder Zirkonlicht dem menschlichem Auge 70mal heller als eine Kerze (Amylacetat-Lampe) erscheint, dagegen ist die photographische Wirksamkeit auf Bromsilber bei ersterem 260mal grösser; Gaslicht erscheint optisch z. B. 16mal heller als eine Kerze, wirkt aber auf Bromsilber 28mal stärker ein und brennendes Magnesiumband (von obiger Beschaffenheit) ist optisch 80mal heller, photographisch aber 1630mal stärker wirkend als eine Kerze. — Hierher gehört auch die von Michalke (Phot. Mitth. 1890, Bd. 24, S. 195) gemachte Beobachtung, dass das gedämpfte Tageslicht bei gleicher optischer Helligkeit wie das Licht einer Amylacetat-Kerze dennoch 10mal wirksamer auf Bromsilbergelatine als letzteres ist.

Berechnet man die chemische Leuchtkraft auf Secunden-Meter-Kerzen*) und ermittelt den Effect, welcher sich ergeben würde, wenn das Licht während einer Secunde anhalten würde, so resultirt folgende Tabelle (Eder):

| | Relative Wirkung
auf Bromsilbergelatine
berechnet auf
Secunden-Meter-Kerzen |
|--|--|
| 1. Amylacetat-Lampe (Hefner-Alteneck) | 1 |
| 2. Magnesiumband, wovon 0,05 g = 9,6 cm lang sind | 1 630 |
| 3. Schirm'sche Lampe (mit 0,05 g Magnesiumpulver) | 145 600 |
| 4. Schirm'sche oder Beneckendorff'sche Lampe (mit 0,1 g Mg.) | 252 000 |
| 5. Haake-Albers-Lampe (mit 0,3 g Mg.) | 505 000 |
| 6. Sinsel-Dorn-Lampe (mit 1 g Mg.) | 1 400 000 |
| 7. Loehr'sche Lampe (mit 1 g Mg.) | 1 053 000 |
| 8. Explosivpulver (mit 1,5 g Mg. uebst Chlorat und Perchlorat) | 5 000 000 |
| 9. Explosivpulver (mit 4 g Mg.) | 10 000 000 |

Wenn man bedenkt, dass „gutes Licht“ im Atelier des Photographen auf das horizontale Photometer im Durchschnitt einen chemischen Effect von 50 000—100 000 Secunden-Meter-Kerzen äussert, dass directes Sonnenlicht (senkrecht auf das Photometer einfallend) bei einem Versuche am 24. October 1890 um 9 Uhr Vormittags in Wien bei fast wolkenlosem Himmel eine Wirkung von 450 000 Secunden-Meter-Kerzen äusserte, dass ferner das elektrische Bogenlicht von 4 Lampen à 2000 Kerzen optischer Helligkeit (also zusammen von 8000 Kerzen optischer Helligkeit) eine chemische Leuchtkraft für Bromsilbergelatine von beiläufig 100 000—300 000 Kerzen hat, so ergibt sich, dass das Magnesiumpulver von allen bis jetzt bekannten künstlichen Lichtquellen bei der kürzesten Verbrennungsdauer den relativ stärksten chemischen Effect äussert. Weiteres siehe im Capitel über künstliches Licht und Anhang.

VIII. Das photographische Reciprocitätsgesetz bei entwickelten Schichten nach Dr. Miethe und Michalke.

Bisher nimmt man nach Bunsen und Roscoe an, dass das Product aus Lichtintensität und Belichtungszeit bei denselben Platten dieselbe photographische Wirkung erzeugt, dass man also z. B. ein gleich durchexponirtes Negativ erhält, wenn man bei 100 Kerzen Stärke

*) Die Wirkung einer Einheitskerze (Hefner) in 1 m Entfernung bei einer Secunde Exposition.

2 Secunden, oder bei 10 Kerzen Stärke 20 Secunden exponirt. L. Weber sagte, dass dieses Gesetz innerhalb sehr weiter Grenzen richtig sei. Dr. Miethé hat diese Richtigkeitsgrenzen genauer bestimmt, um daraus zu entnehmen, ob die Photographie zur Messung der Helligkeit der Sterne brauchbar sei oder nicht. Er fand, entsprechend früheren Beobachtungen, dass die photographischen Platten (mit Entwicklung) sich bei steigender Exposition bis zu einem Maximum schwärzen und dann wieder bei weiterer Belichtung in Intensität abnehmen. Wenn die Lichtmenge, welche einen eben sichtbaren Anfangseindruck auf die Platte macht, mit 1 bezeichnet wird, so tritt das Maximum bei etwa 1000 ein. Dr. Miethé wies nun nach, dass bei sehr schwachem Licht, welches sich der Intensität 1 nähert, das Gesetz, dass die Expositionsdauer mit Lichtintensität multiplicirt, gleiche Zahlen ergeben müsse, nicht mehr richtig ist. So ergaben sich belichtete Platten nach dem Entwickeln als gleich, wenn das Product einerseits 10, andererseits 12,5 war, bei anderen Versuchen 10, resp. 15; 12, 15 resp. 17.

Wenn aber die angewendete Lichtmenge 4 bis $4\frac{1}{2}$ mal so gross war, als nöthig ist, um eine eben sichtbare Anfangswirkung zu erzielen, so erwiesen sich die Producte aus Lichtstärke und Zeit als gleich, und dieses Gesetz gilt dann bis zur 1000fachen Lichtmenge.

Dr. A. Miethé gelang es nun auch, den Grund der Abweichungen von gedachtem Gesetz bei sehr geringen Helligkeiten nachzuweisen. Derselbe liegt in der Vorbelichtung, wie sie die Platten bei der Fabrikation, dem Verpacken, dem Handtiren erfahren. Dr. Miethé constatirte, dass seine Platten (deren Empfindlichkeit gering war) bei 50 Secunden Belichtung im rothen Licht schleierten, dagegen 40 Secunden ohne Nachtheil vertrugen. Solche vorbelichtete Platten folgten nun den gedachten, von Bunsen und Roscoe zuerst (für Chlorsilberpapier) aufgestellten Gesetze auch bei ganz geringen Lichtmengen. Rothés Licht verhielt sich anders als blaues. Die Schwärzungszunahmen mit verlängerter Belichtung sind hier bei rothem Licht merklich geringer bei gewöhnlichen Platten. So erwiesen sich folgende Schwächungen als gleich:

| Blaues Licht | | Rothés Licht | |
|------------------|----------------------|------------------|----------------------|
| Entfernung
cm | Belichtungs-
zeit | Entfernung
cm | Belichtungs-
zeit |
| 160 | 2 | 15 | 10 |
| 160 | 3 | 15 | 20 |
| 160 | 5 | 15 | 40 |
| 160 | 7 | 15 | 80 |
| 160 | 16 | 15 | 160 |

Demnach wirkt die $1\frac{1}{2}$ fache Belichtung bei Blau ebenso gut wie die doppelte bei Roth, die $2\frac{1}{2}$ fache bei Blau ebenso gut wie die 4 fache bei Roth, dagegen zeigte sich dieser Fehler bei einer Erythrosin-silberplatte in viel geringerem Maasse, so dass Dr. A. Miethe sagt, dass bei Anwendung farbenempfindlicher Platten dieser Fehler hoffentlich ganz zu beseitigen sei.

Aus diesen Versuchen können wir gleich einen interessanten Schluss ziehen. Immer und immer wieder taucht die falsche Behauptung auf, man könne auch mit gewöhnlichen Platten farbenempfindliche Effecte erzielen, wenn man durch ein gelbes Glas belichte. Dass diese Behauptung unsinnig sein muss, geht schon daraus hervor, dass, wie wir vor 10 Jahren nachgewiesen haben, eine Eosin-collodiumplatte 60mal gelbempfindlicher ist als eine gewöhnliche. Da nun die gelbe Scheibe die Gelbempfindlichkeit nicht vermehrt, sondern nur die blauen Strahlen zum Theil verschluckt und damit deren Wirkung herabmindert, so folgt von selbst, dass bei Anwendung derselben Gelbscheibe die Gelbwirkung auf der gewöhnlichen Platte 60mal geringer sein muss, als auf der Eosinplatte. Angenommen aber, man exponirt bei ersterer 60mal länger, so kann doch nimmermehr derselbe Effect herauskommen, denn aus obiger Tabelle geht hervor, dass bei gewöhnlicher (blau-empfindlicher) Platte eine 16mal längere Belichtung in rothem Lichte keine grössere Schwärzung erzielt, als eine 8mal längere in blauem. Das Resultat kann somit nur ein flaes Bild sein.

Lohse fand denn auch, dass bei gewöhnlichen Platten, die ja auch sehr schwach rothempfindlich sind, ein in blauem Licht erzeugtes Spectrumbild viel contrastreicher ist, als ein selbst bei langer Belichtung im Roth gewonnenes.

Dr. Michalke hat nun denselben Gegenstand experimentell und theoretisch weiter behandelt (Photogr. Mittheil. 1890 p. 262). Er sagt:

Das Reciprocitätsgesetz lässt sich unter folgender, wenn auch vorläufig noch hypothetischer Voraussetzung ableiten. Die Voraussetzung besteht in der Annahme, dass die Zahl der in jedem Zeittheilchen durch das Licht reducirten Molekeln proportional sei der Anzahl der überhaupt vorhandenen, noch reducirbaren Molekeln, ferner der indicirten Helligkeit und der Zeitdauer.

Sind in der Schicht der Trockenplatte auf einem Flächenstück (etwa 1 qmm) n reducirbare Molekeln, so werden, nachdem die Belichtung t Secunden angedauert hat, eine gewisse Anzahl etwa x Molekeln beeinflusst sein, demnach noch $(n-x)$ Molekeln reducirbar bleiben. In einem kleinen folgenden Zeittheilchen, das mit dt bezeichnet werde, mögen dx Theilchen reducirt werden. Man hat alsdann, wenn h die indicirte Helligkeit ist,

$$dx = p (n-x) h dt, \quad \dots \dots \dots 1)$$

wobei p ein Proportionalitätsfactor ist, welcher die Empfindlichkeit der Platte bestimmt. (Nimmt man an, dass unter Vermittelung des Lichtes eine partielle

Wiedervereinigung der gespaltenen Molekeln eintrete, so würde hierzu noch subtractiv das Glied $qxf(h)dt$ kommen.

Die Gleichung 1) ergibt, wenn p eine unveränderliche Grösse ist

$$t = \int_0^x \frac{dx}{p(n-x)h}$$

Man hat hiernach: $x = n \left(1 - e^{-pht} \right)$ 2)
als die Anzahl der reducirten Theilchen, wenn das Flächenstück t Secunden die indirecte Helligkeit h hatte.

Die Anzahl der reducirten Silbertheilchen, welche die Schwärzung der Platte bedingen, würde hiernach durch eine Exponentialformel bestimmt sein.

Die Transparenz der Schicht zur Zeit t würde demnach bestimmt sein durch

$$T = e^{-ax}$$
 3)

wobei a wieder eine Constante ist und für x der aus Gleichg. 2) bestimmte Werth zu setzen ist.

Unter obigen einfachen Voraussetzungen ergibt sich somit eine Formel (2), in welcher h und t als Product vereinigt stehen. Es würde hieraus folgen, dass h und t , also indicirte Helligkeit und Belichtungsdauer, bezüglich ihrer Einwirkung im umgekehrten Verhältniss stehen, oder da ht die indicirte Lichtmenge ist, dass die Schwärzung nur von der indicirten Lichtmenge abhängt, oder kurz, dass das Reciprocitätsgesetz richtig sei.

In Wirklichkeit sind die Vorgänge in der Trockenplatte complicirter Natur, als oben angenommen. Es muss daher zu obigen Formeln noch eine Correction kommen. Dies wird jedoch auf folgende Erwägungen einen nur sehr geringen Einfluss ausüben, so dass sie hierfür nicht in Frage kommt.

Durch Differentiation von 2) folgt

$$dx = nphe^{-pht} dt$$
 4)

Dieser Ausdruck für dx (Zunahme der reducirten Molekeln in dem Zeittheilchen dt), ist um so kleiner, je grösser t wird; d. h. die Zunahme der durch die Belichtung beeinflussten Molekeln wird mit wachsender Expositionszeit geringer.

Zur Zeit t_1 seien x_1 , zur Zeit t_2 seien x_2 Theilchen reducirt. Man hat mit Benutzung von 3) für das Verhältniss der Transparenzen

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{a(x_2 - x_1)}$$
 5)

x_2 und x_1 ist aber die Anzahl der in dem Zeitintervall t_2 und t_1 reducirten Theilchen. Diese wird nach obigem (Gleichg. 4) mit wachsender Expositionszeit kleiner, es wird daher auch der Ausdruck 5) mit wachsender Expositionszeit abnehmen. Das heisst: Das Verhältniss der Transparenzen zweier Stellen der Trockenplatte wird, wenn das Verhältniss der Expositionszeiten t_2/t_1 constant bleibt (oder auch bei bestimmtem Verhältniss der indicirten Helligkeiten) mit steigender absoluter Expositionszeit abnehmen. Die experimentelle Bestätigung dieses Satzes ist bereits oben behandelt worden.

Wie oben erwähnt, sind Abweichungen von dem Reciprocitätsgesetz vorhanden. Diese Abweichungen sind in folgender Weise mit einer zweitheiligen

Schiebecassette (s. u. p. 75) zu prüfen. Indem man den unteren Schieber völlig herauszieht, lässt man die Helligkeit h t Secunden lang einwirken. Nach Schliessen des unteren Theiles und Herabminderung der Helligkeit auf den n ten Theil ($\frac{h}{n}$) zieht man den oberen Schieber in bestimmten Zeitintervallen (etwa 6 % Zunahme) centimeterweise heraus. Wählt man letztere Expositionszeiten so, dass sie in der Nähe von nt liegen, so wird man ein Feld finden, welches bei der Entwicklung gleiche Schwärzung, wie die untere Plattenhälfte zeigt.

Die Aenderung der indicirten Helligkeit kann durch Aenderung der Entfernung der Lichtquelle geschehen, wodurch jedoch leicht sich Fehler einschleichen können. Um den Versuch möglichst einwurfsfrei zu gestalten und der Praxis anzupassen, wurden zumeist von einer transparent erhellten Milchglasscheibe n kreisförmige Felder herausgeblendet. Die Milchglasscheibe bildete den vorderen Verschluss eines Holzkastens, in welchem eine Gasflamme unter constantem Druck brannte. Die Constanz der Flammenhelligkeit wurde öfters photometrisch controlirt. Durch besondere Vorrichtungen wurde jegliches von der Flamme etwa ausgehende Nebenlicht beseitigt. Bei verdeckter Milchglasscheibe war auf einer in etwa 1 m Entfernung aufgestellten Trockenplatte nach 15 Minuten noch keine Einwirkung nachzuweisen. Die Lichtstrahlung der n Blendenöffnungen betrug durchschnittlich 0,02 Hefnerkerzen. Die Trockenplatte befand sich in der Entfernung von 1,5—2 m. Durch Vorbeischieben eines Cartons mit passend gewählten Ausschnitten wurde in einfacher Weise ermöglicht, alle Oeffnungen gleichzeitig oder nur eine wirken zu lassen. Um keine Oeffnung zu bevorzugen, wurde der Carton so zugeschnitten, dass durch dessen Verschiebung die Oeffnungen einzeln nach einander zur Wirkung kamen. Liess man alle n Oeffnungen gleichzeitig t Secunden lang wirken, so hatte man auf der Trockenplatte die indicirte Lichtmenge nht , öffnete man die Blenden einzeln, jede t Secunden lang, so hatte man ebenfalls wirksam die indicirte Lichtmenge nht nur auf eine n mal längere Zeit vertheilt. Der Versuch ergibt, dass bei letzterer Versuchsanordnung die Schwärzung der Trockenplatte geringer ist, als bei ersterer. Es ist also bei letzterer Anordnung eine längere Expositionszeit nöthig, um dieselbe Schwärzung zu erzielen. Man sucht nun bei obigem Versuch dasjenige Feld der oberen Plattenhälfte, welches mit der unteren gleiche Transparenz hat, was leicht zu finden ist, und kann so diejenige Expositionszeit bestimmen, welche bei Herabminderung der Helligkeit auf den n ten Theil nöthig ist, um gleiche Schwärzung zu erhalten.

Für eine Platte von Herzog ergaben sich auf diese Weise folgende Abweichungen vom Reciprocitätsgesetz:

| Indic. Helligk. | Berechn. Expos.-Zeit | Richtige Expos.-Zeit | Abweichung. |
|-----------------|----------------------|----------------------|-------------|
| 1 | 1 | 1 | — |
| $\frac{1}{4}$ | 4 | 4,8 | 20 % |
| $\frac{1}{16}$ | 16 | 20 | 25 % |
| $\frac{1}{25}$ | 25 | 32 | 30 % |
| $\frac{1}{36}$ | 36 | 48 | 33 % |

In dieser Tabelle sind in erster Colonne die für die Trockenplatte vorhandenen indicirten Helligkeiten, in zweiter die nach dem Reciprocitätsgesetz berechneten Expositionszeiten, in dritter Col. die durch den Versuch gefundenen Expos.-Zeiten, in letzter Col. die Abweichungen

der berechneten von den richtigen Expos.-Zeiten angeführt. Man sieht, dass die procentuale Abweichung mit der verminderten Helligkeit zunimmt.

Diese Zahlen gelten für Gaslicht bei geringen indicirten Helligkeiten. Bei sehr stark actinisch wirkenden Lichtquellen wird vermuthlich die Abweichung eine grössere sein. Unabhängig scheinen die Abweichungen davon zu sein, wie gross man die Einheit der Expositionszeit nimmt. Um dies mit der Schiebecassette zu constatiren, wurden auf der oberen Plattenhälfte bei der Helligkeit h die einzelnen Felder 4.20 bis 4.400 Secunden exponirt. Auf der unteren Plattenhälfte wurden bei der vierfachen Helligkeit ($4h$) die einzelnen Felder von 1.16 bis 1.320 Secunden exponirt. Bei der Entwicklung zeigten die Felder von der Expositionszeit 4.20 der oberen und 1.16 der unteren Plattenhälfte, 4.26 der oberen und 1.21 der unteren u. s. f. bis 4.400 der oberen und 1.320 der unteren stets gleiche Schwärzung. Es folgt hieraus, dass in dem Intervall der einfachen (16 Sec.) bis zur 20 fachen (320 Sec.) Belichtungszeit die procentuale Abweichung vom Reciprocitätsgesetz (bei Abschwächung der Helligkeit auf den vierten Theil) stets denselben Werth hat (20%). Es wird daher die Grösse der Abweichung nur von der Helligkeit abhängen.

Die Schwärzung S der Trockenplatte wird sich demnach allgemein darstellen lassen:

$$S = f [ht (1 + ch)]$$

wobei c eine constante Grösse ist. Die Function f wird sich erst bestimmen lassen, wenn über den inneren Vorgang der Trockenplatte mehr Kenntniss herrschen wird. Angenähert wird sich die Anzahl der in der Zeit t durch die indicirte Helligkeit h reducirten Theilchen nach Gleichg. 2) darstellen lassen:

$$x = n \left[1 - e^{-pht(1+ch)} \right] \dots \dots \dots 2a)$$

Dementsprechend würde sich auch die Transparenz-Formel 3) ändern. Diese Formel würde ausdrücken, dass bei der Belichtung einer Platte die Helligkeit einen stärkeren Einfluss als die Zeit ausübt, daher reicht bei halber Helligkeit die doppelte Expositionszeit nicht aus, um dieselbe Schwärzung zu erzielen, während bei halber Expositionszeit die doppelte Helligkeit eine verhältnissmässig zu starke Schwärzung herbeiführen würde. Die Grösse der Constanten c giebt die Abweichung vom Reciprocitätsgesetz. Sie ist für verschiedene Plattensorten verschieden. Bei Prüfung verschiedener Platten von Schleussner, Angerer, von Werth & Co. wurden geringere Abweichungen als bei den Herzogplatten bemerkt. Bei Verminderung der indicirten Helligkeit auf $\frac{1}{4}$ musste die Expositionszeit nur um 5—9% höher angenommen werden, als die Rechnung ergab. (Bei Herzogplatten betrug in diesem Falle die Abweichung ca. 20%.)

In wie weit der Guss der Platten von Einfluss für die Abweichung vom Reciprocitätsgesetz ist, namentlich, ob die Dicke der Gelatineschicht, wodurch die Herzogplatten sich auszeichnen, die Grösse der Abweichung bedingen, ferner in wie weit der Gehalt an Chlor- und Bromsilber maassgebend ist, lag

ausserhalb des Rahmens der in Betracht kommenden Untersuchungen. Ebenso ist nicht festgestellt worden, ob bei verhältnissmässig grösseren indicirten Helligkeiten, wie sie in der Praxis vorkommen, dieselbe Abweichung bestehe. Es liegt jedoch kein Grund vor, anzunehmen, dass hier die Abweichung eine geringere sein sollte.

Für die Praxis interessirten weniger die Schwärzungsverhältnisse bei Unter- und Ueberbelichtung, wie sie in obigen Formeln mit enthalten sind, sondern nur das Intervall der günstigen Belichtungszeit. Für dieses ist bereits früher gezeigt worden, dass das Verhältniss der Transparenzen angenähert dem der Expositionszeiten, resp. dem der indicirten Helligkeiten, ist. Für dieses Intervall würde man obige Formel mit hinreichender Genauigkeit (in einer Reihe entwickelt) schreiben können

$$S = qht(1 + ch) \quad \dots \dots \dots 6)$$

Für die Herzogplatten kann man die Grösse der Abweichung c berechnen. Es ist für $h = 1$ und $t = 1$

$$S_1 = q(1 + c).$$

Setzt man den Ausdruck $S_1 = 1$, so folgt für $h = \frac{1}{4}$, $t = 4$:

$$S_2 = q\left(1 + \frac{c}{4}\right) = 0,83 = \frac{4}{4,8} \text{ u. s. f.}$$

Hieraus ergibt sich für c der Werth 0,17.

Mit Hülfe dieser Zahl liessen sich nun für grössere, resp. geringere Helligkeiten die Abweichungen berechnen.

Als Gründe für die Abweichung könnte die schon in dem früheren Abschnitt über die Solarisation angenommene Rückbildung, resp. Wiedervereinigung, der gespaltenen Molekel gelten, ein Vorgang, der bei electrolytischen Erscheinungen sein Analogon findet. Ebenso könnte man, wie es bei anderen chemischen Vorgängen unter dem Einfluss des Lichtes schon bekannt ist, annehmen, dass die Einwirkung des Lichtes auf die Trockenplatte nicht momentan erfolgt, sondern dass das Licht für seine Wirkung erst einer bestimmten Zeit bedürfe. Es sind dies beides Umstände, welche eine Abweichung vom Reciprocitätsgesetz in dem beobachteten Sinne bedingen. Voraussichtlich ohne Belang wird der Einfluss der durch die Belichtung sich ändernden actinischen Transparenz der Trockenplatte sein. Einen interessanten Versuch hierüber hat Prof. L. Weber gemacht. Es wurde eine Trockenplatte durch Ueberdecken eines schwarzen Kreuzes partiell mittelst Streichholz belichtet. Dieselbe Trockenplatte wurde sofort gewissermaassen als Negativ auf eine zweite in den Copirrahmen gelegt und wieder durch ein Streichholz belichtet. Es wurde bei der Entwicklung auf der unteren Platte keine Spur eines Abdruckes bemerkt, d. h. die actinische Transparenz wurde durch die Belichtung merklich nicht geändert. Auch die Annahme, dass der Empfindlichkeitscoefficient p (Gleichg. 1) nicht constant sei, könnte die Abweichung nicht erklären.

Muss man die theoretische Erklärung dieser Abweichung vom Reciprocitätsgesetz nun auch vorläufig noch unbestimmt lassen, so hat doch bereits die Thatsache der Abweichung ein gewisses Interesse für die Praxis.

Zunächst werden die Expositionszeiten hiernach geändert werden müssen, indem für grössere Helligkeiten die Expositionszeiten etwas geringer anzunehmen sind, als die von der Benutzung kleinerer Blenden ausgehende Rechnung ergibt. Weniger empfehlenswerth würde es sein, die Blenden entsprechend zu corrigiren, z. B. beim Uebergang von $f/10$ zu $f/20$ (also bei Steigerung der Helligkeit auf das 4 fache) letztere Blenden um einen bestimmten Procentsatz (bei Herzogplatten 20%) kleiner zu nehmen, da, wie erwähnt, verschiedene Platten verschiedene Abweichungen zeigen. Es wird auch hier, wie so vielfach in der Photographie, die Erfahrung das ihrige thun müssen. Bei starkem Sonnenlicht wird man mit einer relativ sehr geringen Expositionszeit schon auskommen. So erklärt es sich auch, dass Anschütz bei schon so äusserst geringen Belichtungszeiten, wie er sie bei der Aufnahme fliegender Geschosse anwandte, doch gute Bilder erzielte.

Auch für die Wahl der Helligkeit ergeben sich Folgerungen. Wirken auf 2 Felder der Trockenplatte die Helligkeiten h_1 und h_2 t Secunden lang und ist $h_2 > h_1$, so sind die indicirten Lichtmengen $h_1 t$ und $h_2 t$. Da die grössere Helligkeit in derselben Zeit relativ stärker wirkt, als die geringere, so werden die Contraste der Schwärzungen auf beiden Feldern um so grösser sein, je grösser t ist, je längere Zeit also die Einwirkung erfolgte, vorausgesetzt, dass $h_1 t$ und $h_2 t$ in das Intervall der günstigen Belichtungsmenge fällt. Mathematisch kann dies in folgender Weise nachgewiesen werden:

Es seien z. B. bei dem Copirprocess die Transparenzen zweier Felder T_1 und T_2 , wobei $T_2 > T_1$ sei, die auf die obere Platte indicirte Helligkeit sei h , auf der unteren Platte sind dann die ind. Helligkeiten $T_1 h$ und $T_2 h$, die mit h_1 und h_2 bezeichnet werden mögen. Es ist alsdann $h_2 > h_1$.

Im Intervall der richtigen Belichtungszeit ist

$$S = qht (1 + ch).$$

die betr. Schwärzungen sind demnach

$$S_1 = qh_1 t (1 + ch_1)$$

$$S_2 = qh_2 t (1 + ch_2)$$

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{h_1}{h_2} \cdot \frac{1 + ch_1}{1 + ch_2}$$

Die Helligkeit h werde gesteigert auf $H = nh$, wobei also $n > 1$ ist, es sind alsdann die indicirten Helligkeiten $HT_1 = H_1 = nh_1$ und $HT_2 = H_2 = nh_2$. Ist die Expositionszeit T , so sind die betr. Schwärzungen

$$S'_1 = qnh_1 T (1 + nch_1)$$

$$S'_2 = qnh_2 T (1 + nch_2)$$

T sei so gewählt, dass $S_1 = S'_1$ wird; dies ist der Fall, wenn

$$T = \frac{t (1 + ch_1)}{n (1 + cnh_1)}$$

ist. Man hat dann

$$S_2 = S_1 \cdot \frac{h_2}{h_1} \cdot \frac{1 + ch_2}{1 + ch_1}$$

$$S'_2 = S_1 \cdot \frac{h_2}{h_1} \cdot \frac{1 + cnh_2}{1 + cnh_1}$$

$$\frac{S_2}{S'_2} = \frac{(1 + ch_2)(1 + nch_1)}{(1 + ch_1)(1 + nch_2)}$$

Bildet man die Differenz von Zähler und Nenner der rechten Seite der Gleichung, so erhält man $(h_2 - h_1)(cn - c)$, also für $h_2 > h_1$ und $n > 1$ das Product zweier positiver Grössen, also selbst eine positive Grösse, d. h. der Zähler ist grösser als der Nenner, also auch $S_2 > S'_2$. Während also bei dem ersten Versuch die beiden Schwärzungen S_1 und S'_1 dieselben geblieben sind, sind die Schwärzungen S_2 und S'_2 bei den verschiedenen Expositionszeiten verschieden.

Es folgt hieraus, dass bei der geringeren Helligkeit, aber entsprechend längerer Expositionszeit im Intervall der günstigen Belichtungszeit eine grössere Contrastwirkung erzielt wird.

Hieraus würde folgen, dass man im Allgemeinen besser durchgearbeitete Negative bei geringerer Helligkeit aber längerer Expositionszeit erzielt. Ebenso wird man von flauen oder zu dichten, also wenig contrastreichen Negativen noch leidliche Abzüge erhalten können, wenn man bei geringerer Helligkeit sehr lange Zeit copirt.

So ist bei der Wahl der Platten auch die Stärke ihrer Abweichung vom Reciprocitätsgesetz von Wichtigkeit. Je nachdem die Platte eine grössere oder geringere Abweichung besitzt, wird auch die Verwerthung eine andere sein. Während die einen sich mehr für Zeitaufnahmen eignen, werden die anderen mit Vortheil bei Momentaufnahmen Verwendung finden.

Von geringerer Bedeutung für die Praxis ist die Folgerung, dass die Abschwächung der Helligkeit durch rotirende Sectoren photographisch unbrauchbar ist, dass also dort, wo das Auge gleiche Helligkeitseindrücke empfängt, auf die Trockenplatte verschiedene Einwirkungen erfolgen.

Aus Allem geht hervor, dass es mit dem photochemischen Photometer mit Entwicklung noch ziemlich mangelhaft bestellt ist. In so fern sind wir leider auf die empirische Beurtheilung der Expositionszeit angewiesen.

IX. Abhängigkeit der Durchsichtigkeit des Negativs von Belichtungszeit und Licht-Intensität nach Dr. Michalke.*)

Belichtet man eine Trockenplatte, d. h. führt man der Platte in der Form von Lichtenergie Arbeit zu, so wird diese dazu verwandt, um auf der Platte das latente Bild zu erzeugen, sei es, dass eine Reduction von Bromsilber zu Silbersubbromid stattfindet, oder die Brommoleküle an den belichteten Stellen in einen eigenthümlichen Schwingungszustand versetzt werden, so dass sie bei der späteren Entwicklung leicht in Brom und metallisches Silber zerfallen können. Da die zu entwickelnden Formeln für beide Theorien Gültigkeit haben, so sollen die Vorgänge auf Grund ersterer Theorie entwickelt werden.

Es wird, wenigstens für nicht zu grosse Expositionszeiten und Intensitäten, bei der Entwicklung um so mehr metallisches Silber ausgeschieden, je länger die Platte belichtet war und je mehr Licht die Platte erhielt. Fällt auf die Platte Licht von der Intensität J in der Entfernung R , so ist $\frac{J}{R^2} = H$ die auf die Flächeneinheit in der Zeiteinheit fallende Lichtmenge oder indicirte Helligkeit. Wirkt diese t Secunden lang, so ist Ht die in der Zeit t auf die Platte indicirte Lichtmenge. Es ist also die Schwärzung von der indicirten Lichtmenge abhängig. (Es soll später gezeigt werden, dass ausser von der Lichtmenge noch eine Abhängigkeit von der Intensität stattfindet.) Es fragt sich nun, wie die Schwärzung zunimmt, resp. die Durchsichtigkeit oder Transparenz (denn hierauf kommt es ja wesentlich beim Copiren an), abnimmt, wenn die Expositionszeit oder die Helligkeit zunimmt.

Das Verhältniss der abnehmenden Transparenzen wird abhängen: 1. von der Transparenz der Gelatine, 2. von der Gesamtschwärzung in Folge der Vorbelichtung (bei Präparation der Platten, Einlegen der Platten in die Cassette etc.), 3. von der Schwärzung in Folge der Belichtung in der Kammer, 4. von der Art der Entwicklung, 5. von der Plattensorte. Lassen wir eine Partie der Platte unbelichtet, so wird diese, je nach der optischen Dichte der Gelatine, eine gewisse Menge Licht zurückhalten, also eine gewisse Transparenz haben. Es fragt sich nun, wie gross die auf die Platte fallende Lichtmenge sein muss, um eine sichtbare Einwirkung zu erzeugen oder um einen Unterschied in der Transparenz der Gelatine wahrzunehmen. Nimmt man als Lichteinheit die Amylacetatflamme**) (p. 22 ff.), so nennt man die von ihr auf eine in 1 m Entfernung befindliche Fläche fallende Lichtmenge eine Meterkerze. Man kann so zahlenmässig in Meterkerzen angeben, wie viel Licht nöthig ist, um auf die Gelatine eine sichtbare Einwirkung zu erhalten, oder wie viel Licht genügt, um einen Schleier auf der Platte zu bekommen. Für

*) Photogr. Mittheilungen, XXVII Aug.-Heft I, 1890 p. 123.

**) Die Platineinheit, d. i. die Intensität einer 1 qcm grossen Fläche glühenden Platins im Moment des Schmelzens, wird für photographische Zwecke praktisch nicht gut verwendbar sein (cf. p. 25).

diesen Versuch wurde nicht die Hefner-Kerze direct, sondern, da letztere zu stark wirkend ist, eine transparent beleuchtete Milchglas-scheibe benutzt, von welcher ein kreisförmiges Stück herausgeblendet war und deren ausgestrahlte Helligkeit photometrisch mit der einer Hefner-Kerze verglichen wurde. Dieses Verhältniss betrug 0,02, d. h. die Lichtstrahlung betrug nur $\frac{1}{50}$ von der der Hefner-Kerze. Ein sichtbarer Bildeindruck wurde bei einer Schleussner-Platte, die mit Eisenoxalat (1:4) ohne Bromkali entwickelt wurde, erhalten, wenn 9 Secunden lang der Platte die Helligkeit von 0,005 Meterkerzen indicirt wurde, d. h. eine Amylacetatkerze in 14 m Entfernung von der Trockenplatte aufgestellt, würde schon in 9 Secunden einen Schleier auf der Platte bewirken. Die hierbei auf die Platte fallende Lichtmenge,*) die Secunde als Einheit gerechnet, beträgt 0,045 Meterkerzen.

Bei weiterer Belichtung wird es sich darum handeln, photometrisch sowohl die Abhängigkeit der Schwärzung von der Expositionszeit, wie von der indicirten Helligkeit zu bestimmen.

Zu den Versuchen diente eine Cassette für Platten 9:12 mit 2theiligem Schiebedeckel. Durch allmähliches Herausziehen eines Schiebers konnten Felder mit verschiedener Expositionszeit erhalten werden. Durch besondere Vorrichtungen war es auch möglich, einen mit einem 1 cm breiten Spalt versehenen Schieber vor der Platte so vorbeizuziehen, dass man belichtete Felder von je 1 cm Breite erhielt. So konnte man durch Aenderung der indicirten Helligkeit die Abhängigkeit der Schwärzung von derselben bei constanter Expositionszeit bestimmen.

Um die Abhängigkeit der Schwärzung von der Expositionszeit zu finden, wurden bei constanter Entfernung der Lichtquelle Felder mit den Expositionszeiten 0, 10, 15, 22, 34, 51, 76 Secunden erzeugt, indem der Schieber immer nach Verlauf der Differenz zweier folgenden Expositionszeiten um einen Centimeter weiter herausgezogen wurde. Das Verhältniss zweier aufeinander folgender Expositionszeiten war also constant 1,5, d. h. die folgende Expositionszeit war immer um 50% grösser, als die vorhergehende. Das Verhältniss der Transparenzen auf der Platte wurde mit Hülfe des Weber'schen Photometers, welches derartige Messungen in äusserst einfacher Weise mit grosser Genauigkeit gestattet, bestimmt. Die unbelichtete Gelatine hatte die Transparenz 0,4, d. h. sie liess nur 4 Zehntel der auffallenden Lichtmenge durch, die Transparenz nahm Anfangs um 8%

*) Dass für photographische Zwecke die indicirte Lichtmenge erst als Maass für die Schwärzung angenommen werden kann, soll später gezeigt werden.

ab, dann bis zur Belichtungszeit von 114 Secunden um 13—14 %, alsdann um 30—47 % bei den Belichtungszeiten von 384—577 Secunden.

Man sieht hieraus, dass bei starker Unterexposition das Verhältniss der Transparenzen sehr klein ist, da die Transparenz der Gelatine noch zu sehr überwiegt. Die günstigste Expositionszeit wird diejenige sein, bei welcher das Verhältniss der Transparenzen dem der Expositionszeiten möglichst nahe kommt.

Bei noch längerer Expositionszeit wurde das nahe Verhältniss 1,5 nicht überschritten und nahm das Verhältniss der Transparenzen wieder bis zum Werthe 1, d. h. bis zum Verschwinden jeglichen Unterschiedes der Transparenzen, ab. Es wurde bei letzterer Expositionszeit ein gleichmässig schwarzes Negativ erhalten, auf dem keine Abschattirungen mehr sichtbar waren. Die günstigste Expositionszeit betrug bei dem beschriebenen Versuche ca. 600 Secunden, die in dieser Zeit auf die Platte indicirte Lichtmenge betrug ca. 3 Secunden-Meterkerzen.

Aehnliche Verhältnisse erhält man, wenn man bei constanter Expositionszeit die indicirten Helligkeiten ändert. In der Praxis nämlich hat man den Fall, dass sämtliche Stellen der Platte dieselbe Expositionszeit haben, nur die auf die einzelnen Stellen indicirten Helligkeiten sind verschieden und proportional den Helligkeiten der aufzunehmenden Gegenstände. Man kann so mit Hülfe der Schiebepalette die für eine bestimmte Expositionszeit günstigste Belichtung (resp. Abblendung) finden.

Es mögen auf die einzelnen Felder der Trockenplatte die Helligkeiten $H_1 H_2 H_3 \dots H_n$ indicirt sein, wobei H_n die günstigste Belichtung sei. Es sei das Helligkeitsverhältniss $H_2/H_1 = H_3/H_2 = H_4/H_3 = \dots H_n/H_{n-1} = c$, constant. Die erzeugten Transparenzen seien $T_1 T_2 T_3 \dots T_n$. Es ist nun nach obigen Versuchen $\frac{T_1}{T_2} < \frac{T_2}{T_3} < \frac{T_3}{T_4} \dots H_n$ wird die günstigste Belichtung sein, wenn $\frac{T_n}{T_{n-1}} = c = \frac{H_n}{H_{n-1}}$ ist.

Aus obigen Annahmen folgt:

$$\begin{array}{ll} H_n = c H_{n-1} & T_n = c T_{n-1} \\ H_{n-1} = c H_{n-2} & T_{n-1} < c T_{n-2} \\ \vdots & T_{n-2} < c T_{n-3} \\ & \vdots \end{array}$$

oder

$$\begin{array}{l} H_n = c H_{n-1} = c^2 H_{n-2} = c^3 H_{n-3} \dots \\ T_n = c T_{n-1} < c^2 T_{n-2} < c^3 T_{n-3} \dots \end{array}$$

daher allgemein:

$$\begin{array}{l} \frac{H_n}{T_n} > \frac{H_x}{T_x} \\ \frac{H_n}{H_x} > \frac{T_n}{T_x} \end{array}$$

d. h. für grössere Helligkeitsunterschiede ist das Verhältniss der Transparenzen stets kleiner als das wahre Helligkeitsverhältniss. Für geringere Helligkeitsunterschiede wird bei bestimmter Expositionszeit das Verhältniss der Transparenzen dem Verhältniss der indicirten Helligkeiten nahezu gleich kommen. Nach diesen Untersuchungen wird für jedes Paar zu photographirender Helligkeiten eine bestimmte günstigste Expositionszeit existiren und für die gesammten zu photographirenden Helligkeitsverhältnisse wird es demnach eine untere und eine obere Grenze der günstigsten Expositionszeit geben, welches das Intervall der richtigen Belichtungszeit ist. Eine Platte verträgt um so mehr Ueber- resp. Unterexposition, je grösser dieses Intervall ist. Es ist also die Bestimmung dieses Belichtungsintervalles für die Bestimmung der Güte der Platten von Werth. Nur im Intervall der richtigen Belichtungszeit wird die Scala der Abschattirungen vom Negativ richtig wiedergegeben werden.

Störungen bei Zeitaufnahmen durch bewegte Gegenstände. Nach diesen Erörterungen lässt sich auch zahlenmässig bestimmen, ob ein während der Aufnahme vor der Kammer bewegter Gegenstand auf der Platte eine sichtbare Spur hinterlassen wird, eine Frage, welche in letzter Zeit von Herrn Dr. Riesenfeld praktisch behandelt worden ist. Bewegt sich ein Gegenstand während der Exposition gleichmässig über das ganze Gesichtsfeld, so wird derselbe, falls die von dem Gegenstande ausgehende Strahlung vernachlässigt werden kann, für die verdeckten Gegenstände nur eine Verminderung der Expositionszeit bewirken. Ist der bewegte Gegenstand hell, so werden die in Betracht kommenden Flächenelemente der Platte zwei Einwirkungen erfahren: 1. von dem aufzunehmenden (ruhenden) Gegenstande, 2. von dem bewegten Gegenstande. Nun kann man zwei verschiedene Helligkeiten noch trennen, wenn ihr Unterschied etwa 2% beträgt. Beträgt die Strahlung des bewegten Gegenstandes 2% der Strahlung des aufzunehmenden Gegenstandes, so wird auch die störende Einwirkung nach obigen Untersuchungen höchstens nur 2% der Gesamtwirkung, bei unter- resp. überexponirten Platten weniger betragen, daher ein sichtbarer Bildeindruck des bewegten Gegenstandes auf der Platte nicht vorhanden sein. Photographirt man z. B. ein Haus bei 50 Secunden Belichtungszeit, und es bewegt sich ein Wagen von 5 m Länge, der mit einer Geschwindigkeit von 4 m in der Secunde fährt, vor dem Hause vorbei, so werden einzelne Stellen des Hauses $1\frac{1}{4}$ Secunden verdeckt. Uebersteigt nun die von dem Wagen ausgehende Strahlung nicht die des Hauses, so beträgt an der in Betracht kommenden Stelle der Platte die störende Belichtung nur

$2\frac{1}{2}\%$ der Gesamtbelichtung. Es wird daher noch kein fehlerhaftes Bild entstehen.

Die Bildschwärzung hängt auch von der Art der Entwicklung ab. Die Reduction bei der Entwicklung ist eine auswählende, d. h. nicht alle durch die Belichtung beeinflussten Bromsilber-Molekeln werden bei der Entwicklung in Brom und Silber gespalten. Je nach der stärkeren oder schwächeren Entwicklung wird ein grösserer oder geringerer Procentsatz der belichteten Molekeln reducirt. Ferner wird die Entwicklungsfähigkeit während der Entwicklung abnehmen, da die abgespaltenen Bromtheilchen verzögernd auf die fernere Entwicklung wirken. Die Entwicklung tritt daher am stärksten an der Oberfläche, verzögert in den inneren Schichten auf.

Etwas verändert wird das Verhältniss der Schwärzungen durch den Process des Verstärkens, indem die dunkleren Partieen der Platte in stärkerem Grade als die transparenteren Theile beeinflusst werden. So wurden durch die Verstärkung die Contraste der Schwärzungen vergrössert. Aehnliche Erwägungen, wie sie für den Negativprocess gelten, werden auch bei dem Positivprocess Anwendung finden.

Die obigen Untersuchungen gelten für verhältnissmässig gering indicirte Helligkeiten. Ueberschreitet man die Expositionszeit, bei welcher eine weitere Schwärzung der Platte nicht mehr eintritt, also das Transparenzverhältniss bei zunehmender Belichtung den Werth 1 angenommen hat, so fällt dieses Verhältniss noch unter 1, das heisst die Schwärzung nimmt mit zunehmender Belichtung wieder ab. Es tritt daher der Fall ein, dass die länger (resp. stärker) belichteten Partieen heller erscheinen als die minder starken. Man erhält daher auf der Platte durch verlängerte Expositionszeit unmittelbar ein Positiv. Diese Schwärzungsabnahme findet bald eine Grenze, nach deren Ueberschreiten die Schwärzung wieder zunimmt. Man erhält also bei noch längerer Belichtung wieder ein Negativ (II. Ordnung). Bei weiterer Belichtung erhält man wieder ein Positiv (II. Ordnung), dann wieder ein Negativ (III. Ordnung) und so fort. Dieser Vorgang auf der Trockenplatte wird mit Solarisation bezeichnet (Jannsen).

Solarisationsnegative. Es ist schon wiederholt darauf aufmerksam gemacht worden, diesen Vorgang der Solarisation zu benutzen, um direct Positive auf der Platte, um von Negativen durch Copiren wieder Negative herzustellen, durch Zufall belichtete Platten noch wieder verwertbar zu machen u. s. f. Doch scheint nach angestellten Versuchen dies nicht viel Vortheil zu bringen, denn es wird

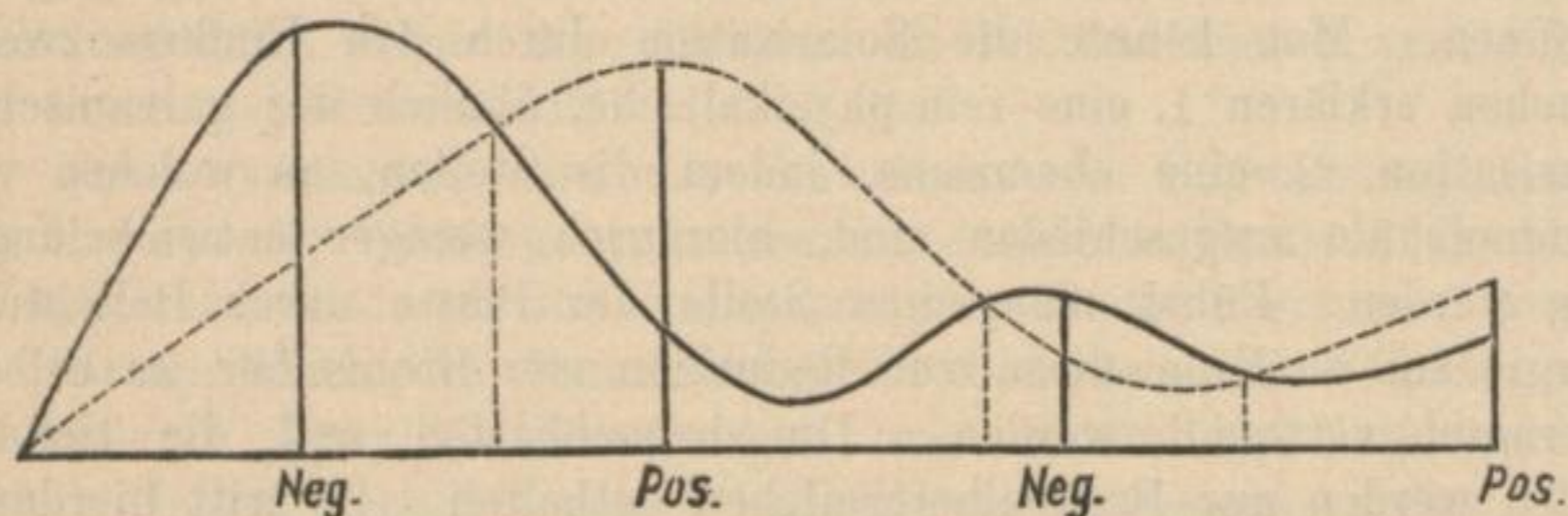
1. grosse Erfahrung dazu gehören, hierbei die richtige Belichtungszeit zu treffen und 2. wird die Helligkeitsabstufung auf der solarisirten Platte stets geringer sein, als die wirkliche. Eine Platte, dem diffusen Tageslicht in der Schiebecassette ausgesetzt, zeigte sich schon nach 10 Sec. stark solarisirt, nach 100 Sec. Belichtungszeit begann sich schon das Negativ II. Ordnung zu entwickeln. Das Verhältniss der Transparenzen bleibt hierbei stets hinter dem der indicirten Lichtmengen zurück. Während die Expositionszeit um 50 % zunahm, nahm die Transparenz im Maximum nur um ca. 20 % ab, so dass ein kräftiges Bild kaum wird hervorgerufen werden können.

Der Vorgang der Solarisation wird durch die Oxydation der Bromsilbertheilchen erklärt, welche hierdurch ihre Entwicklungsfähigkeit einbüßen. Man könnte die Solarisation durch den Einfluss zweier Ursachen erklären 1. eine rein physikalische, ähnlich der galvanischen Polarisation, 2. eine chemische, indem die Stellen, an welchen viel Brommoleküle ausgeschieden sind, hierdurch weniger entwickelungsfähig werden. Führt man einer Stelle der Platte durch Belichtung Energie zu, so kann diese zur Reduction von Bromsilber zu Silbersubbromid verwandt werden. Die benachbarten und die tieferen Stellen werden nur Bromsilbertheilchen enthalten. Es tritt hierdurch das Bestreben der Ausgleichung ein, indem die minder belichteten Stellen Bromatome abgeben, die belichteten ebensoviel wieder aufnehmen. Es tritt in Folge dessen an den belichteten Stellen partielle Reduction (Arbeitsaufnahme), an den weniger belichteten Stellen Oxydation (Arbeitsabgabe) ein. Ausserdem werden an den stark belichteten Stellen mehr freie Bromtheilchen sich befinden als an den schwach belichteten. Es werden daher bei der Entwicklung trotz der geringeren Arbeitsaufnahme die geringer belichteten Stellen dunkler erscheinen. (Positiv I. Ordnung.)

Die vergrösserte Arbeitsaufnahme an den dunkleren Partien wird aber ebenfalls eine Grenze finden. Es werden sich auch hier eine grosse Anzahl von Bromtheilchen ansammeln, welche die weitere Reduction schwächen und auch den Polarisationsstrom (Ausgleichungsstrom) vermindern. Es tritt daher bei der Entwicklung wieder ein Zurückgehen der Schwärzung ein, während die helleren Partien wieder an Schwärzung zunehmen werden. So wird man bei genügend langer Exposition einen Zustand erhalten, bei welchem die stärker belichteten Partien wieder dunkler erscheinen (Negativ II. Ordnung) und so fort. Der Polarisationsstrom selbst wird nur unter dem Einfluss des Lichtes stattfinden, da dieses die Leitung bewirkt, daher wird im Dunklen bei einer partiell belichteten Platte der Ausgleich nicht stattfinden.

Das scheint auch der Versuch zu bestätigen. Zieht man bei diffusem Tageslicht den Deckel einer Cassette in bestimmten Zeitintervallen etwa centimeterweise heraus, so ist bei der Entwicklung leicht der Vorgang der Solarisation wahrzunehmen. Lässt man einen Theil der Platte unbelichtet, so erscheint dieser, auch wenn man jeglichen Lichtzutritt absperrt, bei der Entwicklung tief dunkel. Letzterer Vorgang lässt sich durch eine Mehrfachreflexion an der Glasplatte nicht erklären, da nach der Entwicklung die Kehrseite der solarisirten Theile dunkel, die der nicht belichteten Partien hellweiss erscheint.

Fig. 27.



(Graphisch liesse sich die Solarisation darstellen, indem man die bei der Entwicklung erzielte Schwärzung als Function der Belichtungszeit darstellt (Fig. 27). Die Einwirkung einer grösseren Helligkeit sei durch die ausgezogene, die Einwirkung einer geringeren Helligkeit sei durch die punktirte Curve angedeutet. Erstere Curve steigt demgemäss steiler an. Aus dem Verlauf der beiden Curven ist ohne Weiteres die Lage des Positivs I. und II. Ordnung, des Negativs I. und II. Ordnung zu entnehmen.)

X. Ueber die chemische Helligkeit des Tages- und Sonnenlichts nach Bunsen und Roscoe.*)

a) Chemische Intensität des Himmelslichts.

Diese wechselt mit der Klarheit der Luft und der Bewölkung ganz ausserordentlich und nur für vollkommen wolkenlose Tage ge-

*) Siehe Poggendorff's Annalen, Band 100 p. 43 und 481; Band 101 p. 235 und Band 108 p. 200.

horcht sie bestimmten Gesetzen,*) im Allgemeinen ist sie um so grösser, je höher die Sonne steht. Nach Bunsen ist bei wolkenlosem Himmel die chemische Wirkung des gesammten Himmelsgewölbes bei gleicher Zenithdistanz der Sonne Vormittags und Nachmittags dieselbe und sind die Temperaturverschiedenheiten und Feuchtigkeitsverhältnisse ohne Einfluss.

Mit diesen Ergebnissen stimmen die Erfahrungen der photographischen Praxis nicht ganz überein; das Vormittagslicht ist erweislich besser als das Nachmittagslicht.

Nach den mit dem Chlorknallgasphotometer auf dem Gaisberge bei Heidelberg gewonnenen Resultaten haben Bunsen und Roscoe eine Formel abgeleitet und danach die chemische Intensität des reinen blauen Himmelsgewölbes für jede beliebige Zenithdistanz der Sonne berechnet.**)

Die berechneten chemischen Lichtintensitäten des blauen Himmelsgewölbes für Zenithdistanzen von 31° — 90° lassen wir hier folgen:

*) Heut dürfte diese Annahme nicht mehr ganz zulässig sein; denn es ist jetzt zweifellos, dass das Tageslicht sich in seiner Qualität ausserordentlich ändert, d. h. bald mehr gelbe, bald mehr rothe, bald mehr grüne etc. Strahlen zeigt und zwar nicht allein je nach dem Sonnenstande, sondern auch nach dem Vorhandensein von mehr oder weniger Bläschendampf in der Atmosphäre und auch noch nach anderen Verhältnissen. Im Allgemeinen nimmt man in der Praxis die Expositionszeit um so kürzer, je heller dem Auge das Licht bei der Aufnahme erscheint. Manche Menschen haben darin ein auffallend sicheres, andere wieder ein auffallend unsicheres Empfinden. Ein Instrument zur leichten und bequemen Messung der chemischen Helligkeit giebt es noch nicht. Was man als Ducoudun-Photometer verkauft, ist nach Leonhard Weber kein auf wissenschaftliche Principien beruhendes (s. o. p. 32 ff.).

**) Die Formel zur Berechnung der Zenithdistanzen ist:

$$\cos \varphi = \cos \delta \cdot \cos t \cdot \cos p + \sin \delta \cdot \sin p.$$

φ ist die zu berechnende Zenithdistanz, δ die Declination der Sonne am Beobachtungstage, p die Polhöhe des betreffenden Orts, t der Stundenwinkel der Sonne.

Letzterer ergibt sich aus der Betrachtung, dass die Sonne in 24 Stunden, von Mittag zu Mittag, 360° durchläuft, in einer Stunde daher 15° , in einer Minute $\frac{1}{4}^{\circ}$; demnach ist z. B. der Stundenwinkel um 11 Uhr oder 1 Uhr (eine Stunde vor oder nach Mittag als Ausgangspunkt) 15° , um 2 Uhr und 10 Uhr 30° etc.

Hat man nach dieser Formel die Zenithdistanzen φ für verschiedene Stunden berechnet, so erhält man die chemische Lichtintensität des gesammten wolkenlosen Himmelsgewölbes für diese Zeiten mit Hülfe der Formel

$$W = 2,776 + 80,849 \cos \varphi - 45,996 \cos^2 \varphi.$$

Diese Formel drückt die chemische Wirkung, welche innerhalb einer Minute auf ein horizontales Flächenelement ausgeübt wird, in Lichtgraden aus.

| Zenith-
distanz
Grad | Licht-
grade | Zenith-
distanz
Grad | Licht-
grade | Zenith-
distanz
Grad | Licht-
grade | Zenith-
distanz
Grad | Licht-
grade | Zenith-
distanz
Grad | Licht-
grade | Zenith-
distanz
Grad | Licht-
grade |
|----------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|
| 31 | 38,29 | 41 | 37,60 | 51 | 35,45 | 61 | 31,17 | 71 | 24,22 | 81 | 14,30 |
| 32 | 38,26 | 42 | 37,47 | 52 | 35,11 | 62 | 30,60 | 72 | 23,37 | 82 | 13,15 |
| 33 | 38,24 | 43 | 37,31 | 53 | 34,78 | 63 | 30,00 | 73 | 22,48 | 83 | 11,95 |
| 34 | 38,21 | 44 | 37,14 | 54 | 34,40 | 64 | 29,38 | 74 | 21,56 | 84 | 10,72 |
| 35 | 38,14 | 45 | 36,96 | 55 | 34,02 | 65 | 28,73 | 75 | 20,62 | 85 | 9,47 |
| 36 | 38,08 | 46 | 36,74 | 56 | 33,61 | 66 | 28,06 | 76 | 19,64 | 86 | 8,19 |
| 37 | 38,01 | 47 | 36,53 | 57 | 33,17 | 67 | 27,34 | 77 | 18,64 | 87 | 6,88 |
| 38 | 37,93 | 48 | 36,30 | 58 | 32,72 | 68 | 26,61 | 78 | 17,60 | 88 | 5,54 |
| 39 | 37,85 | 49 | 36,02 | 59 | 32,22 | 69 | 25,84 | 79 | 16,53 | 89 | 4,17 |
| 40 | 37,72 | 50 | 35,75 | 60 | 31,70 | 70 | 25,05 | 80 | 15,43 | 90 | 2,77 |

Diese Zahlen sind, wie neuere Beobachtungen ergeben haben, keine allgemeingültigen. Sie gelten nur für den Wetterzustand des Beobachtungstages. Bunsen und Roscoe haben in der Voraussetzung allgemeinerer Gültigkeit daraus beispielsweise die chemischen Lichtintensitäten für die verschiedenen Stunden eines heiteren Tages der Tag- und Nachtgleiche (21. März oder 21. September) für mehrere Orte der Erde unter verschiedenen Breiten: Cairo, Heidelberg, Petersburg und Island in Tabellen zusammengestellt und diese Intensitäten graphisch anschaulich gemacht, indem sie auf einer Horizontallinie die einzelnen Tagesstunden in gleichen Abständen auftrugen und darauf Senkrechte errichteten, deren Höhen den berechneten Intensitäten in Lichtgraden entsprechen. Verbindet man die Endpunkte dieser Höhen, so erhält man Curven, welche in ihrem Steigen und Fallen die Zu- und Abnahme der chemischen Intensität in verschiedenen Stunden sehr anschaulich versinnlichen. In Fig. 28 ersieht man in den punktierten Linien (die Bedeutung der nicht punktierten Linien wird unten erörtert werden) die in dieser Weise von Bunsen gezeichneten „Intensitätscurven“ für den 21. September für Island, Petersburg, Heidelberg und Cairo. An diesem Tage (der Tag- und Nachtgleiche) geht für alle Orte der Erde die Sonne um 6 Uhr auf und unter.

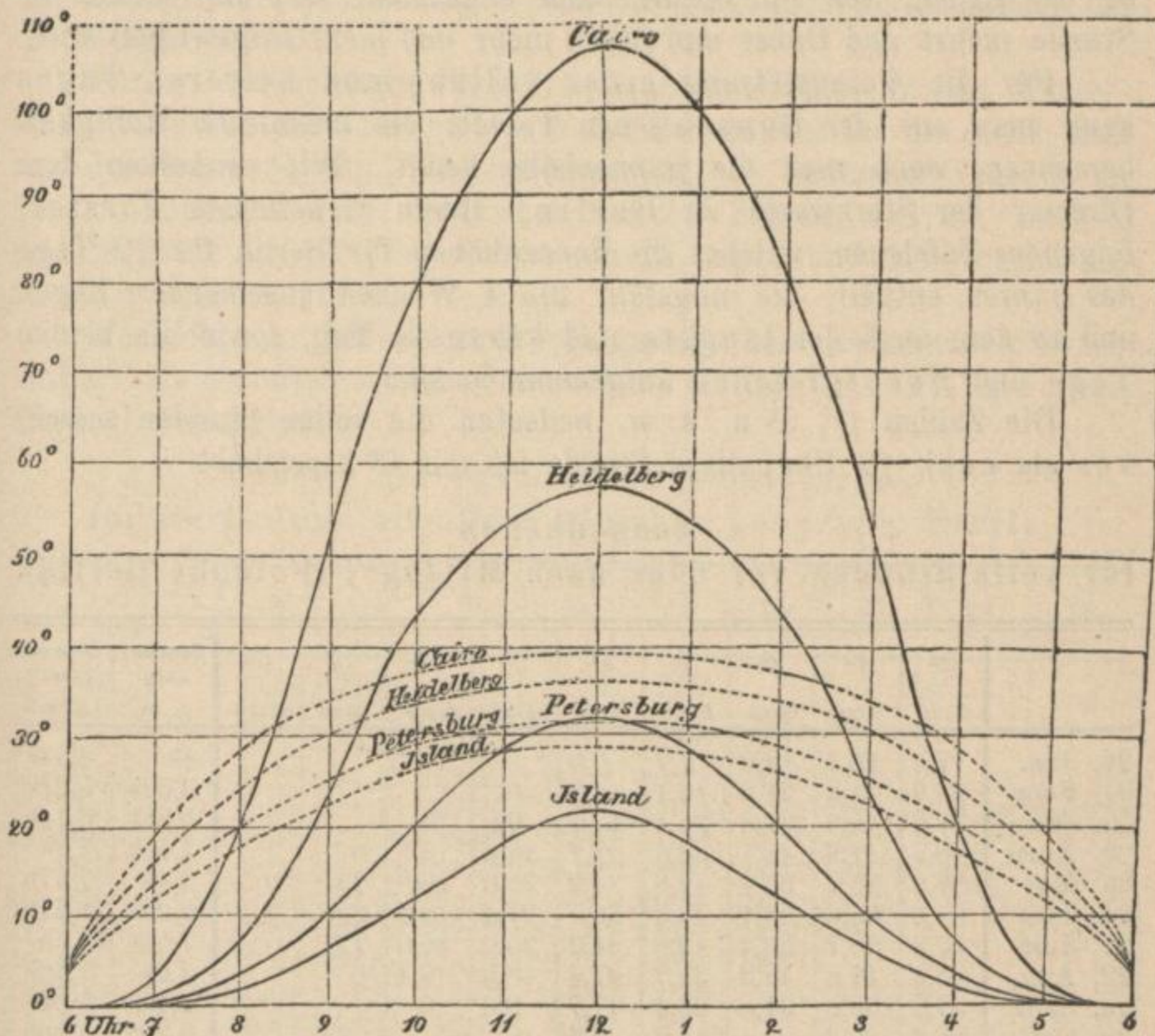
Die Tafel giebt zwar nicht die wahren Werthe, jedoch gewährt sie ein Bild der Veränderungen derselben für einen bestimmten Tag.

Man sieht aus der Tafel, wie schon beim Aufgange der Sonne eine merkliche chemische Wirkung stattfindet (die jedenfalls schon vor Sonnenaufgang in der Dämmerung vorhanden ist), wie dieselbe mit der Sonne anfangs sehr schnell steigt, aber in der Zeit von 10 bis 2 Uhr ziemlich constant bleibt, dann wieder schnell fällt.

In der Zeit von 10—2 Uhr wird daher die zu photographischen Aufnahmen nöthige Expositionszeit ziemlich dieselbe sein können;

eine Stunde vorher oder nachher (9 Uhr und 3 Uhr) wird man schon etwas länger exponiren müssen. Von 3—5 Uhr Nachmittags bemerkt man in der Praxis bei fortdauerndem Arbeiten die „Lichtverschlechterung“ in ebenso auffallender Weise, als die Curven in der Tafel sie ausdrücken.

Fig. 28.



Die berechneten Intensitäten geben für eine bestimmte Stunde die nöthige Expositionszeit. In Heidelberg z. B. ist am 21. September die Intensität um 4 $\frac{1}{2}$ Uhr 20°, um 12 Uhr dagegen 35°.

Die Expositionszeiten werden sich nun umgekehrt wie die Intensitäten verhalten. Hat man demnach z. B. bei einem Portrait um 12 Uhr circa 20 Secunden nöthig gehabt, so wird man um 4 $\frac{1}{2}$ Uhr 35 Secunden exponiren müssen, einen vollkommen heiteren Tag vorausgesetzt. Ueber die nach Michalke nöthigen Correcturen s. o.

In der photographischen Praxis gilt das Nachmittagslicht für schlechter als das Vormittagslicht. Jansen sieht den Grund in der

reichlichen Anwesenheit von Wasserdünsten, die einen geringen Theil des chemisch wirksamen Lichtes absorbiren. Verfasser vermuthet, dass weniger das Wasser als Dampf, sondern in der Form von Dunstbläschen die Durchsichtigkeit der Atmosphäre beeinflusst. Noch mehr dürften andere Ursachen mitwirken. In grossen Städten muss das Licht sich mit dem Vorrücken des Tages immer mehr verschlechtern, da der Rauch, den die Schornsteine entsenden, sich von Stunde zu Stunde mehrt und Dunst und Staub mehr und mehr aufgewirbelt wird.

Für die Voraussetzung eines vollkommen heiteren Tages kann man aus der Bunsen'schen Tabelle die chemische Helligkeit berechnen, wenn man die Sonnenhöhe kennt. Wir verdanken dem Director der Sternwarte zu Berlin, Herrn Geheimrath Förster, folgendes Täfelchen, welches die Sonnenhöhen für Berlin für 12 Tage des Jahres enthält, die ungefähr um 4 Wochen auseinander liegen und in dem auch der längste und kürzeste Tag, sowie die beiden Tag- und Nachtgleichen aufgenommen sind.

Die Zahlen 1^h, 2^h u. s. w. bedeuten die vollen Stunden sowohl vor als nach 12 Uhr; diese Stunde ist mit 0^h bezeichnet.

Sonnenhöhen
für volle Stunden vor oder nach Mittag*) (Polhöhe Berlin).

| | 0h | 1h | 2h | 3h | 4h | 5h | 6h | 7h | 8h | Sonnen-
aufg. | Sonnen-
unterg. |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------|--------------------|
| | Grad | Grad | Grad | Grad | Grad | Grad | Grad | Grad | Grad | a. m. | p. m. |
| 21. Jan. | 17,6 | 16,4 | 13,0 | 7,7 | 0,0 | | | | | 4h | 4,24h |
| 21. Febr. | 26,9 | 25,6 | 21,9 | 16,1 | 8,8 | 0 | | | | 4,52h | 5,21h |
| 22. März | 37,5 | 36,0 | 31,8 | 25,4 | 17,7 | 9,0 | 0 | | | 5,58h | 6,14h |
| 22. April | 49,7 | 47,9 | 43,1 | 36,0 | 27,7 | 18,8 | 9,7 | 0 | | 7,10h | 7,8h |
| 22. Mai | 57,9 | 55,7 | 50,4 | 42,8 | 34,2 | 25,0 | 16,0 | 7,0 | 0 | 8,4h | 7,57h |
| 21. Juni | 61,0 | 58,8 | 53,1 | 45,3 | 36,5 | 27,4 | 18,4 | 9,3 | 2,30 | 8,22h | 8,24h |
| 22. Juli | 57,9 | 55,7 | 50,4 | 42,8 | 34,2 | 25,0 | 16,0 | 7,0 | 0 | 7,55h | 8,6h |
| 22. Aug. | 43,3 | 47,6 | 42,8 | 35,7 | 27,4 | 18,5 | 9,4 | 0 | | 7,6h | 7,10h |
| 23. Sept. | 37,5 | 36,0 | 31,8 | 25,4 | 17,7 | 9,0 | 0 | | | 6,13h | 5,56h |
| 22. Oct. | 26,4 | 25,2 | 21,4 | 15,7 | 8,4 | 0 | | | | 5,22h | 4,50h |
| 21. Nov. | 17,6 | 16,4 | 13,0 | 7,7 | 0 | | | | | 4,28h | 3,58h |
| 21. Dec. | 14,1 | 13,0 | 10,0 | 4,8 | | | | | | 3,50h | 3,46h |

Die nähere Betrachtung dieses Täfelchens ist in vielen Stücken lehrreich.

*) Die Sonnenhöhen vor und nach Mittag differiren ein wenig. Der Unterschied ist für unsere Zwecke nicht von Belang und deshalb vernachlässigt. Der Sonnenaufgang und Sonnenuntergang ist nach seinem Zeitabstande vom Mittag angegeben. Die Zahlen p. m. stimmen mit den Uhrzeiten des Nachmittags überein. Die Zenithdistanzen der Sonne findet man für die verschiedenen Stunden, wenn man die betreffenden Sonnenhöhen von 90° subtrahirt.

Aus den ersten Spalten übersieht man den überraschenden Unterschied in der Sonnenhöhe um die Mittagszeit in den verschiedenen Monaten. Am höchsten steht sie zur Sommersonnenwende (21. Juni), am tiefsten zur Wintersonnenwende (21. December). Am 21. December Mittags steht die Sonne z. B. nicht höher, als am 21. Juni Abends 6 $\frac{1}{2}$ Uhr! Kein Wunder daher, dass eine Winterlandschaft um Mittag eine Beleuchtung zeigt, wie eine Sommerlandschaft um die Morgenstunde.

Ferner ersieht man die kurze Dauer des Tages in den Wintermonaten, sowie die Gleichheit in der Sonnenhöhe für die gleich weit von der Sommer- resp. Wintersonnenwende ab liegenden Tage, z. B. am 21. Januar und 21. November, am 21. Februar und 22. October, am 22. März und 23. September, am 22. April und 22. August, am 22. Mai und 22. Juli.

Nachfolgende Tabelle zusammengestellt von Herrn C. Schwier enthält die chemischen Licht-Intensitäten für Berlin, völlig heitern Himmel vorausgesetzt.*)

Tabelle der chemischen Lichtstärken
für Berlin und alle Orte gleicher geograph. Breite.

| | 0h | 1h | 2h | 3h | 4h | 5h | 6h | 7h | 8h |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 21. Jan. | 23,01 | 21,93 | 18,64 | 12,79 | 2,77 | | | | |
| 21. Febr. | 29,95 | 29,12 | 26,53 | 21,65 | 14,07 | 2,77 | | | |
| 21. März | 34,95 | 34,40 | 32,62 | 28,99 | 23,00 | 14,30 | 2,77 | | |
| 21. April | 37,68 | 37,45 | 36,55 | 34,40 | 30,42 | 24,05 | 15,11 | 2,77 | |
| 21. Mai | 38,26 | 38,19 | 37,77 | 36,48 | 33,69 | 28,73 | 21,56 | 11,95 | 2,77 |
| 21. Juni | 38,35 | 38,28 | 38,02 | 37,01 | 34,59 | 30,24 | 23,71 | 14,65 | 5,94 |
| 21. Juli | 38,26 | 38,19 | 37,77 | 36,48 | 33,69 | 28,73 | 21,56 | 11,95 | 2,77 |
| 21. Aug. | 37,64 | 37,41 | 36,48 | 34,29 | 30,24 | 23,80 | 14,76 | 2,77 | |
| 21. Sept. | 34,95 | 34,40 | 32,62 | 28,99 | 23,00 | 14,30 | 2,77 | | |
| 21. Oct | 29,63 | 28,86 | 26,07 | 21,28 | 13,61 | 2,77 | | | |
| 21. Nov. | 23,01 | 21,93 | 18,64 | 12,79 | 2,77 | | | | |
| 21. Dec. | 19,74 | 18,64 | 15,43 | 9,21 | | | | | |

Roscoe wies später nach, dass die Intensität des zerstreuten Lichtes für eine bestimmte Sonnenhöhe keine constante ist, sondern mit der Durchsichtigkeit der Atmosphäre wechselt. Diese Differenzen sind so ausserordentlich stark, dass alle Versuche aus der Sonnenhöhe einen Schluss auf die chemische Wirkung des Tageslichtes zu machen, bei nicht

*) Eder hat nach denselben Formeln eine Tabelle für Wien berechnet (photogr. Corresp. 1876). Mit Rücksicht auf die starken Abweichungen, welche die Thatsachen gegenüber den theoretischen berechneten Zahlen zeigen, begnügen wir uns mit Abdruck der Vorliegenden als Beispiel.

absolut heiterem Himmel als gewagt erscheinen müssen. Wir wissen im Allgemeinen nur, dass die chemische Helligkeit des Tageslichtes mit der Sonnenhöhe zunimmt.

So ergaben sich für gleiche Sonnenhöhen in verschiedenen Orten folgende Intensitäten des zerstreuten Tageslichtes:

| Sonnenhöhe. | Heidelberg. | Cheetham Hill. | Owens College.*) |
|-------------|-------------|----------------|------------------|
| 20° | 0,350 | 0,19 | 0,10 |
| 25° | 0,480 | 0,20 | 0,11 |
| 30° | 0,650 | 0,23 | — |
| 35° | 0,820 | 0,26 | — |
| 40° | 1,00 | — | — |
| 50° | 1,37 | — | — |
| 60° | 1,60 | — | — |

In der Praxis beachte man folgende Regeln: In Sommertagen (April bis September) bleibt bei beständigem Wetter die Lichtstärke, also auch die Expositionszeit in der Zeit von 10—2 Uhr annähernd dieselbe; in den Wintertagen von 11—1 Uhr. Vor und nach diesen Stunden aber muss man sie steigern im umgekehrten Verhältniss der Zahlen der Tabelle, d. h. im Sommer mässig, im Winter beträchtlicher.

Die hier gegebenen Zahlen gelten nur für die Wirkung des ganzen Himmelsgewölbes. In den Ateliers kommt aber im günstigsten Falle höchstens $\frac{1}{8}$ des Himmelsgewölbes zur Wirkung, und um so weniger, je tiefer sie liegen.

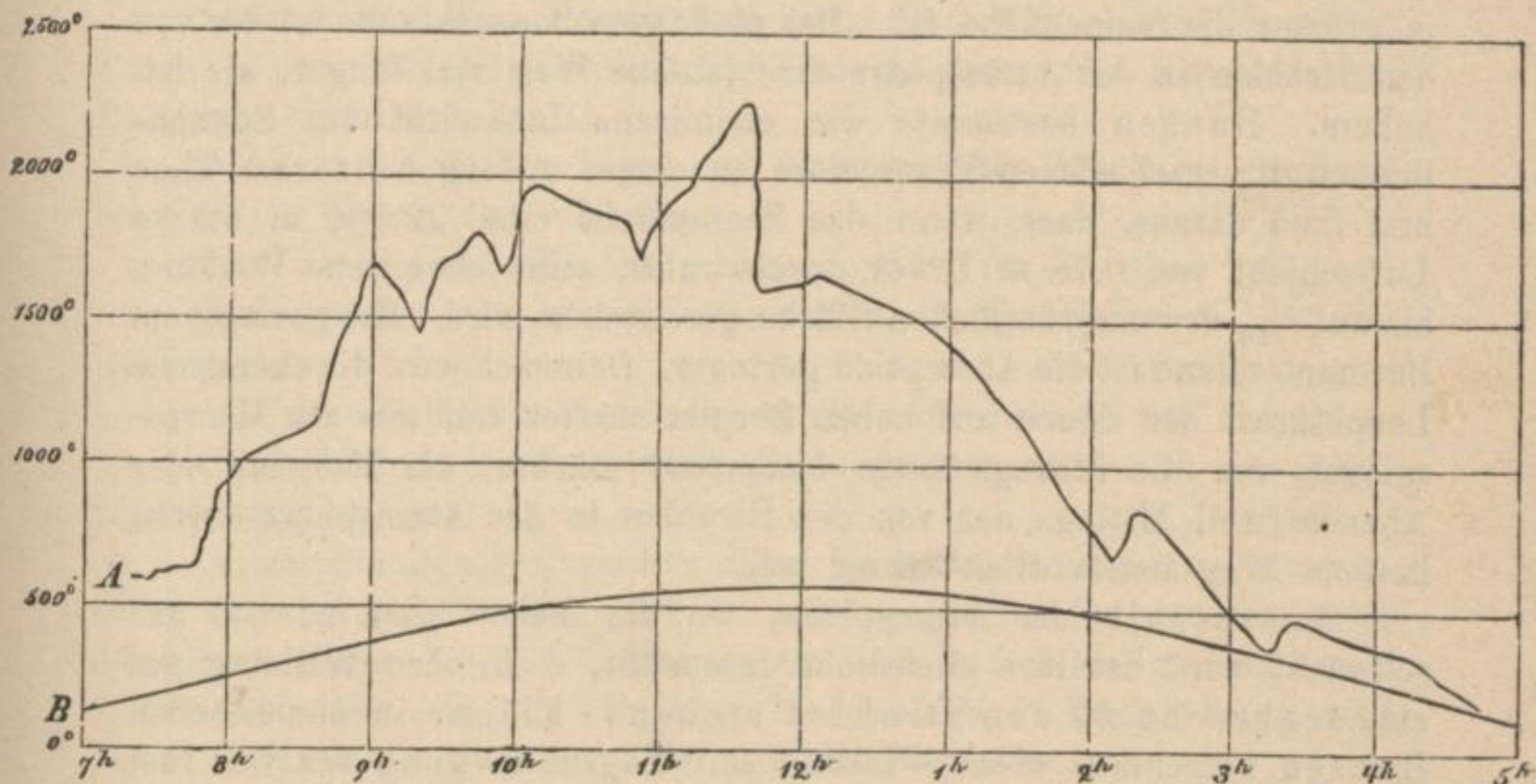
Ferner gelten die Formeln nur für einen absolut wolkenlosen Himmel. Mit der Bewölkung, ja selbst mit einer leisen dem Auge kaum merkbaren Verschleierung variirt die chemische Wirkung sehr stark; sie schwindet bis auf 0 zusammen, wenn dicke Wetterwolken den Himmel bedecken. Eine dünne weisse Wolken-schicht verstärkt dagegen die Wirkung des blauen Himmels ganz erheblich. Schon Bunsen erkannte solches. In nachfolgender Figur (Fig. 29) ersieht man die Resultate seiner Beobachtungen am 5. Octbr. 1856. Die zickzackförmig hin- und herspringende Curve A drückt die wechselnde Intensität des chemischen Lichtes des theilweise bewölkten Himmels aus, die andere regelmässige Curve zeigt die Intensität, wie sie bei vollkommen reinem Himmel sein würde.

Bunsen schreibt darüber (Poggendorff's Annalen Bd. 108 p. 237): „Von 7 Uhr Morgens bis nahe an 12 Uhr war der Himmel

*) S. Poggendorff 128, p. 296. Mit Clausius theoretisch berechneten Zahlen über die Helligkeit des Tageslichtes stimmen diese Zahlen ganz und gar nicht; zu bemerken ist, dass dieselben nicht mit dem Chlorknallgas-instrument, sondern mit dem Papierphotometer bestimmt wurden (s. o. p. 36).

mit einem Wolkenschleier von wechselnder Dichtigkeit bedeckt, durch welchen die Sonne nur schwach hindurchschien. In den ersten Nachmittagsstunden verlor sich die Trübung allmählich, so dass nach 2 und 3 Uhr nur noch einzelne lichte Wolken über den Zenith hinwegzogen und der Himmel bald nach 3 und 4 $\frac{1}{2}$ Uhr ganz wolkenlos war. Diese Veränderungen drücken sich in der Curve A (Fig. 29) deutlich aus. Man ersieht, dass ein leichter Wolkenschleier das Beleuchtungsvermögen des zur Beobachtung gewählten Himmelstückes um mehr als das Vierfache erhöhen kann.“

Fig. 29.



Demzufolge hat man auch bei theilweise bewölktem Himmel in Bezug auf die Wahl der photographischen Expositionszeit keine so sicheren Anhaltspunkte. Dass ein theilweise bewölkter Himmel unter Umständen bedeutend intensiver wirkt, als ein rein blauer, merkt man oft in auffallender Weise beim photographischen Copirprocess.

Die hier gegebenen Zahlen für die chemische Lichtstärke des Tageslichts sind von Belang für alle photographischen Arbeiten, bei denen das directe Sonnenlicht ausgeschlossen ist, das sind Portraitaufnahmen im Atelier und Copirarbeiten.

Tritt aber die Sonne mit in Wirksamkeit, wie bei Landschaftsaufnahmen und z. Th. beim Copirprocess, so werden die Resultate wesentlich andere. Bunsen hat nun in derselben Weise, wie oben die chemische Intensität des Himmelslichtes, die chemische Wirkung des directen Sonnenlichtes gemessen.

b) Chemische Intensität des Sonnenlichtes.

Die chemische Intensität des Sonnenlichtes variirt sehr beträchtlich in Folge der lichtabsorbirenden Wirkung der Atmosphäre. Diese lichtabsorbirende Wirkung der Atmosphäre ist nach Bunsen bedingt: 1. durch ihre Dichtigkeit, 2. durch die Länge des Weges, den die Strahlen in derselben durchlaufen, nach Jansen aber noch mehr durch den Gehalt an Wasserdampf, nach Verfasser durch den Gehalt an Dunstbläschen resp. Unreinheiten (Staub etc. s. p. 84). Deshalb ist dieselbe zu verschiedenen Tageszeiten sehr verschieden. Im Allgemeinen ist die chemische Intensität des Sonnenlichtes um so stärker, je grösser die Sonnenhöhe ist. Bei niedrigem Sonnenstande ist der von den Strahlen in der Atmosphäre durchlaufene Weg viel länger, als bei hohem. Bunsen bestimmte die chemische Intensität des Sonnenlichtes zu verschiedenen Tageszeiten an einem völlig heiteren Tage und fand daraus, dass, wenn das Sonnenlicht eine 22,000 m starke Luftschicht von 0,76 m Druck durchstrahlt, seine chemische Wirkung bis auf $\frac{1}{10}$ der ursprünglichen Stärke geschwächt wird. Bei geringerem Barometerstand ist die Absorption geringer. Demnach wird die chemische Leuchtkraft der Sonne auf hohen Bergen stärker sein als am Meeresspiegel, um die Mittagsstunde bedeutend stärker, als Morgens oder Abends (weil Mittags der von den Strahlen in der Atmosphäre durchlaufene Weg beträchtlich kürzer ist).

Ausserhalb der Atmosphäre, wo die Sonne durch nichts geschwächt wird, ist ihre chemische Intensität, d. h. ihre Wirkung auf eine senkrecht zu den Strahlen stehende Fläche immer dieselbe. Bunsen berechnete diese Wirkung (mit Zugrundelegung der von ihm gemessenen Absorption in der Atmosphäre) auf 318 Lichtgrade. Die chemische Wirkung innerhalb der Atmosphäre aber fällt in demselben Maasse, wie die Barometerhöhe und die Zenithdistanz der Sonne wächst; sie ist in Bezug auf ein horizontales Flächenelement

$$W = \left(318,3 \times 10 \frac{0,4758 P}{\cos \varphi} \right) \cos \varphi,$$

wo φ die Zenithdistanz der Sonne, P den Barometerstand bedeutet. Bunsen hat aus dieser Formel mehrere höchst interessante Daten berechnet. So beträgt die chemische Intensität des Sonnenlichtes am Meeresspiegel bei senkrechtem Auffallen 130° ; da sie nun ausserhalb der Atmosphäre 318° beträgt, so gehen $\frac{2}{3}$ der chemischen Leuchtkraft durch Absorption in der Atmosphäre verloren.

In der Höhe des Montblanc ist die chemische Wirkung der Sonne bei senkrechtem Einfallen $1\frac{1}{2}$ mal, bei 45° Zenithdistanz 2 mal so gross, als am Meeresspiegel.

Den Einfluss des Luftdruckes mögen folgende Zahlen illustriren:
 Bei 750 mm Barometerhöhe ist die Wirkung in Lichtgraden 140° ,
 „ 700 „ „ „ „ „ „ „ „ 148° ,
 „ 600 „ „ „ „ „ „ „ „ 165° ;
 140 Lichtgrade sind aber 1,400,000 Lichteinheiten, demnach wirkt die Sonne 700,000mal intensiver als eine Steinkohlengasflamme (s. p. 61).

Offenbar kann man nun mit der oben gegebenen Formel für jeden beliebigen Ort der Erde und für jede beliebige Stunde unter Voraussetzung einer bestimmten Barometerhöhe aus der Sonnenhöhe die chemische Intensität des directen Sonnenlichtes berechnen.

Bunsen hat diese Berechnung ausgeführt für einen Tag der Tages- und Nachtgleiche für Cairo, Neapel, Heidelberg, Petersburg und Island.

So ist zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche, Mittags 12 Uhr, bei 0,76 m Druck die Wirkung

für Cairo 150° , für Heidelberg 57° , für Island 21° .

Noch grösser sind diese Unterschiede in den Zeiten 9 Uhr und 3 Uhr; dann sind sie

für Cairo 50° , für Heidelberg 24° , für Island 6° .

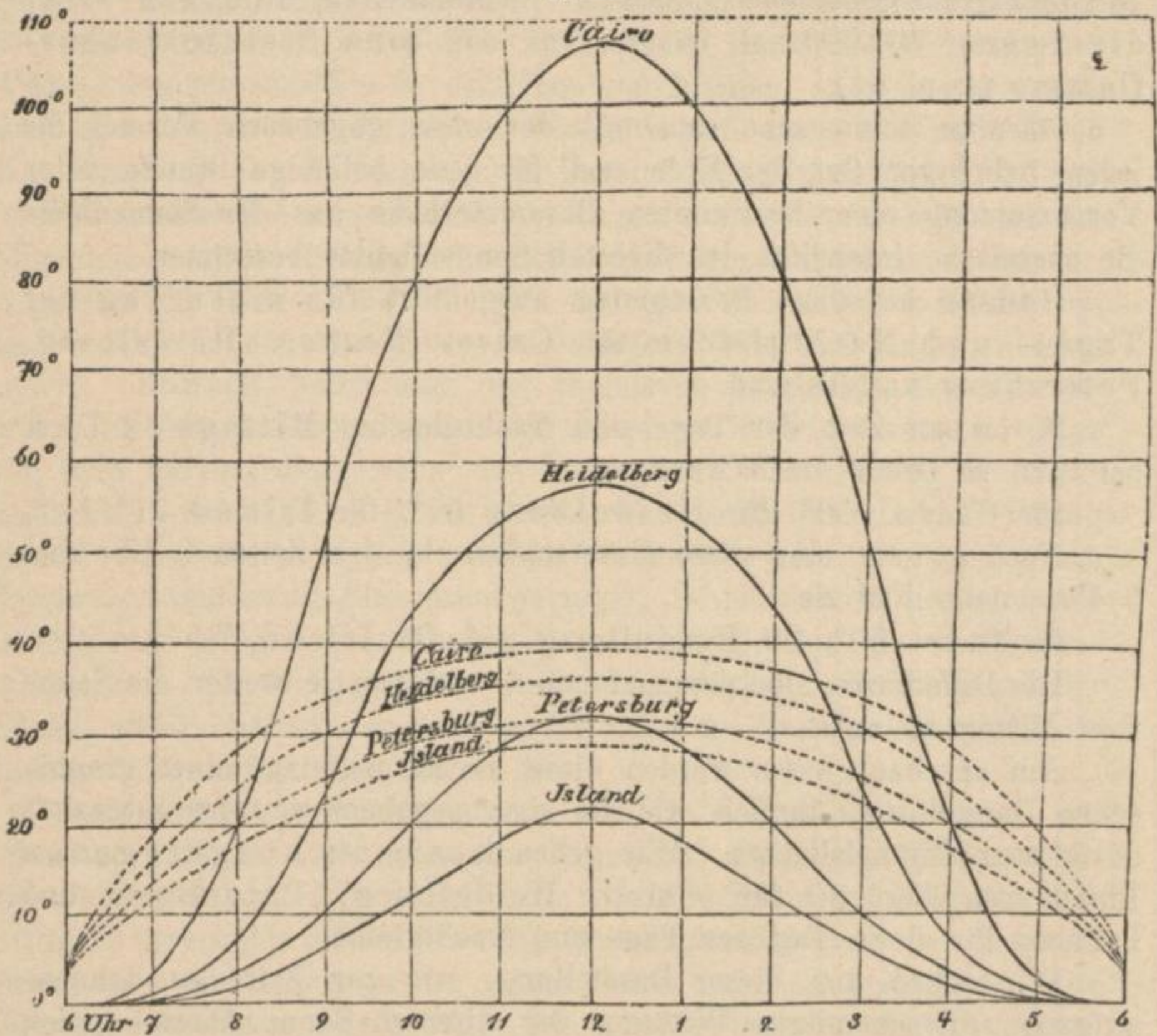
Die Differenzen sind demnach um so grösser, je weiter die Sonne vom Mittag ab steht.

Am anschaulichsten werden diese Verhältnisse aus einer graphischen Darstellung, ähnlich wie die oben gegebene von der Intensität des blauen Himmelslichtes. Wir geben diese in den ausgezogenen Linien von Fig. 30 für Cairo, Heidelberg, Petersburg und Island für einen Tag der Tag- und Nachtgleiche.

Wir sehen aus dieser Darstellung, wie zur Zeit des Sonnenaufgangs die chemische Wirkung der directen Sonne überall gleich 0 ist, wie sich in Cairo erst um $6\frac{1}{2}$ Uhr, in Neapel um circa $6\frac{3}{4}$ Uhr, in Island erst um 7 Uhr eine merkliche chemische Wirkung der Sonne nachweisen lässt, wie diese dann für die nördlichen Orte langsam, für die südlichen rasch ansteigt, Mittags ihren höchsten Stand erreicht und Nachmittags wieder rasch fällt, in demselben Maasse, wie sie Vormittags gestiegen, bis sie endlich schon vor Sonnenuntergang verschwindet. Diese chemische Unwirksamkeit der Sonne in der Nähe des Horizontes gilt nur für das Bunsen'sche Messmaterial: Chlorknallgas. Auf photographische Platten wirkt die Sonne selbst im Moment des Untergangs so kräftig, dass sie ein Momentbild auf Bromjodsilber aufzunehmen gestattet. Von besonderem Interesse sind nun die Vergleiche zwischen der chemischen Intensität des Sonnenlichtes und des blauen Himmels-

lichtes für dieselben Orte der Erde. Fig. 30, in welcher die Intensitätscurven für Himmelslicht und Sonnenlicht gleichzeitig eingetragen sind, giebt dazu ein treffliches Mittel an die Hand.

Fig. 30.



Wir ersehen daraus, dass um Sonnenaufgang und Untergang, wo die Sonne, obgleich dem Auge sichtbar, noch chemisch unwirksam ist, der blaue Himmel schon überall kräftige Wirkungen äussert, wie diese Wirkungen rasch ansteigen, während die chemische Sonne gleichsam erst aufgeht, dann aber sich in steiler Curve erhebt, um die Wirkung des anfangs vorangeeilten Himmelslichts zu überflügeln.

Wir sehen ferner, wie für Island das blaue Himmelslicht für sich allein viel intensiver wirkt, als die Sonne für sich allein und nur in der Nähe der Mittagsstunde von letzterer übertroffen wird. (Für Orte, noch nördlicher als Island, bleibt die Intensität der Sonne auch Mittags unter der des blauen Himmels.) In südlicheren Breiten dagegen ist die Intensität der Sonne zu gewissen Tagesstunden

grösser, zu anderen kleiner als die des blauen Himmels, und bei einer gewissen Zeit sind beide gleich. Das ist der Punkt, wo die zusammengehörigen Curven für Sonnenlicht und Himmelslicht sich schneiden. Dieser Punkt tritt an allen Orten ein, wo sich die Sonne mehr als $20^{\circ} 56'$ über den Horizont erhebt.

Wir sehen ferner die Curve des blauen Himmels langsamer steigen und um die Mittagszeit sich nahezu auf derselben Höhe halten, während die Curve der Sonne sich in südlichen Orten jäh und rasch erhebt.

Nun arbeitet der Photograph nur ausnahmsweise mit Sonnenlicht allein (wie bei Vergrösserungen), desto öfter aber mit Sonnen- und Himmelslicht gemeinschaftlich (wie bei Landschaftsaufnahmen und beim Copiren); deshalb ist es interessant, die Summenwirkung beider kennen zu lernen.

Um die gemeinschaftliche Wirkung von Sonnen- und Himmelslicht zu finden, braucht man nur die Einzelwirkung beider für die betreffende Zeit zusammen zu addiren. So ist z. B. für Heidelberg am 21. März früh 9 Uhr die Stärke

| | |
|-----------------------------|----------------------|
| des Himmelslichts | 30,24 ^o , |
| „ Sonnenlichts | 23,99 ^o , |
| in Summa | 54,23 ^o . |

Folgerungen für die Landschaftsphotographie. Man denke sich einen im Freien aufgestellten Gegenstand; dieser wird auf der Sonnenseite von Sonnen- und Himmelslicht, auf der Schattenseite von Himmelslicht allein, erleuchtet sein. Nehmen wir die Intensität des Himmelslichts auf beiden Seiten als gleich an, so ergibt sich beispielsweise aus unseren Tabellen die Lichtstärke in Heidelberg am 21. März:

| | Himmelslicht | Sonnenlicht |
|----------------------|--------------|-------------|
| früh 9 Uhr | 30,24 | 23,99 |
| 12 „ | 35,91 | 57,62 |

Nehmen wir an, dass auf der Schattenseite, wie auf der Sonnenseite, nur der halbe Himmel zur Wirkung komme, so wird die Licht-Intensität auf

der Schattenseite um 9 Uhr $15,12^{\circ}$ um 12 Uhr $17,9^{\circ}$ sein, auf „ Sonnenseite „ 9 „ 39° „ 12 „ $75,5^{\circ}$.

Demnach wird die Licht-Intensität auf der Schattenseite des Körpers von 9—12 Uhr früh nahezu dieselbe bleiben, während die Licht-Intensität auf der Sonnenseite um 12 Uhr beinahe doppelt so gross ist als um 9 Uhr. Die Licht- und Schattendifferenzen sind deshalb um diese Zeit viel greller, und wird dieses sich auch im Bilde bemerkbar machen und seiner Schönheit mehr oder weniger Eintrag thun. Die Expositionszeit wird man, da die Schattenseiten

um 12 Uhr nicht viel heller sind, als um 9 Uhr, und auch diese hinreichend ausexponirt erscheinen müssen, um 12 Uhr nur wenig niedriger wählen dürfen, als um 9 Uhr (z. B. 18 Secunden um 9 Uhr, 15 Secunden um 12 Uhr), wobei man dann Gefahr läuft, dass die Lichter auf der anderen Seite „überexponirt“ sind. Diese grellen Licht- und Schattendifferenzen werden sich um so weniger bemerklich machen, je niedriger, um so mehr, je höher die Sonne steht. Sie sind daher, abgesehen von der Tageszeit, im Sommer viel energischer als im Frühling, Herbst und Winter. Im Winter steht die Sonne of selbst um die Mittagszeit so tief, wie im Hochsommer des Abends, so dass ihre Wirkung weit hinter der des Himmelslichts zurückbleibt. Es ist daher klar, welche tief eingreifenden Unterschiede in Bezug auf den Lichteffect in Bildern, die zu verschiedenen Jahreszeiten aufgenommen sind, sich zeigen werden, und wie wichtig deshalb die genaue Kenntniss des Sonnenstandes und der Sonnenintensität in verschiedenen Zeiten für den denkenden Landschaftsphotographen ist.

Leider sind auch die von Bunsen gegebenen Zahlen über die chemische Intensität des Sonnenlichts keine allgemein gültigen. Verfasser machte auf seiner Reise nach Ceylon 1875 Beobachtungen über die Schwankungen in der chemischen Wirkung des Sonnenspectrums mit Hülfe des später zu beschreibenden „Spectrographen.“ Er stellte dabei fest, dass die Wirkung der einzelnen Farben des Spectrums ganz ausserordentlich differirt je nach der Durchsichtigkeit der Luft, und dass keineswegs immer einem höheren Sonnenstande eine stärkere chemische Wirkung des Spectrums entspricht (Poggendorff Ann. 156, p. 319).

Das gilt auch für das oben beschriebene Papierphotometer Bunsen-Roscoe's.

Die Mess-Methode ist einfach, aber das Papier erscheint für genauere Bestimmungen viel zu wenig empfindlich; so ergaben sich bei Beobachtungen in Heidelberg gar keine Wirkungen des directen Sonnenlichts bis zu einer Sonnenhöhe von $12^{\circ} 58'$, während in der That die Sonne selbst bei Sonnenauf- und Untergang noch eine sehr kräftige, chemische Wirkung auf Jodsilber äussert und es der Adener Sonnenfinsternissexpedition sogar gelang, die viel dunkleren Protuberanzen während der Finsterniss in Sonnenhöhen von 9° zu photographiren und auch von dem Monde, der fünf-

mal hunderttausendmal schwächer leuchtet als die Sonne, in gleicher Höhe eine Aufnahme in 5 Secunden zu machen.

Unterschiede der Helligkeit im Herbst und Frühling. Die auffallendste Thatsache, die bei Beobachtungen mit dem Papierphotometer sich ergeben hat, ist die Differenz in der chemischen Lichtintensität zwischen Frühling und Herbst.

In den Monaten März und September, im April und August, ist die Höhe des Sonnenstandes über dem Horizont durchschnittlich dieselbe. Gleichwohl haben die Beobachtungen in Kiew ergeben, dass die chemische Intensität der Sonne nicht dieselbe ist. Auf je 100 chemische Lichtgrade des März und April kommen 167 im August und September. Es müssen sonach Umstände vorhanden sein, welche in den Frühlingsmonaten die chemische Intensität schwächen, und Roscoe vermuthet, dass dieser Unterschied mit der verschiedenen Durchsichtigkeit der Luft im Frühling und Herbst zusammenhänge.

Die Ursache dieser Erscheinung dürfte eher in der wechselnden „Farbenhelligkeit“ zu suchen sein, die, wie weiter unten gezeigt werden soll, mit der Jahres-, Tageszeit und dem Wetter ausserordentlich schwankt.

Die optische und chemische Helligkeit des Sonnenlichts bei verschiedenen Höhen nach Abney.

a) Optische Helligkeit:

| | |
|------------------------------------|-------------|
| Bei höchstem Sonnenstand | 5600 Kerzen |
| 30° über dem Horizont | 4700 „ |
| 20° „ „ „ | 3300 „ |
| 10° „ „ „ | 2000 „ |
| 8° 30' über dem Horizont | 1400 „ |
| Kurz vor Sonnenuntergang | 140 „ |

b) Die chemische (photographische) Helligkeit:

| | |
|------------------------------------|---------------|
| Bei höchstem Sonnenstand | 120000 Kerzen |
| 30° über dem Horizont | 72000 „ |
| 20° „ „ „ | 42000 „ |
| 10° „ „ „ | 9000 „ |
| 8° 30' über dem Horizont | 5600 „ |
| Bei Sonnenuntergang | 1,7 „ |

Die photographische Brauchbarkeit des Sonnenlichts nimmt demnach viel schneller ab, als die optischen Werthe und kurz vor Sonnenuntergang ist die erstere nahezu gleich Null.

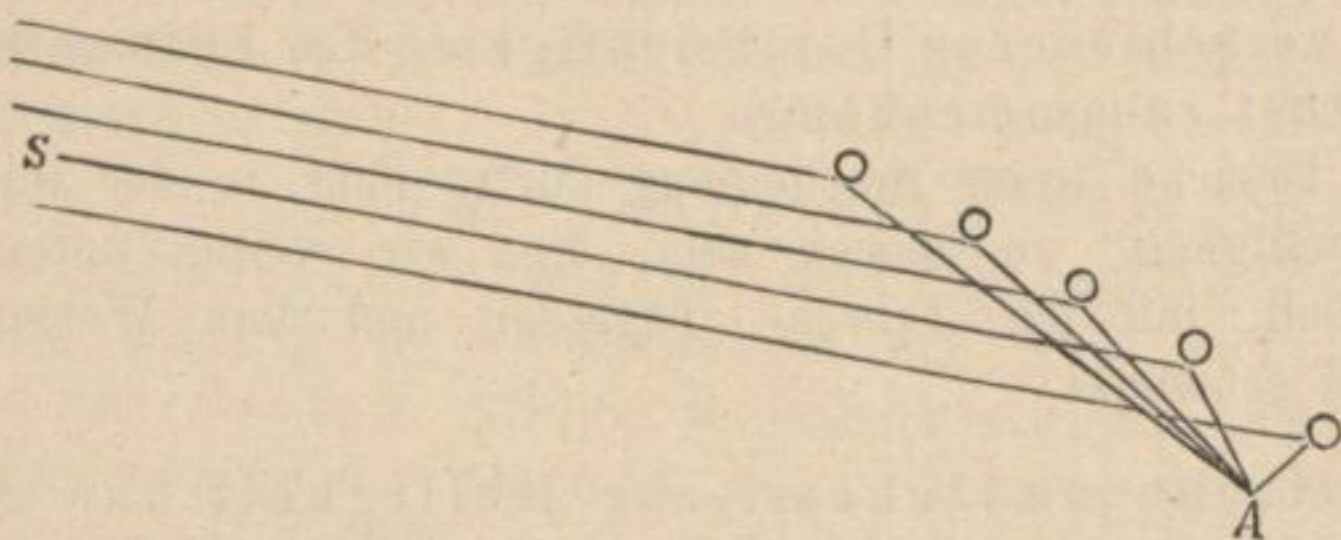
Abney fand, dass eine Exposition von 50—60 Sek. im direkten Sonnenlicht genügt, um einen Platindruck zu erhalten, dies

ist in einem Licht von 120 000 Kerzen, während bei einem Gaslicht von 100 Kerzen eine 20 Stunden lange Exposition notwendig war.*)

Leider fehlt hier die genaue Angabe des höchsten Sonnenstandes. Die Messungen gelten natürlich nur für eine ganz bestimmte Durchsichtigkeit der Atmosphäre, wie sie zufällig am Beobachtungstage herrschte und für das angewandte photometrische Material.

Ungleiche Helligkeit des Himmels in verschiedenem Sonnenabstand. Schon das Auge erkennt, dass die Helligkeit des Himmels in der Nähe der Sonne grösser ist als in weiterem Abstände davon. Die Gründe liegen schon in der stärkeren Reflexion der Dunstbläschen bei stärkerem Auffallswinkel. Je grösser der Auffallswinkel, desto grösser ist die Menge des von einem durchsichtigen Medium reflectirten Lichts. Siehe Figur 31, wo A das Auge des Beobachters darstellt,

Fig. 31.



die Kreise Dunstbläschen, welche die Sonnen-Strahlen S unter verschiedenen starken Winkeln reflectiren. W. Brennaud bestimmte die Helligkeit verschiedener Theile des blauen Himmels auf photographischem Wege quantitativ ebenfalls durch die Schwärzung lichtempfindlicher Papiere. Er fertigte dazu ein Mitraillleusenphotometer. Eine Reihe von Röhren wurde fächerförmig im Halbkreis aufgestellt, wo sie zusammenliefen standen sie auf einer halbkreisförmigen Scheibe, deren Rand mit einem Streifen des empfindlichen Papieres überspannt war. Wir haben also hier gleichsam ein Vogel'sches Röhrenphotometer vor uns, dessen Röhren oben nicht parallel sind, sondern nach verschiedenen Punkten des Himmels im Halbkreise gerichtet sind. Das unter jeder Röhre exponirte Papierstreifenstück wird nun bei gleich langer Exposition verschiedene starke Färbungen zeigen, je nachdem das Himmelsstück, auf welches die Röhre gerichtet war, mehr oder weniger hell ist. Hierbei hat sich nun ergeben, dass die Helligkeit eines Himmelsstückes abnimmt mit dem Abstände von der

*) Photogr. Journal 1892, April 30.

Sonne. Ist J die Sonnenhelligkeit (die natürlich mit der Höhe ab- und zunimmt) und α der Winkelabstand eines Himmelstückes von der Sonne, so ist die Helligkeit desselben nach Brennaud $J \operatorname{cosec} \alpha$. (Proc. R. S. 49, p. 4—11. Bleibl. z. Wiedem. Ann. XV, 5, p. 355. Photogr. Mitth. XXVIII, p. 162, 63).

Optische Tageslichthelligkeiten. So lange unser chemisches Photometer noch nicht genügend ausgebildet ist, pflegen sich die photographischen Techniker auf die Beurtheilung der sichtbaren Helligkeit zu verlassen. Welche Bedingungen hierbei noch in Betracht kommen, lehren Michalke's Aeusserungen über Goerz' resp. Ducoudun's Expositionsmesser (s. o.).

Es ist nun von Interesse, die ausserordentlichen Schwankungen der für das Auge empfindbaren Tageshelligkeit kennen zu lernen.

Wie verschieden die ganze Helligkeit H des Himmelsgewölbes selbst 12 Uhr Mittag ist, hat Weber während der hellsten und dunkelsten Monate auf dem Thurme des physikalischen Laboratoriums in Breslau festgestellt (meteorologische Zeitschrift Juni 1885, December 1887), indem eine matte Scheibe horizontal aufgestellt und dem Himmelslichte frei ausgesetzt war. Er fand die Helligkeit (für's Auge)

| | |
|-------------|--------------------------|
| im December | 579—9863, |
| im Januar | 1592—13770, |
| im Juni | 4519—76560, |
| im Juli | 8414—69180 Meter-Kerzen. |

Weiteres im Anhang.

XI. Helligkeiten bei beschränkter Himmelsbeleuchtung.

Die Zahlen von Bunsen-Roscoe gelten nur für eine unverhüllte Sonne resp. ebensolches Gesamthimmelsgewölbe. Nun sind die Lichtverhältnisse in der Praxis thatsächlich ganz anders. Umschliessende Bäume, Häuser etc. schneiden ein mehr oder weniger grosses Stück des Himmelsgewölbes ab, und gehen wir in die Zimmer, so wird, selbst wenn sie dem hellen Himmel gegenüberliegen, nur ein kleiner Theil desselben, $\frac{1}{100}$ — $\frac{1}{200}$ der ganzen Fläche zur Wirkung kommen, und dann reducirt sich die Helligkeit ganz bedeutend, viel bedeutender als unser Auge vermuthet.

Beurtheilung der Helligkeit eines von Fenstern erleuchteten Raumes. Das Princip, die Helligkeit eines vom Himmel ohne Sonne erleuchteten Raumes zu beurtheilen, gab Verfasser dieses zuerst an.*) Es

*) Siehe Photographische Mittheilungen V. 70. 87. 103. Es wurde dasselbe in schärfster Weise beföhdet (s. den Jahrgang 1868 der Photographischen Correspondenz). Die Anerkennung folgte erst viel später, als Prof. Weber auf demselben Principe fussend, seine neuen Messungen des Himmelslichts vornahm.

wurde 15 Jahre später auch von L. Weber (Kiel) aufgestellt, ohne dass derselbe von den Arbeiten des Verfassers Kenntniss hatte.

Die Frage hängt unmittelbar zusammen mit der Helligkeit in photographischen Ateliers und der zweckmässigsten Construction derselben. Der Gedankengang ist in dem IV. Bande (photographische Kunstlehre) mit Beziehungen auf die künstlerischen Fragen der Beleuchtung ausgeführt (Bd. IV, p. 15).

Aus diesen Principien der Beleuchtung geht hervor, dass es wesentlich die Grösse des von einem Punkte aus sichtbaren Himmelsgewölbstückes ist, welche die Helligkeit dieses Punktes bestimmt. Bei einfachen Verhältnissen kann man diese aus dem „Lichtwinkel“ taxiren, den man erhält, wenn man z. B. in einem Innenraume von dem erleuchteten Punkt aus Linien nach den Fensterumrissen zieht.

Dieses Princip erörterte Verfasser 1867. Er hat damals darauf hingewiesen, dass die Helligkeit eines Punktes in einem von einem kleinen Fenster erleuchteten Zimmer abnimmt, wie die Quadrate der Entfernung des Punktes vom Fenster zunehmen.

Die mathematische Entwicklung der gegebenen Sätze ist folgende.

Fig. 32.

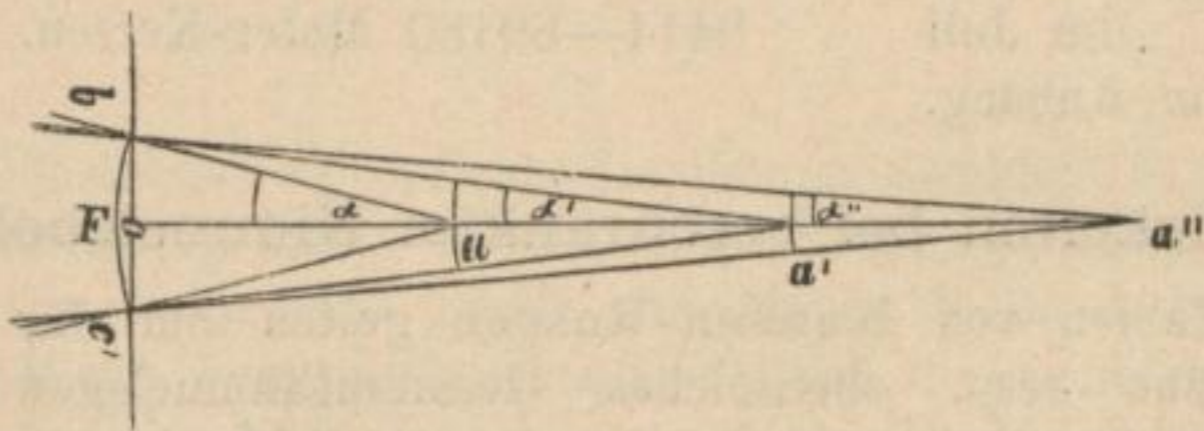
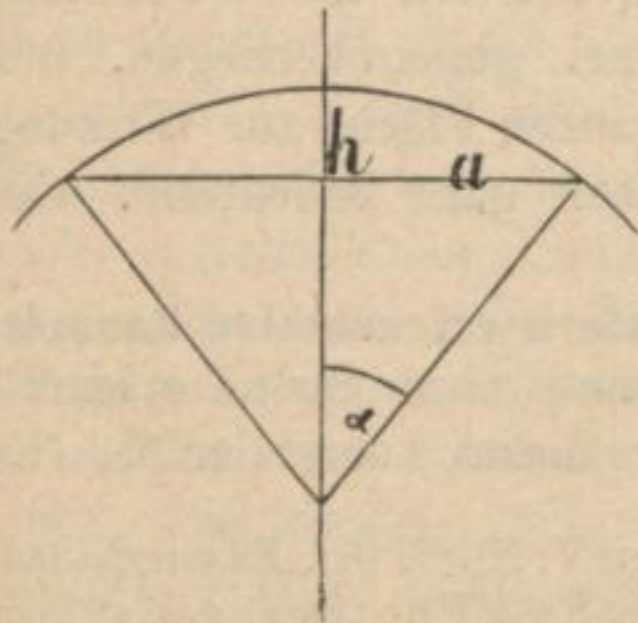


Fig. 33.



Man nehme an, dass die Lichtquantität welche ein Stück des blauen Himmelsgewölbes liefert, der Grösse desselben proportional sei; es bestimmt sich alsdann die Helligkeit der einem runden Fenster gegenüber liegenden Punkte a, a', a'' (siehe Fig. 32) aus dem Flächeninhalte der Calotte, welche von dem Lichtkegel eingeschlossen wird, welchen die Strahlen bilden, den Radius = 1 angenommen. Der Inhalt J einer Calotte ist, wenn der Radius der Grundfläche des Segments = a , die Höhe = h ist, $= \pi (a^2 + h^2)$ (s. Fig. 33). Ist der halbe Lichtwinkel = α , so ist $h = r (1 - \cos \alpha)$, für kleine Winkel kann man

$$1 - \cos \alpha = 0$$

setzen, dann ist $J = \pi a^2$, d. h. identisch mit der Kreisfläche, deren Radius = a .

Demnach verhalten sich für verschiedene Punkte a, a', a'' die Helligkeiten wie

$$\pi a^2 : \pi a'^2 : \pi a''^2.$$

Nun ist

$$a^2 = \sin^2 \alpha \text{ (s. Fig. 33),}$$

daher verhalten sich die Helligkeiten für die Punkte a, a', a'' wie

$$\pi \sin^2 \alpha : \pi \sin^2 \alpha' : \pi \sin^2 \alpha''$$

oder da für kleinere Winkel die Sinusse den Tangenten proportional sind,

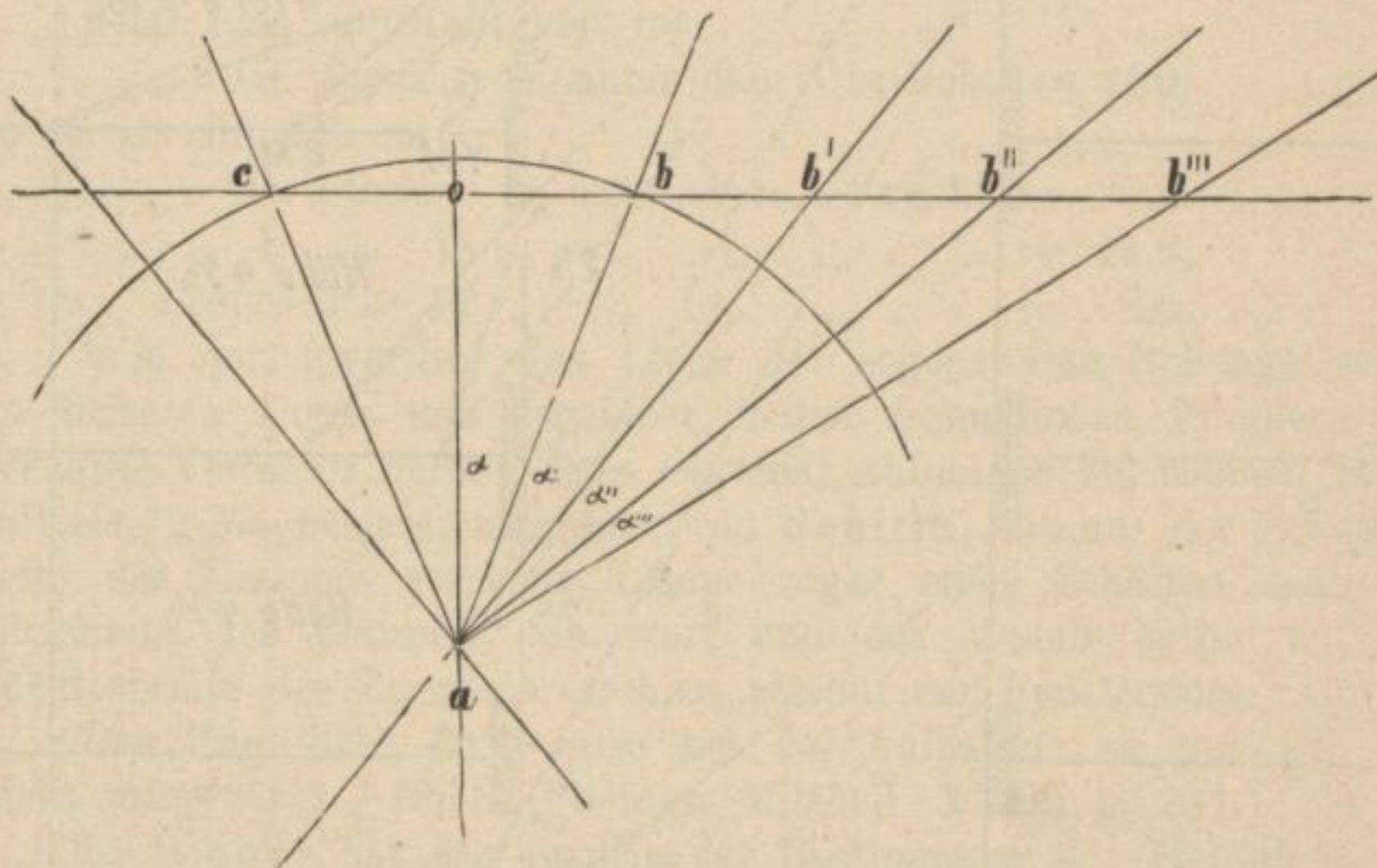
$$\pi \operatorname{tg}^2 \alpha : \pi \operatorname{tg}^2 \alpha' : \pi \operatorname{tg}^2 \alpha''.$$

Nun sind die Tangenten a, a', a'' gleich der halben Fensteröffnung F , dividirt durch die Entfernung E der Punkte $aa'a''$, daher verhalten sich die Helligkeiten in $aa'a''$ wie

$$\frac{F^2}{E^2} : \frac{F^2}{E'^2} : \frac{F^2}{E''^2},$$

d. h. die Lichtstärke nimmt ab, wie die Quadrate der Entfernung zunehmen, und nimmt zu mit dem Quadrate des Fensterdurchmessers.

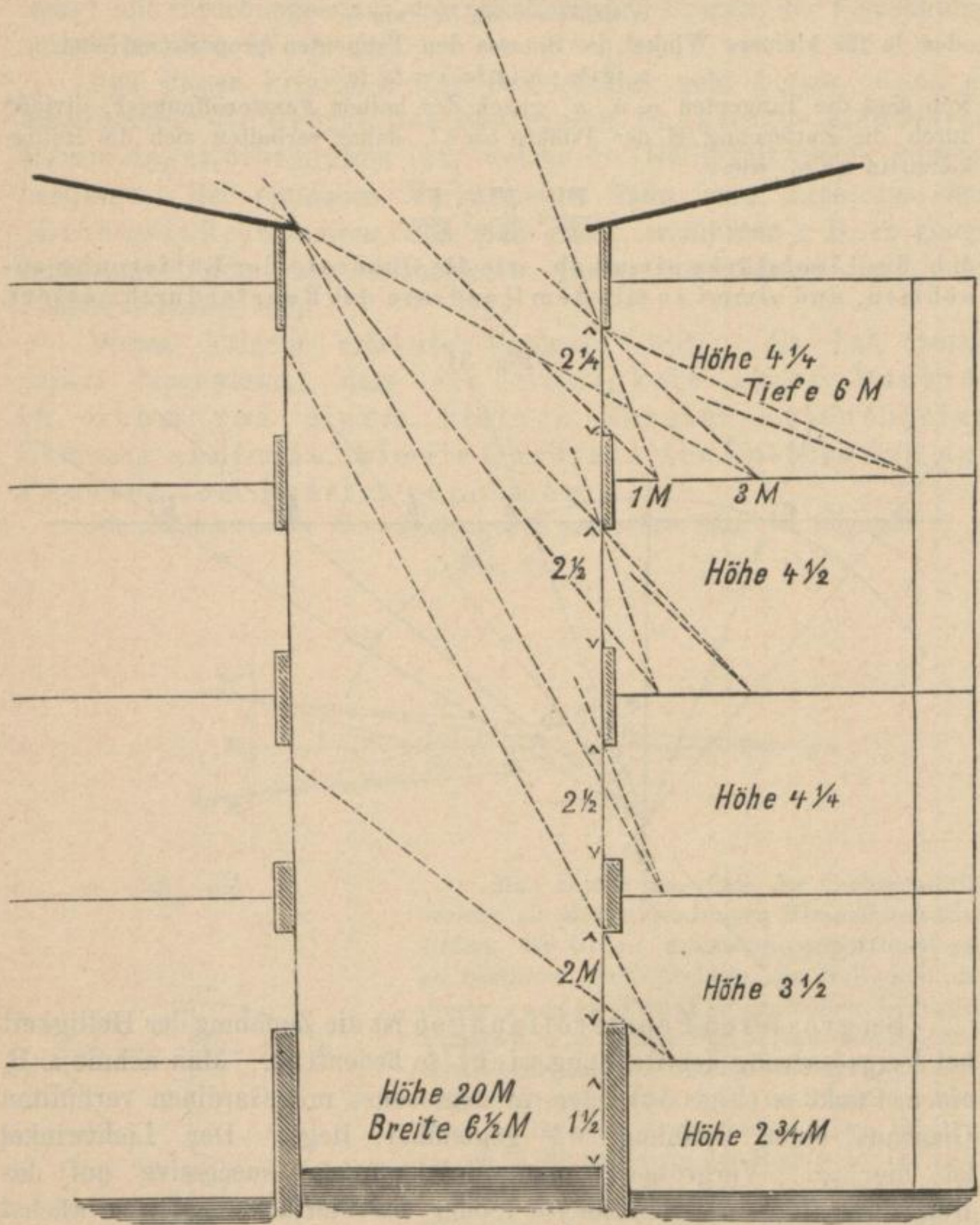
Fig. 34.



Bei grösseren Fensteröffnungen ist die Zunahme der Helligkeit bei Vergrößerung der Oeffnung nicht so bedeutend. Man nehme z. B. einen Punkt a (Fig. 34), der in dem sonst mit Gardinen verhüllten Glashauss einer Oeffnung ob gegenüber liegt. Der Lichtwinkel ist hier α . Vergrössert man die Oeffnung successive auf das Doppelte ob' , oder Dreifache ob'' , oder das Vierfache ob''' , so wächst der Lichtwinkel bei a um die Stücke $\alpha', \alpha'', \alpha'''$, die, wie man aus der Figur sieht, in viel geringerem Maasse zunehmen, als die Grösse der Fensteröffnung. Weiteres über den Gegenstand ist im IV. Bande des Werkes, die photographische Kunstlehre, ausgeführt.

Wohl zu verstehen ist hier, dass nicht ein ebener Winkel, sondern der Winkel im Raum in Betracht kommt, den man erhält, wenn man von einem gegebenen Punkt im Zimmer aus nach den vier

Fig. 35.



Ecken eines Fensters Linien zieht. Die Helligkeit wird am grössten sein, wenn diese Linien sämtlich auf das Himmelsgewölbe treffen, sie wird aber erheblich beeinträchtigt, wenn mehr oder weniger dunkles

Mauerwerk oder Bäume dem Fenster gegenüber liegen; demnach empfängt man eine Idee von der wirklich wirksamen Himmelhelligkeit, wenn man nach den Kanten der gegenüberliegenden Häuser Linien zieht. Beifolgende Figur 35 stellt ein neues Haus in Berlin mit seinem Querschnitt durch beide Hofflügel dar und den Lichtwinkeln, welche sich für die verschiedenen Etagen ergeben. Man sieht, dass diese schon in 1 m Entfernung beim Erdgeschoss auf 0 herabsinken, dasselbe zeigt nur Reflexlicht von der gegenüber liegenden Hauswand, kein Himmelslicht; am vortheilhaftesten stellt sich der dritte Stock; kein Wunder daher, dass hier die Maler wohnen und die photographischen Ateliers ebenfalls hoch gelegt sind, um möglichst freien Himmel zu haben.

Wie rapid die Helligkeit in unsern Häusern nach unten hin abnimmt, bestimmte Verfasser bei einem Oberlicht von 2 m Durchm. in einem Treppenhaus.

Setzt man die Helligkeit im

III. Stock 5 m unter dem Oberlicht = 100,

so erwies sie sich im

II. Stock 9 m unter dem Oberlicht = 30,8,

I. „ 13 „ „ „ = 14,8,

Erdgeschoss 17 „ „ „ = 8,6.

Wie geringwerthig das Licht der sogenannten Beletage selbst an heiteren Tagen und scheinbar hellen freundlichen Zimmern ist, erkannte Verfasser daraus, dass bei einer Aufnahme bei solchen Tagen mittelst 2 Magnesiumpustlampen von Schirm, die auf der Schattenseite des Zimmers stehende Lampe sogar einen Schatten nach der Lichtseite des Zimmers hin warf und das Modell heller auf der Schattenseite des Zimmers erschien als auf der Fensterseite.

Das Tageslicht hatte also bei der Aufnahme so gut wie gar nicht mitgewirkt. (Siehe Photogr. Mittheil. XXIX, p. 251.)

L. Weber hat das Princip der Bestimmung der Helligkeit von Innenräumen aus der Grösse des beleuchtenden Himmelsgewölbestückes weiter ausgeführt, freilich nicht für photographische, sondern für optische Zwecke. Wir lassen seine Darstellung im Anhang folgen. Ueber die Stärke des Reflexlichts s. Bd. VI. p. 21.

XII. Fortsetzende Strahlen, Vor- und Nachbelichtung.

Erste Versuche. Becquerel und Moser haben zuerst einer Erscheinung Erwähnung gethan, die darauf hinausläuft, dass die an sich auf Silberhaloidsalze unwirksamen rothen und gelben Strahlen die Eigenthümlichkeit haben, die von blauen Strahlen eingeleitete Wirkung fortzusetzen.

Becquerel sagt: Chlorsilber auf Papier färbt sich zuerst im Ultraviolett, dann zwischen H und G, später im Blau bis nahe F. Ist aber Chlorsilber vorher einige Momente dem Tageslicht ausgesetzt worden (doch nicht so lange als nöthig ist, einen sichtbaren Licht-eindruck zu erzeugen), so färbt es sich im Spectrum bis zum äussersten Roth. Becquerel nennt daher die violetten Strahlen erregende (rayons excitateurs), die anderen fortsetzende (rayons continueurs). Auf solchem vorher belichteten Papier finden sich zwei Maxima der Spectralwirkung, eine zwischen G und H, das andere zwischen D und E. Diese Erscheinung ist jedoch ohne Annahme besonderer Wirkungen dadurch zu erklären, dass das Chlorsilber durch Annahme der violetten Farbe im Lichte die Fähigkeit erhalten hat, gelbes und gelbrothes Licht stärker zu absorbiren und dass in Folge dessen diese anfangs unwirksamen Strahlen activ werden. (S. u. Farbenlehre.)

Man hat auf Becquerels Versuche hin wiederholt vorgeschlagen, zu kurz belichtete photographische Platten durch Nachbelichten in rothem und gelbem Lichte auf die nöthige Intensität zu bringen, ja man hat darin ein Mittel gesehen, die Expositionszeit abzukürzen.

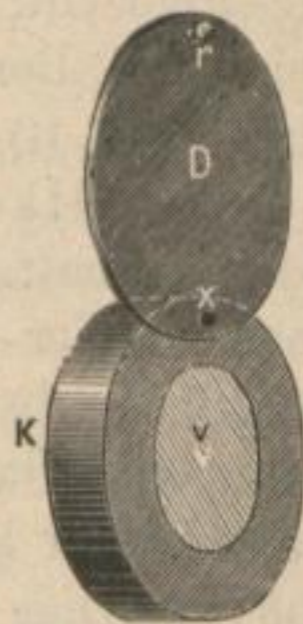
Vielfache praktische Versuche haben aber gezeigt, dass weder schwaches rothes noch gelbes Licht bei der Nachbelichtung auf Bromjodsilberplatten irgend welche Wirkung ausüben. Wo eine Nachbelichtung sich wirksam zeigte, da war wirksames blaues oder violettes Licht im Spiel, indem dessen Wirkung sich einfach zu der bereits vorhandenen (photographisch zu schwachen) Wirkung der Vorbelichtung addirte und dadurch einen zu schwachen Lichteindruck bis zum Sichtbarwerden verstärkte.

Angenommen, es sind 10 Lichteinheiten nöthig, um eine eben sichtbare Entwicklung zu veranlassen, so wird die Stelle einer Platte, welche nur von 5 Lichteinheiten getroffen ist, sich nicht entwickeln. Setzt man aber die ganze Platte nachher 5 Lichteinheiten aus, so addiren sich diese zu den bereits in Wirkung getretenen, sie verstärken daher die Wirkung in dem mit 5 belichteten Theil auf 10, d. h. sie machen diesen entwickelbar. Ein anderer Theil, der nur die Lichtwirkung 3 erlitten hat, wird dagegen sich auf $5 + 3 = 8$ verstärken, also unentwickelt bleiben. Demnach ist eine Nach-

belichtung mit wirksamem (weissem) Licht bei Unterexpositionen von Vortheil. Es ist jedoch nöthig, dass man die Dauer derselben genau abmisst. Dauert die Nachbelichtung zu lange, so werden alle Stellen entwickelbar, die Platte verschleiert.

Scotellari benutzte zur Nachbelichtung einen Objectivdeckel K (Fig. 36), dessen Platte eine runde Oeffnung v hat, die mit anilinviolettem durchscheinenden Papier beklebt ist (weisses Pauspapier in 2 oder 3 Lagen ist ebenso wirksam). Um die Oeffnung zu schliessen, ist ein zweiter, um x drehbarer Pappdeckel D am Objectivdeckel angebracht. Man schliesst die Oeffnung v zuerst durch den Deckel D, belichtet wie gewöhnlich, dann öffnet man behufs der Nachbelichtung D wiederum.

Fig. 36.



Eine dritte Art der Nachbelichtung ist die mit einer Gasflamme. Man bringt die Platte in die Nähe einer solchen Flamme, die mit einer Milchglasglocke umgeben ist. Man kann vorher sehr genau ausprobieren, wie lange man eine Platte ohne Gefahr in dieser Weise exponieren kann. Man legt eine empfindliche Platte in die Cassette und zieht in der Nähe der Lampe den Schieber successive nach 5, 10, 15, 20 etc. Secunden um 1 Zoll auf, nachher entwickelt man und sieht nach, bei welcher Expositionszeit sich zuerst ein entwickelbarer Lichteindruck zeigt. Man belichtet dann bei der Nachbelichtung eben oder doppelt so lange, wie gedachte Stelle belichtet wurde. Eine geringe Verschleierung ist ohne Nachtheil. Man bedenke jedoch in allen Fällen, dass Nachbelichtung nur ein Nothbehelf ist, der oft, namentlich bei trübem Wetter, nicht einmal die gewünschten Resultate liefert. Alle diese Versuche wurden mit den wenig empfindlichen Collodiumplatten gemacht.

Nachbelichtung bei Gelatineplatten. Neuerdings versuchte Himly eine Nachbelichtung auch bei den viel empfindlicheren Gelatineplatten.

Er führte während der Exposition Nebenlicht in die Camera ein, unter Anwendung einer Vorrichtung, die im Wesentlichen in Löchern bestand, die im Vordertheil der Camera angebracht waren und durch ein Schiebrett mit gleichen Löchern bedeckt waren. Schob man das Brett so, dass die Löcher aufeinander fielen, so fiel Licht in die Camera. Dasselbe gelangte aber nicht direct auf die Platte, sondern fiel zunächst auf den „Lichtwellenbrecher“, ein geschwärztes Blech, das an der Innenseite des Objectivbrettes angebracht, durch einen viereckigen Ausschnitt dem Objectiv freien Spielraum lässt.

(Näheres Phot. Mittheil. XXIII. p. 212.) Das Licht wird durch diese Vorrichtung theils den Wänden der Camera, theils dem von dem Objectiv ausgehenden Lichtkegel zugetheilt.

Mit diesem Apparat wurden von Himly und H. Haberlandt Versuche angestellt, die ergaben, dass der „Hülfbelichter“ ein werthvolles Hülfsmittel sei bei Expositionen von 3 und mehr Secunden, während bei Momentaufnahmen ein wenn auch erkennbarer, so doch erheblich geringerer Vortheil erzielt wurde. Die „Photographische Gesellschaft“ machte ebenfalls mit diesem Apparate grössere Versuche, die sehr günstig ausfielen. So wurde bei sehr nebligem Wetter eine Aufnahme nach einem Oelbild mit 15 Minuten Expositionszeit gemacht. Dasselbe Bild wurde dann bei gleich ungünstigem Licht mit Benutzung des „Hülfbelichters“ aufgenommen und man erhielt bei 10 Minuten (also 5 Minuten weniger!) Exposition ein ebenso vollkommen durchgearbeitetes Negativ ohne Schleier. Später schaltete Himly zwischen Objectivbrett und „Lichtwellenbrecher“ vier Glühlampen ein und ermöglichte so die Benutzung des Hülflichts bei Aufnahmen mit künstlichem Licht. Die Glühlampen hatten eine Stärke von 25 Volts und waren hintereinander geschaltet. Während der Exposition durften die Lampen nur roth, nicht weiss glühen. Dies Verfahren empfiehlt sich bei astronomischen Aufnahmen (s. a. Eder, Jahrbuch für Photographie 1889 II. p. 87).

Neuere Versuche. Die Sache gerieth wieder in Vergessenheit. Neuerdings sind von Hough (British Journal of Ph. 1893) Versuche über die Wirkung der Vor- und Nachbelichtung von neuem gemacht worden. Eine Platte wurde bei möglichstem Abschluss von Licht in drei Streifen zerschnitten. Streifen No. 1 wurde im Dunkeln aufbewahrt, No. 2 erhielt eine vorhergehende Belichtung von 2 Sec. im Dunkelzimmer ein Fuss vom rothen Fenster entfernt, No. 3 erhielt eine nachfolgende Belichtung von 2 Sec. in derselben Weise. Die drei Streifen wurden nacheinander in dem Sensitometer dem Licht einer Kerze 10 Sec. lang in 10 Fuss Entfernung ausgesetzt. Sie wurden dann in völliger Dunkelheit entwickelt. Streifen No. 1 zeigte die Zahl 4, No. 2 und 3 zeigten 8 und 10.

Aus diesem Versuch geht hervor, dass eine Platte durch Vor- oder Nachbelichtung etwa 5 mal empfindlicher zu werden scheint. Die empfindlichste nasse Collodiumplatte erforderte eine Exposition von 2,5 Sec. bei gewöhnlichem Kerzenlicht in einem Fuss Entfernung, um einen sichtbaren Eindruck zu erhalten; durch passende Vor- oder Nachbelichtung konnte die Expositionszeit jedoch auf 0,3 Sec. herabgesetzt werden, was einer 8fachen Empfindlichkeitssteigerung gleichkommt.

Auch Burton und Debenham hatten durch Versuche festgestellt, dass eine vorsichtig und klug angewandte Hilfsbelichtung unzweifelhaft eine vermehrte Empfindlichkeit zur Folge habe, im Allgemeinen um zwei oder drei Sensitometer-Nummern.

Auch ohne den von Himly vorgeschlagenen Apparat als einfache Vor- resp. Nachbelichtung wird dies Verhalten mit Erfolg bei astronomischen Aufnahmen benutzt, wo es sich um das Photographiren sehr lichtschwacher Objecte handelt. Hier konnten wir selbst bei Rutherford-New-York die Vortheile dieses Verfahrens bemerken.

Vor 15 oder 16 Jahren wurde übrigens in Amerika auch die vorhergehende Belichtung für Albuminpapier zur Verbesserung der Copirfähigkeit empfohlen. Es war damit die Anwendung der Hilfsbelichtung zum Hervorbringen eines sichtbaren Bildes, zum Unterschied von einem entwickelbaren gemacht. Hierbei kann die verhältnissmässig gering empfindliche Schicht eine ziemlich beträchtliche Zeit der Wirkung einer schwachen Lichtquelle ausgesetzt werden, ohne dass eine sichtbare Veränderung eintritt.

Wenn wir nun die Zeit kennen, die nöthig ist, um den ersten Eindruck hervorzurufen, und wenn wir das Papier etwa $\frac{3}{4}$ oder $\frac{7}{8}$ dieser Zeit exponiren und während wir den einen Theil des Papiers vor Lichteindrücken durch eine undurchsichtige Maske schützen, so kann man wohl annehmen, dass das Papier beim Copiren in dem einen Theil schneller ein Bild ergeben wird als in dem andern und der Versuch bestätigt hier die Theorie. Wenn man nämlich ein so theilweise belichtetes Papier unter einem Negativ noch einige Secunden in gutem Licht exponirt, so erscheint in der That in dem vorbelichteten Theil das Bild eber als in dem unbelichteten. Aber — und hier kommt der praktische Punkt — die Differenz ist so gering und der zweite Theil des Bildes folgt dem ersten so schnell nach, dass noch bevor der Druck als ganz auscopirt gelten kann, der Unterschied zwischen beiden Theilen vollständig verloren gegangen ist.

Hat nun die Hilfsbelichtung in der Camera irgend welchen praktischen Werth? Stuart Wortley verneint die Frage auf das energischste,*) besonders bei Gelatineplatten.

Wie wenig eine Hilfsbelichtung nöthig ist, zeigen Prof. Hough's Untersuchungen. Platten, die nur zwei Secunden am rothen Fenster der Dunkelkammer vorbelichtet waren, sollten in der scheinbaren Empfindlichkeit ungefähr 5 mal grösser geworden sein, d. h. die Empfindlichkeit zeigte beim Sensitometer das 5 fache, es sind nun

*) British Journal 1893 Oct. 13.

aber, wie schon Debenham und Burton vor Jahren zeigten, solche Ablesungen gänzlich unverlässlich.*)

Zum Beweise für den Werth der Vorbelichtung zwecks Abkürzung der Exposition wurde eine Platte in einer Cassette mit theilweise geöffnetem Schieber auf den Bruchtheil einer Secunde dem Lichte eines gewöhnlichen schwedischen Streichholz ausgesetzt in einer Entfernung von 8 Fuss. Die folgende Exposition in der Camera wurde zweckentsprechend gekürzt und die Entwicklung langsam aber sicher vorgenommen mit der Absicht, aus beiden Theilen der Platte so viel als möglich herauszubekommen. Ein Vortheil der Vorbelichtung liess sich nicht erkennen, sondern es zeigte sich sogar das Gegentheil. In keiner Periode der Entwicklung war der vorbelichtete Theil zu dem nicht vorbelichteten Theil der Platte voraus, im Gegentheil, das Bild schleierte früh, und noch ehe der vorbelichtete Theil ganz gekommen war, war der andere Theil der Platte hoffnungslos verschleiert.

Der Versuch wurde mehrere Male mit kleinen Aenderungen in der Exposition wiederholt, hatte aber praktisch stets denselben Erfolg, ausgenommen, wenn zweifach überzogene Platten gebraucht wurden; dann machte sich nämlich Anfangs ein Vortheil geltend, insofern die vorbelichtete Hälfte das Bild einige Secunden vorher zeigte als die andere. Aber schon nach kurzer Zeit verschwand jeder Unterschied zwischen beiden Hälften, nur war zu bemerken, dass der Schleier, der Vorbelichtungen sonst begleitete, bei doppelt überzogenen Platten ganz fortblieb.

Kritik der Resultate. Wenn die Vor- oder Nachbelichtung immer und immer wieder versucht und dennoch zu keinen dauernd nützlichen Resultaten geführt hat, so mag der Grund darin liegen, dass bei der Abmessung des Hülfslichtquantums viel zu empirisch verfahren wurde.

Nach Michalke beträgt die schwächste Lichtmenge, welche eben noch zu schleiern vermag, 0,045 Secundenmeterkerze bei Schleusner, Wirkung einer Amylkerze in 14 m Entfernung durch 9 Secunden oder 7 m durch $2\frac{1}{4}$ Secunden bei Eisenentwickler ohne Bromkalium.

Man würde demnach die Platte bei 7 m Entfernung einer Amylkerze höchstens 2 Secunden aussetzen dürfen, ohne Schleier zu erhalten. Das wäre also die Grenze der Hülfsbelichtung.

Diese Zahl gilt aber nur für die gegebene Plattensorte. Jede Platte hat aber bei der Fabrikation eine Vorbelichtung erfahren, die sehr verschieden ist (s. Miethé p. 66). Je stärker diese Vorbelichtung war, desto geringer muss der Betrag der Nachbelichtung genommen werden. Das Umwieviel lässt sich nur durch Versuche feststellen. Natürlich ist auch die Natur und Temperatur des Entwicklers von Einfluss, ferner das Plattenalter, denn nach Wolff

*) Siehe oben p. 46.

ändern die Platten mit dem Alter ihre Empfindlichkeit (Eder, Jahrbuch 1892).

Alle diese Umstände sind bei den Hilfsbelichtungsversuchen nicht in Betracht gezogen worden, daher die Misserfolge. Wenn man bei Collodiumplatten mit Hilfsbelichtung besser reüssirte, so lag der Grund einerseits an der geringeren Empfindlichkeit, welche die Gefahr der Verschleierung verringerte, andererseits an der grösseren Gleichmässigkeit der Empfindlichkeit der in demselben Betriebe gefertigten Platten.

XIII. Künstliche Lichtquellen für Photographie.

In dem vierten Bande dieses Buches ist p. 53 eingehend von den neueren künstlichen Lichtquellen für Photographie die Rede gewesen. Dieselben sind von höchster Bedeutung für dunkle Tagesstunden und Jahreszeiten. Schon frühzeitig benutzte man das indianische Weissfeuer, dasselbe wurde aber in neuerer Zeit gänzlich verlassen. Electricisches Licht trat an seine Stelle als man es verstand, starke electricische Ströme für einen billigen Preis zu liefern. Das Magnesiumdrathlicht, welches von Bunsen empfohlen wurde, machte demselben Anfangs wenig Concurrrenz, so sehr sich dasselbe auch durch seine leichte Transportabilität empfahl. Erst durch Einführung des Magnesiumblitzpulvers durch Gädicke und Miethel, dessen Glanz ein weitaus grösserer ist als der Glanz des electricischen Lichts, ja selbst des Sonnenlichts, erwuchs dem electricischen Lichte ein gefährlicher Concurrent. Es machte complicirte Vorrichtungen zur Beleuchtung (s. Bd. IV, p. 56 u. s. f.) vollständig überflüssig, bewährte sich in den Händen von Fachleuten und Amateuren, reducirte die Unkosten sehr erheblich und gestattet Momentaufnahmen bei künstlichem Licht, was vordem nicht möglich gewesen war. Band IV giebt eingehend Auskunft darüber, ebenso über die technische und künstlerische Verwendung. Hier haben wir nur den Gegenstand vom physikalischen Standpunkt aus zu betrachten und namentlich über die Helligkeit der künstlichen Lichtquelle Auskunft zu geben und neuere Forschungen nachzutragen.

Helligkeit des Magnesiumlichts. Ueber diese ist schon wiederholt die Rede gewesen und betont worden, dass dieselbe sehr wesentlich von der Verbrennungsart abhängt (s. p. 61—64). Aus der Tabelle p. 64 ist zu ersehen, dass es als Verpuffungslicht seine höchste Kraft entwickelt.

Baltin hat diese durch Wirkung auf photographisches Papier mit Sonnenlicht verglichen.

Nach Baltin bewirken 10 g Magnesiumverpuffungspulver (Gädicke und Mieth) in 25 cm Entfernung dieselbe Schwärzung an photographischem Papier wie die Junisonne Mittags in 1,5 Secunde.

Der Schwärzung durch 15 g desselben Verpuffungslichtes entsprachen 2,4 Secunde Sonnenwirkung unter gleichen Verhältnissen.

Das Verhältniss der Magnesiumpulvermenge ist so ziemlich der Expositionszeit bei Sonnenlicht proportional. Da aber Magnesiumpulver genannter Art schon in ungefähr $\frac{1}{40}$ Sekunde abbrennt, so könnte man, von der Zeit ausgehend, das Magnesiumlicht in gedachter Entfernung ($\frac{1}{4}$ m), als 60mal stärker erachten als das Sonnenlicht.*) Dies gilt aber nur für vorgenannte Versuchsbedingungen.

Abney sagt, dass 0,063 g Magnesium beim Verbrennen photographisch dieselbe Wirkung hat, wie 23 Standard-Kerzen, welche eine Minute lang brannten. Um eine Copie (auf Silberpapier? Verf.) zu erhalten, waren 0,31 g Magnesium erforderlich, welches in ein Fuss Entfernung vom Negativ abgebrannt wurde. Derselbe theilt weiter mit, dass praktisch nur das Sonnenlicht und das electriche Bogenlicht für die Zwecke des positiven Druckes in Betracht kommen. (Phot. Journal, 30. April 1892.)

Aluminiumlicht. In neuerer Zeit ist das Aluminiumverpuffungslicht von Prof. Glasenapp in Riga zur Photographie empfohlen worden.**) Glasenapp sagt: „Bekanntlich verbrennt metallisches Aluminium in Form von Draht oder dünnem Band an der Luft mit sehr intensiver Lichterscheinung. Die bläulich- bis violettweisse Färbung des Aluminiumlichtes liess vermuthen, dass dasselbe genügend reich an actinischen, Silberhaloidsalze zersetzenden, Strahlen sein würde, um es mit Erfolg für photographische Aufnahmen dienstbar zu machen. Gleichwohl scheinen dahin zielende Versuche nur sehr vereinzelt zur Ausführung gelangt zu sein; wenigstens ist die photographische Literatur so arm an Mittheilungen über das Aluminiumlicht, dass letzteres z. B. in dem Eder'schen „Ausführlichen Handbuch der Photographie“, 2. Aufl. Heft 3 (1891), welches speciell die „Photographie bei künstlichem Licht“ behandelt, in 5 Zeilen (S. 534) abgethan worden ist, während dem Magnesiumlicht 38 Seiten gewidmet sind. In jener kurzen Notiz ist gesagt, dass Blattaluminium, in Sauerstoff verbrannt, vielleicht das intensivste photographische Licht gebe. Eine derartige Verwendung des Aluminiums dürfte jedoch für die photographische Praxis zu umständlich und kostspielig sein.

*) Photogr. Mittheil. XXIV. 109.

**) Photogr. Mittheil. XXVIII. p. 112, 126.

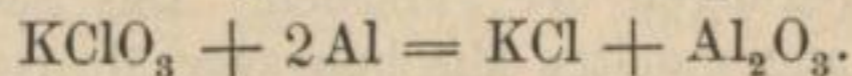
Der gegenwärtig sehr billige Preis des Aluminiums (5 fr. per kg in Blöcken) veranlasste Verf., der Frage der Verwendung dieses Metalles in der Photographie näher zu treten und zwar zunächst speciell mit Rücksicht auf seine Anwendung zur Erzeugung sog. Blitzlichtes, für welches gegenwärtig fast ausschliesslich Magnesium dient.

Zu diesem Zweck musste einerseits die Dauer der Verbrennung der Blitzlichtmischung und andererseits die Intensität der Lichtwirkung auf die photographische Platte experimentell festgestellt werden. Bekanntlich darf bei Blitzlicht-Aufnahmen die Dauer der Verbrennung nicht über ein gewisses Minimum hinausgehen, weil in Folge der Reactionsbewegung lebender Objecte anderenfalls Unschärfe des Bildes entsteht. Dieses Minimum wird zu $\frac{1}{5}$ Secunde angenommen und dürfte nach den Beobachtungen des Verf. wohl auch ziemlich zutreffen.

Zur Herstellung der Aluminium-Blitzlichtmischung wurde Aluminium-Bronzepulver verwandt, d. i. staubfrei gemahlenes Aluminiummetall, das für die Zwecke weisser Bronzierung erzeugt wird und in den Droguenhandlungen käuflich ist. Mittelst dieses Pulvers wurden die folgenden Mischungen hergestellt:

1. Kaliumchlorat . . . 12,30 Gew.-Theile
- Aluminium 5,46 " "

Diese Mischung enthält die beiden Bestandtheile in genau äquivalenten Mengen, wobei folgende Verbrennung vorausgesetzt ist:



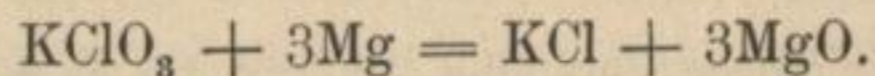
2. Kaliumchlorat . . . 16,00 Gew.-Theile
- Aluminium 5,46 " "
- Schwefelantimon . . 3,40 " "

Dieses Mischungsverhältniss entspricht 2 Atomen Aluminium mit $\frac{1}{10}$ Mol. Schwefelantimon und der zur völligen Verbrennung (des Sb zu Sb_2O_3) erforderlichen Menge Chloratsauerstoffes.

Vergleiches halber wurden noch die beiden folgenden Magnesium-Blitzlichtmischungen hergestellt:

3. Kaliumchlorat . . . 6,3 Gew.-Theile
- Magnesiumpulver . . 3,7 " "

Diese Mischung entspricht genau dem folgenden Aequivalentverhältniss:



4. Kaliumchlorat . . . 6 Gew.-Theile
- Magnesiumpulver . . 3 " "
- Schwefelantimon . . 1 " "

(Gädicke-Miethe'sches Magnesium-Blitzpulver).

Die Ermittlung der Verbrennungsdauer dieser Mischungen geschah mit Hilfe eines auf einem Zifferblatt rotirenden Zeigers, welcher die Ablösung von $\frac{1}{200}$ Sec. gestattete und dessen Bild während der Verbrennung auf einer Trockenplatte in der Camera aufgefangen wurde. Zur Verbrennung wurde je 1 g der Mischung genommen, von dem Pulver No. 4 ausserdem noch eine Portion von 2 g, um den Einfluss eines grösseren Quantums auf den Verlauf des Verbrennungsprocesses zu verfolgen.

Als Verbrennungsdauer ergab sich für

| | | |
|-----------------|------------------------------|---------|
| Mischung No. 1: | $\frac{1}{5}$ | Sekunde |
| ” ” 2: | $\frac{1}{17}$ | ” |
| ” ” 3: | $\frac{1}{5} - \frac{1}{13}$ | ” |
| ” ” 4: | $\frac{1}{20}$ | ” |
| ” ” 4: 2 g | $\frac{1}{14}$ | ” |

Die Mischungen wurden dabei zu Häufchen von 2 cm Länge und 1 cm Breite geformt; die von 2 g Gewicht (4) erhielt die doppelte Länge.

Die Mischungen No. 1 und 3 verbrennen für Blitzlicht-Aufnahmen nicht schnell genug, namentlich wenn man die Quantität über 1 g hinaus steigert; bei einem mit je 7 g beider Mischungen ausgeführten Versuch einer Portraitaufnahme zeigten die Platten starke Reactionsbewegungen der Personen. Das Schwefelantimon beschleunigt in dem angewandten Mischungsverhältniss die Verbrennung des Aluminiums fast in demselben Maasse wie die des Magnesiums; jedenfalls reicht die Geschwindigkeit des Abbrennens der Mischungen No. 2 und 4 auch dann noch für vollkommen scharfe Blitzlicht-Aufnahmen aus, wenn man das Quantum des Pulvers auf 10 g steigert, wie durch weitere Versuche festgestellt wurde.

Für die vergleichende Messung der Actinität der obigen Lichtquellen wurde je ein Quantum von 0,1 g der Mischungen verbrannt und das Licht auf eine 10 m entfernte, unter einem Warnerke'schen Sensitometer befindliche Trockenplatte fallen gelassen, die Platten unter denselben Bedingungen (Rodinal 1 : 25 3 Min.) entwickelt und nach dem Fixiren und Auswaschen derselben die letzte noch ablesbare Zahl notirt.

Die Ergebnisse dieser Versuche sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

| No. des Versuches. | No. der Mischung. | Quantität in g | letzte sichtbare Zahl des Sensitometers. |
|--------------------|-------------------|----------------|--|
| 1. | 1 | 0,1 | 18 |
| 2. | 2 | 0,1 | 18—19 |
| 3. | 3 | 0,1 | 19 |
| 4. | 4 | 0,1 | 22 |
| 5. | 1 | 0,12 | 20 |
| 6. | 2 | 0,20 | 22 |

Vergleicht man einfach die Zahlen der letzten Columne (Sensitometerzahlen), so könnte man aus ihnen schliessen, dass die Actinität der Aluminiummischungen hinter der der Magnesiummischungen, namentlich gegenüber No. 4, wenn auch nur unerheblich, zurückbleibt. Indes führt eine genauere Betrachtung der unter dem Sensitometer belichteten Platten zu einem anderen Ergebniss. Vergleicht man die den Mischungen No. 2 und 4 (aus Versuch 2 und 4) entsprechenden Platten, so zeigt die letztere allerdings eine längere Scala — bis zur Zahl 22. Dabei lassen aber die ersten Felder der Platte 2 (Versuch 2) eine stärkere Schwärzung erkennen, erst bei dem Felde 10 ist die Schwärzung beider Platten gleich, während sie von da ab bei Platte 2 geringer wird, um bei 18—19 zu erlöschen. Die dem Aluminiumlicht entsprechende Platte zeigt eine gleichsam härtere und kürzere Scala. Um die Zahl 22 des Sensitometers zu erhalten, sind 0,2 g des Aluminium-Blitzpulvers No. 2 erforderlich, also das doppelte Quantum des Gädicke-Miethe'schen Pulvers No. 4 (vergl. Versuch No. 6). Dann zeigt aber bereits das Feld No. 5 bei dem Versuch 6 die gleiche Dichtigkeit, wie das Feld No. 1 bei dem Versuch 4.

Bei den Versuchen 5 und 3 enthalten die von Schwefelantimon freien Mischungen gleiche Gewichtsmengen Metall (je 0,37 g). Die Scala des Sensitometers ist hier bei dem Aluminium um eine Zahl länger, und die niederen Grade lassen gleichfalls eine stärkere Reduction des Silbersalzes erkennen, wenngleich der Unterschied nur gering ist.

Die etwas kürzere Scala der Schwefelantimon enthaltenden Aluminium-Blitzlichtmischung bei gleichzeitig intensiverer Schwärzung der niedrig bezifferten Felder des Sensitometers ist zum Theil auf die Anwendung des Warnerke'schen Sensitometers für die Actinitätsmessungen zurückzuführen. Das Pigment der vom Verf. benutzten Sensitometerplatte lässt in der Durchsicht einen röthlich- bis gelblich-grauen Farbenton erkennen, welcher in den dunkleren Feldern des

Sensitometers eine vermehrte Absorption der stärker brechbaren Strahlen des Spectrums zur Folge haben muss. Andererseits enthält das Magnesiumlicht sehr wahrscheinlich mehr von den weniger brechbaren (gelben und rothen) Strahlen als das Aluminiumlicht, und da diese Strahlen von der Sensitometerplatte nicht in dem Maasse, wie die violetten, absorbirt werden, so wird man die verlängerte Scala des Magnesiumlichtes wohl auf Rechnung des gelben und rothen Lichtes setzen können, die immer noch eine wahrnehmbare Wirkung auf das Silbersalz ausüben. Zur Entscheidung dieser Frage beabsichtigt Verf. noch weitere Untersuchungen auszuführen, über deren Ergebnisse noch berichtet werden wird.

Jedenfalls kann jetzt schon ausgesprochen werden, dass das Aluminium in Pulverform sich ganz vorzüglich zu Blitzlicht-Aufnahmen eignet, an actinischer Wirkung dem Magnesium mindestens gleichkommt und dieses in der photographischen Praxis wird ersetzen können. Für Blitzlicht-Aufnahmen kann Verf. die sehr rapid, aber ohne eigentliche Explosion abbrennende Mischung No. 2 bestens empfehlen. Bei Gelegenheit der am 28. April 1892 a. St. stattgefundenen 1000. Sitzung des Technischen Vereins zu Riga wurden mittelst der Mischungen No. 2 und 4 zwei Gruppenaufnahmen der anwesenden zahlreichen Mitglieder ausgeführt, welche die Ebenbürtigkeit des Aluminiums dem Magnesium gegenüber ausser Zweifel stellten. Von beiden Mischungen wurden dabei je 8 g verwandt. Die Aufnahme erfolgte mittelst auf $\frac{1}{10}$ abgeblendeten Steinheil'schen Gruppenantiplanetes No. 5 (Brennweite 27,5 cm) in einer Entfernung von 10 bis 15 m von der Gruppe; die Lichtquelle (es wurde nur eine gewählt) war 5—10 m von der letzteren entfernt. Von der mit dem Aluminiumlicht erhaltenen Platte wurde auf Eastman-Papier eine Copie hergestellt, welche der Versammlung nach Verlauf einer $\frac{1}{2}$ Stunde nach der Aufnahme vorgelegt werden konnte und allgemein Anerkennung fand. Sämmtliche Personen waren vollkommen scharf wiedergegeben, auch die, welche sich im Moment der Aufnahme augenscheinlich bewegt hatten.

Schliesslich mag noch erwähnt sein, dass das Aluminium-Bronzepulver auch als sog. Pustlicht verwendbar ist, für diesen Zweck aber voraussichtlich mit Vortheil durch ein weniger fein gepulvertes Metall wird ersetzt werden können, weil das Bronzepulver wegen seiner Neigung, zusammenzuballen, nicht immer gleichmässig abbrennt.“

Villon sagt über denselben Gegenstand:*) „Das Magnesium ist ziemlich theuer, roh kostet das Kilogramm 25 fr. In Bandform

*) Photogr. Mittheilungen. 29. Jahrg. p. 209.

kostet es 50—65 fr. Man hat sich bemüht, dasselbe durch das Aluminium zu ersetzen; das Metall, welches jetzt Mode ist und dreimal billiger als Magnesium ist.

Das Aluminium brennt in der Spiritusflamme ebenso wie das Magnesium, nur viel langsamer.

In der Alkohol-, Aether- oder Leuchtgassauerstoffflamme brennt das Aluminium mit grosser Intensität und ohne Rauch zu erzeugen, was sehr wichtig ist. Wegen dieser Eigenschaft ist es dem Magnesium bei weitem überlegen. Das Aluminiumlicht ist nach eigenen Untersuchungen fast ebenso wirksam als Magnesiumlicht.

In der Solomonlampe, welche aus einem Uhrwerk besteht, das je nach der Geschwindigkeit des Abbrennens ein Magnesiumband abrollt, brennt das Aluminiumband schlecht. Man muss das Band oder den Faden in einem Sauerstoffstrom verbrennen.

Mit Aluminium kann man sehr leicht die Helligkeit des Magnesiumblitzes erreichen. Die folgenden Blitzlicht-Mischungen*) haben die besten Resultate ergeben:

| | |
|---------------------------------|-----------|
| I. | |
| Kaliumchlorat | 20 Theile |
| Aluminiumpulver | 8 „ |
| Zucker | 2 „ |
| II. | |
| Kaliumchlorat | 24 Theile |
| Kaliumnitrat | 5 „ |
| Schwefelantimon | 4 „ |
| Aluminiumpulver | 10 „ |
| III. | |
| Kaliumchlorat | 25 Theile |
| Gelbes Blutlaugensalz | 3 „ |
| Zucker | 2 „ |
| Aluminium | 10 „ |

Die Entzündung dieser Pulver lässt sich auf vielfache Weise erreichen. Die Mischung kann einfach auf einem Blechschälchen mittelst einer Lunte entzündet werden. Man kann das Pulver auch in Salpeterpapier (bengalisches Papier) einwickeln und das Packet mittelst eines Fadens an der Decke aufhängen. Die Zündung kann man ebenfalls mit einer Lunte vornehmen, welche bis in die Mitte der Mischung reicht.

*) Man hüte sich, dieselben durch die Flamme zu blasen.

Leider ist der auf diese Weise erzeugte Aluminiumblitz ebenso gefährlich als der Magnesiumblitz.

Bei weitem vorzuziehen sind Lampen, in welche man das Aluminiumpulver einbläst. Das Aluminium brennt um so besser, je feiner es zertheilt ist und je besser es in die Mitte der Flamme geblasen wird. Eine der besten von den für Magnesiumblitz vorgeschlagenen Lampen ist die Nadarlampe. Für Aluminium ist sie aber nicht genügend und hat den Erwartungen nicht entsprochen; die Alkoholflamme ist für das Aluminium nicht oxydirend genug. Wir haben eine Lampe construirt, in dessen Flamme ein Sauerstoffstrom eingeleitet werden kann, und in welche man mittelst eines Gummiballes eine gewisse Menge Aluminiumpulver einbläst. Die Versuche sind bereits abgeschlossen und der erzeugte Blitz ist sehr lebhaft und ohne Rauch.

Es ist vortheilhaft, zu dem Aluminiumpulver Lycopodium und eine kleine Menge Ammoniumnitrat zu mischen. Die folgende Mischung giebt ein äusserst wirksames Licht:

| | | |
|---------------------------|-----|--------|
| Aluminiumpulver | 100 | Theile |
| Lycopodium | 25 | „ |
| Ammoniumnitrat | 5 | „ |

Will man gefärbte Flammen erzeugen, so kann man zu dem Aluminiumblitzpulver Salze von Strontium, Baryum, Natrium, Kupfer etc. hinzumischen, je nach der Färbung, welche man erhalten will.

Rothe Flamme.

I.

| | | |
|---------------------------------|-----|--------|
| Aluminiumpulver | 100 | Theile |
| chlorsaures Strontium | 10 | „ |
| Lycopodium | 25 | „ |
| Ammoniumnitrat | 5 | „ |

II.

| | | |
|-------------------------------|-----|--------|
| Aluminiumpulver | 100 | Theile |
| Strontiumoxalat (?) | 12 | „ |
| Lycopodium | 25 | „ |
| Ammoniumnitrat | 5 | „ |

Grüne Flamme.

| | | |
|---------------------------|-----|--------|
| Aluminiumpulver | 100 | Theile |
| Lycopodium | 20 | „ |
| Ammoniumnitrat | 5 | „ |
| Baryumoxalat | 10 | „ |
| Baryumchlorat | 2 | „ |

Gelbe Flamme.

| | | |
|---------------------------|-----|--------|
| Aluminiumpulver | 100 | Theile |
| Lycopodium | 20 | „ |
| Ammoniumnitrat | 5 | „ |
| Natriumoxalat | 12 | „ |

„Anthonys Bulletin“ giebt folgende Mischung an:

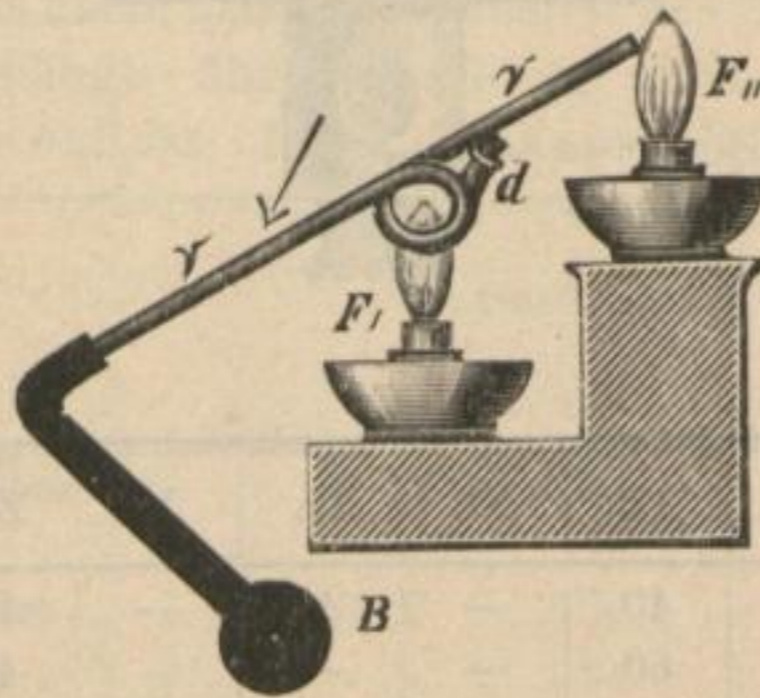
| | |
|---------------------------------|------|
| Schwefelantimon | 3 g |
| Aluminiumbronzepulver | 5 g |
| Chlorsaures Kali | 15 g |

Auch Blattaluminium in Sauerstoffgas verbrannt soll gute Dienste leisten. „Anthonys Bulletin“ empfiehlt, die Blätter zu knüllen, in eine weithalsige Flasche zu werfen, Sauerstoff einzuleiten und ein brennendes Streichholz einzuwerfen.

Herr Kühn empfiehlt im Verein zur Förderung der Photographie dieselbe Art von Aluminiumverbrennung. Er nimmt Blattaluminium, wirft dieses zerknittert in eine weithalsige Flasche mit Sauerstoff und wirft ein brennendes Zündholz hinein, worauf die sehr intensive Verbrennung erfolgt. Man kann auch Sauerstoff aus einem Cylinder mit comprimirtem Gas in eine gewöhnliche Flasche leiten.*)

Nach Bolas liegt die Verbrennungstemperatur des Aluminiumpulvers bedeutend höher als die des Magnesiumpulvers. Er empfiehlt es in einem Rohr zu schwacher Rothgluth zu erhitzen und dann durch die Flamme zu blasen. (Photogr. News November 93.) Die

Fig. 37.



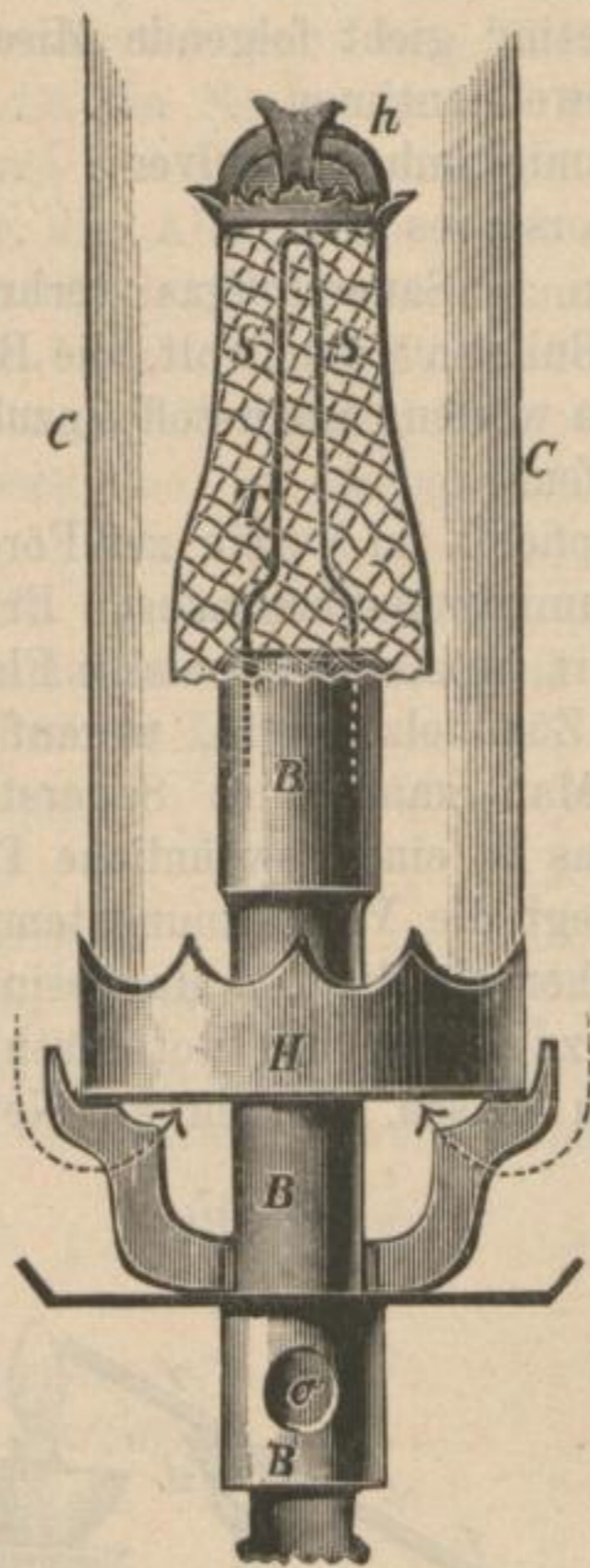
Vorrichtung dürfte am besten so zu fertigen sein. Man bringt das Aluminiumpulver durch die Düse *d* (Fig. 37) in das gebogene Rohr *r*, heizt das gebogene Stück durch die Flamme *F'* (am besten Bunsenbrenner) an und bläst es mittelst Birne *B* durch Flamme *F''*.

*) Phot. Mittheil. XXIX. p. 314.

Vogel, Handbuch der Photographie. 4. Aufl. II.

Das Gasglühlicht von Auer von Welsbach. Das Auerlicht ist die neueste Phase in der Entwicklung der Gasbeleuchtung, durch welche dieselbe dem electrischen Lichte, welches das Gas zu verdrängen drohte, eine namhafte Concurrenz bereitet, indem es nicht allein den herkömmlichen Gasbrenner an Lichtstärke sehr merklich übertrifft, sondern zugleich Zeit einen Reichtum an blauen, d. h. photographisch wirksamen Strahlen zeigt, welcher es dem electrischen Bogenlichte qualitativ ähnlich macht. Das Licht besteht aus einem an und für sich farblosen oder schwachleuchtenden Bunsenbrenner B B B

Fig. 38.



(Fig. 38) mit Luftöffnungen O. In die niemals russende Flamme desselben taucht ein sogenannter Strumpf S, bestehend aus einem Gewebe, welches mit seltenen Erden, hauptsächlich Lanthansalzen, imprägnirt und dann ausgeglüht ist, so dass die unorganische Materie allein übrig bleibt.

Stapfer*) giebt die Zusammensetzung verschiedener „Glühstrümpfe“ an. Er sagt: Das Licht der Lampen zeigt verschiedene Farben je nach der Mischung. Die Tabelle enthält die Angaben nach MacKean:

| Ce | Di | E | La | Nb | Th | Y | Zr | Farbe |
|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| — | — | — | 40 | — | 20 | — | 40 | 1 |
| — | — | — | 60 | — | — | — | 40 | 2 |
| — | — | — | — | — | 80 | 20 | — | 3 |
| 2 | — | — | 40 | — | 28 | — | 30 | 1 |
| 3 | — | — | 50 | — | — | — | 47 | 2 |
| — | 3 | — | 40 | — | 30 | — | 27 | 1 |
| — | — | — | 50 | 10 | 40 | — | — | 2 |
| — | — | 30 | 20 | — | 50 | — | — | — |

*) Phot. Mittheil. XXX. p. 153.

Der Strumpf hängt über einen Haken *h* (Fig. 38), der von einem Ständer *T* getragen wird, welcher in dem Bunsenbrennerrohr *B* festsetzt, so dass er einen ringförmigen Raum zum Entweichen des Gases frei lässt. Das Ganze ist von einem Cylinder *CC* umgeben, dessen Träger *H* unten offen ist, so dass die Luft zuströmen kann.

Aus einem Versuche des Verfassers ging hervor, dass dieser Brenner nur halb so viel Hitze entwickelt als ein gleich grosser Argandbrenner.

Wichtiger war noch der geringe Gasverbrauch und die grosse photographische Wirksamkeit.

Nach den Messungen der physical-technischen Reichsanstalt gab Auerlicht bei 112 L Gasverbrauch per Stunde 66 Kerzen, gewöhnl. Gasrundbrenner 240 L Gasverbrauch per Stunde 18 Kerzen. Demnach würde bei gleichem Gasverbrauch Auer 8 mal stärker leuchten.

In den Händen des Verfassers stieg das Vogelphotometer mit Chrompapier in 100 Minuten auf 16° bei 30 cm Entfernung. Das wäre hinreichend einen Pigmentdruck zu machen, der oft im Winter mehr als 1 Stunde Exposition erfordert.

Zwei Negative auf Excelsiorpapier copirt, geben in 35 cm Entfernung in 40 Minuten ein ausexponirtes Bild. (Phot. Mitth. XXIX. p. 303, 383.)

Es soll damit nicht gesagt sein, dass man das Licht zum stundenlangen Auscopiren von Bildern verwenden solle, denn hier ist die entwickelte Hitze entschieden von Nachtheil,*) dagegen ist die Herstellung von Entwicklungsbildern, namentlich auf Celloidinpapier oder Excelsiorpapier, welche nur eine kurze Belichtungszeit erfordern, entschieden zu empfehlen.

Verfasser wies nach, dass die Intensität des Auerlichts sehr erheblich vom Gasdruck abhängt, ähnlich wie es auch bei dem gewöhnlichen Argandbrenner der Fall ist. Es geht das aus folgenden Versuchen hervor:

| | Gasdruck
kg | Stunden
Gas-
verbrauch
l | Helligkeit
Hefner |
|----------------------------------|----------------|-----------------------------------|----------------------|
| Argandlampe (24. Dec.) | **) ? | 240 | 18 |
| Auerlampe | ? | 112 | 66 |
| Argandlampe, 1. März | $3\frac{1}{2}$ | 205,7 | 14,4 |
| Auer | $3\frac{1}{2}$ | 67 | 32 |
| Pressgas | 147 | 227,8 | 128,3 |

*) Electricisches Bogenlicht entwickelt bei 100 Kerzen Stärke 57—58 Kilocalorien, Argandbrenner 4800, Auerbrenner 2400. Also giebt die Bogenlampe im äussersten Falle 15 mal weniger Wärme bei gleicher Helligkeit.

**) Das Manometer war nicht im Gange: der Druck aber so enorm, dass bei der stets angewendeten Argandgaslampe die Flamme zum Cylinder heraus-schlug und blakte, was bei den folgenden Versuchen nie der Fall war.

Jede der Messungen wurde mehrfach wiederholt und das Mittel genommen.

Sieht man sich die Zahlen genauer an, so folgt daraus, dass die Helligkeit der Auerlampem dem Gäsverbrauch annähernd proportional ist.

Wir haben die Verhältnisse:

$$\begin{array}{r} \text{Helligkeiten Auer} \\ 32 : 66 : 128,3 \text{ nahe} = 67 : 112 : 227,8. \end{array} \quad \begin{array}{r} \text{Gasverbrauch Auer} \\ 67 : 112 : 227,8. \end{array}$$

Dass bei den Druckschwankungen, wie sie namentlich am Tage in der Charlottenburger Gasanstalt zuweilen herrschen, wie sie ferner das Spiel der Pressgaslampe mit sich bringt, nur annähernde Zahlen erhalten werden können, versteht sich von selbst.

Das Pressgas ist nun durch seine hohe Lichtstärke von besonderem Interesse. Die Gasglühlichtgesellschaft erzeugt es, indem sie gewöhnliches Gas in einen kleinen Blasebalg, einer chinesischen Papierlaterne ähnlich, leitet, von diesem führt ein Rohr das Gas in einem Doppelbalgen (Birnen) aus Kautschuck, wie er bei Pustlicht gern angewendet wird. Kräftiger Druck auf die eine Birne, die blasebalgähnlich fungirt und die zweite füllt, erlaubt den Druck des Gases auf 2 Wassermeter zu bringen (142 mm Quecksilber) und ist das dadurch erzeugte Licht geradezu blendend, viermal stärker (wie obige Tabelle zeigt), als das gewöhnlicher Auerlampen. Der angewendete Glühkörper ist dabei der gewöhnliche; der Unterschied ist nur, dass ein Cylinder nicht benutzt wird.

Wir haben allerdings schon Flammen von 120 Kerzen (Hefner) Stärke z. B. Siemens, Butzkes und Wenhambrenner. Doch diese erzeugen alle ein gelbes Licht, während wir es hier mit einem weissen, an blauen Strahlen reichem Lichte zu thun haben, welches photographisch von stärkerer Wirksamkeit ist und zum Copiren sowie zur Vergrösserung mit Entwicklung sehr schätzbar ist. Uebrigens ist in Sachen Auerlicht noch nicht das letzte Wort gesprochen. Der einen Verbesserung wird sich bald die andere anreihen.

Freilich darf nicht verschwiegen werden, dass der Glühkörper SS (Fig. 38) sehr leicht verletzbar ist und durch unvorsichtiges Behandeln den Gebrauch der Lampe vertheuert (jeder Körper kostet $2\frac{1}{2}$ Mk.); dann ist zu bemerken, dass die Helligkeit der Glühkörper allmählig sinkt, ebenso sein Reichthum an blauen Strahlen. So stellt sich die Leuchtkraft des oben erwähnten Glühkörper noch mehrere Monate statt auf 66 nur auf 40 Kerzen.

Stapfer sagt (a. a. O.): Der Strumpf hält 800—1000 Stunden, einer hat bis 5000 Stunden gehalten. Im Allgemeinen sollen etwa 40 l Gas für 1 Carcel = $7\frac{1}{2}$ Kerze verbraucht werden, also für

16 Carcel 640 l. Mit dem Alter des Mantels nimmt die Leuchtkraft ab, sie wird nach 300—500 Stunden merklich. Die Ersparnis gegenüber Gas beträgt ca. 40—50 %.

Nach Kowarzik (phot. Mittheil. XXIX. p. 3) copirte bei Auerlicht von 15 cm Entfernung ein Normalnegativ in 25—30 Min., ein dünnes Negativ in 20 Min., ein dickes in 45 Min. auf Colloidinpapier (Germania) soweit an, dass es entwickelt werden konnte.

Platinpapier zeigte sich unter Normalnegativen in 3½ Stunden entwicklungsfähig.

Herr Spaulden giebt phot. Mittheil. XXX. p. 39 eine übersichtliche Tabelle über die Kosten des Auerlichts im Vergleich zu den anderen Lichtern. Er hat den Kosten des Gasverbrauchs einmal den der Tabelle zu Grunde liegenden Gaspreis von 25 Pf. und zweitens den Berliner Gaspreis von 16 Pf. pro cbm untergelegt. Die Ergebnisse stellen sich dann wie folgt:

| Art des Brenners | Gasverbrauch pro Stunde | Helligkeit
Kerzen | Gasverbrauch pro Stunde und Kerzenstärke = 1 Kerzenstunde | Kosten pro Kerzenstunde bei einem Gaspreise von: | | Kerzenstunden pro Pf. |
|---|-------------------------|----------------------|---|--|----------------------|-----------------------|
| | | | | 25 Pf. pro cbm
Pf | 16 Pf. pro cbm
Pf | |
| 1 Fledermaus | 150 | 13 | 11,5 | 0,287 | 0,184 | 5,5 |
| 2 Argand | 160 | 16 | 10 | 0,250 | 0,160 | 6,25 |
| 3 Siemens Regenerativ . | 2400 | 650 | 3,7 | 0,092 | 0,059 | 17 |
| 4 Auer alter Construction | 70 | 13 | 5,4 | 0,135 | 0,087 | 11,5 |
| 5 do. do. do. | 100 | 20 | 5 | 0,125 | 0,080 | 12,5 |
| 6 Auer neuer Construction | 95 | 50 | 1,9 | 0,047 | 0,030 | } 35 |
| 7 do. do. do. | 120 | 80 | 1,5 | 0,037 | 0,024 | |
| 8 Auer neuer Construction | 112 | 66 | 1,7 | 0,042 | 0,027 | |
| 9 do. do. do. | 67 | 32 | 2,1 | 0,052 | 0,034 | } 35 |
| 10 Auer Pressgas | 227,8 | 128,3 | 1,77 | 0,044 | 0,028 | |
| 11 30" Petroleum-Blitzbrenner | Petroleum
0,2 | 78 | Petroleum
ca. 0,003 | bei einem
Petroleum-
preise von
20 Pf. pro
1 | | 0,051 20 |

„Die Angaben über den Gasverbrauch pro Stunde sowie über die Helligkeit zu 1—7 sind einer Aufstellung des Bulletin de l'Association Belge de Photogr. entnommen und konnten somit nicht auf ihre Genauigkeit nachgeprüft werden. Der Vergleich mit den unter 8—10 aufgeführten Ermittlungen Professor Dr. Vogels (S. 384 Jahrg. 1892 phot. Mittheil.) zeigt aber, dass die Ziffern

unter 6 und 7 keine erheblichen Abweichungen ergeben. Unter 11 habe ich schliesslich (auf Grund eigener Beobachtung) auch die rationellste Petroleumbrenner-Construction — soweit Helligkeit und Billigkeit der Unterhaltung in Betracht kommen — zum Vergleich mit herangezogen. Die letzte Spalte vorstehender Tabelle giebt auf Grundlage des Gaspreises von 16 Pf. pro cbm an, wieviel Kerzenstunden man für einen Pfennig bei den verschiedenen Brenner-Constructionen erhält. Es geht hieraus recht übersichtlich die überraschende Thatsache hervor, dass das neue Auerlicht nur reichlich halb so viel kostet wie Petroleumbeleuchtung und nur knapp ein fünftel so viel wie bei Verwendung der viel benutzten Argand-Gasbrenner. Abgesehen also von seinen sonstigen speciell für photographische Zwecke sehr schätzbaren Eigenschaften ist das Auer-Glühlicht mithin gegenwärtig die weitaus billigste Beleuchtung.“

Hier ist freilich die Abnutzung nicht in Rechnung gezogen. Die leichte Zerbrechlichkeit der Auerglühkörper veranlasste, dass das Lebensalter der Glühkörper in zwei Fällen nur 24 Stunden war, in einem andern Falle mehrere Monate, aber im letzten Falle nahm die Leuchtkraft von 66 Kerzen auf 40 Kerzen ab.

Auerlicht für Portraitaufnahmen. Der Photograph Treble in Queens Parade hat ein Atelier mit Auerlampenbeleuchtung angelegt. Er benutzt 17 Auerlampen und nimmt davon 11 als Seitenlicht. Diese liegen in drei Etagen übereinander, jedoch so, dass die oberen Lampen nicht senkrecht über den unteren liegen, damit nicht der heisse Luftzug der unteren Lampen die oberen Lampen stört.

Diese Lampen sind also zur Seite des Modells angebracht, welches vor einem dreigetheilten, als Hintergrund dienenden Schirm sitzt, der hell angestrichen ist und dessen eine Seite als Reflectirschirm wirkt. Damit aber die Lichter mehr den Eindruck des diffusen Lichtes machen, ist vor denselben ein Schirm von geöltem Seidenpapier ausgespannt.

Die übrigen 6 Lampen dienen als Vorderlicht; sie sind in einer Reihe über der Camera hinter geöltem Seidenpapier angebracht.

Um nun die Lichtstärke, welche Mr. Treble zur Disposition hat, kennen zu lernen, wollen wir einmal annehmen, dass jede seiner Lampen mit 60 Kerzen brenne, dann würde das in Summa 1020 Kerzen ergeben. Nun wendet Van der Weyde, der mit electricischem Bogenlicht arbeitet, ein Licht von 10000 Kerzen an und braucht Expositionen, die nicht höher sind als die bei Tageslicht. Demnach hat anscheinend Mr. Treble $\frac{1}{10}$ der Lichtstärke von Van der Weyde. In der That wird nun die Helligkeit dadurch vermehrt, dass hinter jeder Lampe bei Treble ein Metallreflector angebracht

ist. Gute Metallreflectoren können nun die Helligkeit nach einer Richtung hin um das Zehnfache steigern, und käme dann in der That eine Helligkeit von 10 200 Kerzen heraus, die nur durch das geölte Seidenpapier um 20 % gedämpft wird, so dass etwa 8000 Kerzen übrig bleiben. Es ist demnach wohl glaublich, dass Mr. Treble ein Portrait in 5 Secunden aufnimmt. Er fügt hinzu, dass die Kosten der 17 Lampen per Stunde nicht höher als $2\frac{1}{2}$ Pences = 21 Pfennige seien.

Ueber electrisches Licht. Die Art der Anwendung des electrischen Lichtes zu Photographien haben wir bereits im 4. Bande dieses Buches (photographische Kunstlehre) besprochen.

Hier ist noch auf einen wichtigen Punkt aufmerksam zu machen, nämlich auf die Helligkeit des electrischen Lichts. Wir haben es oft beobachtet, dass man Copierrahmen u. dgl. dem electrischen Lichte aussetzt, ohne darauf zu achten, dass die Intensität desselben in verschiedenen Richtungen verschieden ist. Wir unterscheiden hier Gleichströme, wo der Strom ununterbrochen dieselbe Richtung behält und Wechselströme, wo er sehr schnell, oft 10 mal in der Secunde seine Richtung wechselt. Wechselströme werden jetzt selten zur Beleuchtung verwendet, noch seltener zur Photographie.

Verschiedene Lichtstärken electrischer Lampen in verschiedener Richtung. Nachfolgende Tafel von Fontaine liefert die Messungsergebnisse von 2 Lampen, Wechsel- und Gleichstrom, die beide mit 205 kgm Arbeitskraft getrieben wurde.

Wechselstrom.

| Richtung gegen den Horizont nach unten | Lichtstärke in Carcels | Richtung gegen den Horizont nach oben | |
|--|------------------------|---------------------------------------|-----|
| 0 | 225 | 0 | 225 |
| 15'' | 230 | 15'' | 207 |
| 30 | 225 | 30 | 195 |
| 45 | 207 | 45 | 180 |
| 60 | 180 | 60 | 160 |
| 75 | 127 | 75 | 140 |
| 90 | 0 | 90 | 0 |

Demnach strahlt die Wechselstromlampe nach oben und unten ziemlich gleich viel Licht aus.

Ganz anders ist es bei der Gleichstromlampe, + Pol oben, wie folgende Tabelle angiebt:

| Richtung
nach unten | Lichtstärke
in Carcels | Richtung
nach oben | Lichtstärke
in Carcels |
|------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 0 | 225 | 0 | 225 |
| 15" | 400 | 15" | 144 |
| 30 | 822 | 30 | 136 |
| 45 | 1175 | 45 | 119 |
| 60 | 1325 | 60 | 79 |
| 75 | 1051 | 75 | 21 |
| 90 | 0 | 90 | 12 |

Auf der Münchener electricen Ausstellung 1882 wurden die Lampen von Schuckert, Schwerd, Crompton und Schäffer untersucht und die folgenden, die sehr verschiedene Lichtvertheilung nach verschiedenen Richtungen des Raumes hin documentirenden Zahlenwerthe erhalten:

Directe Messungen:

| Lampe von | Lichtstärke in der Richtung gegen den Horizont
nach unten (in Normal-Kerzen)*) | | | | | | | |
|---------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0° | 15° | 20° | 30° | 40° | 45° | 50° | 60° |
| Schuckert | 248 | 619 | — | 1037 | 1238 | 1464 | 1124 | 788 |
| Schwerd | 443 | — | — | 2859 | — | 3251 | 3250 | 1836 |
| Crompton | 452 | 1531 | 1116 | 2523 | 2116 | 3071 | 2155 | 1986 |
| Schäffer | 745 | — | — | 875 | — | — | 1168 | 1227 |

Aus dieser Tabelle folgen, wenn man die in horizontaler Richtung ausgestrahlte Lichtintensität als Einheit wählt, die nachstehenden Verhältnisszahlen:

| Lampen von | Lichtstärke in der Richtung gegen den Horizont
(in Normal-Kerzen) | | | | | | | |
|---------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0° | 15° | 20° | 30° | 40° | 45° | 50° | 60° |
| Schuckert | 1 | 2,5 | — | 4,2 | 5 | 5,9 | 4,5 | 3,2 |
| Schwerd | 1 | — | — | 6,5 | — | 7,3 | 7,3 | 4,1 |
| Crompton | 1 | 3,4 | 2,5 | 5,6 | 4,7 | 6,8 | 4,8 | 4,4 |
| Schäffer | 1 | — | — | 1,2 | — | — | 1,6 | 1,6 |

und hieraus ergeben sich für die Factoren, mit welchen man die Lichtintensitäten in horizontaler Richtung multipliciren muss, um die

*) „London standard spermaceti candle“ Flammenhöhe 45 mm, Wallrath-consum pro Stunde 7,78 g (= 120 Grains).

mittleren, räumlichen Lichtstärken zu erhalten, für die verschiedenen Lampen die folgenden Reductionscoëfficienten:

| | | |
|---------|-----------------------------|------|
| | für die Lampe von Schuckert | 1,88 |
| „ „ „ „ | Schwerd | 2,51 |
| „ „ „ „ | Crompton | 2,18 |
| „ „ „ „ | Schäffer | 0,93 |

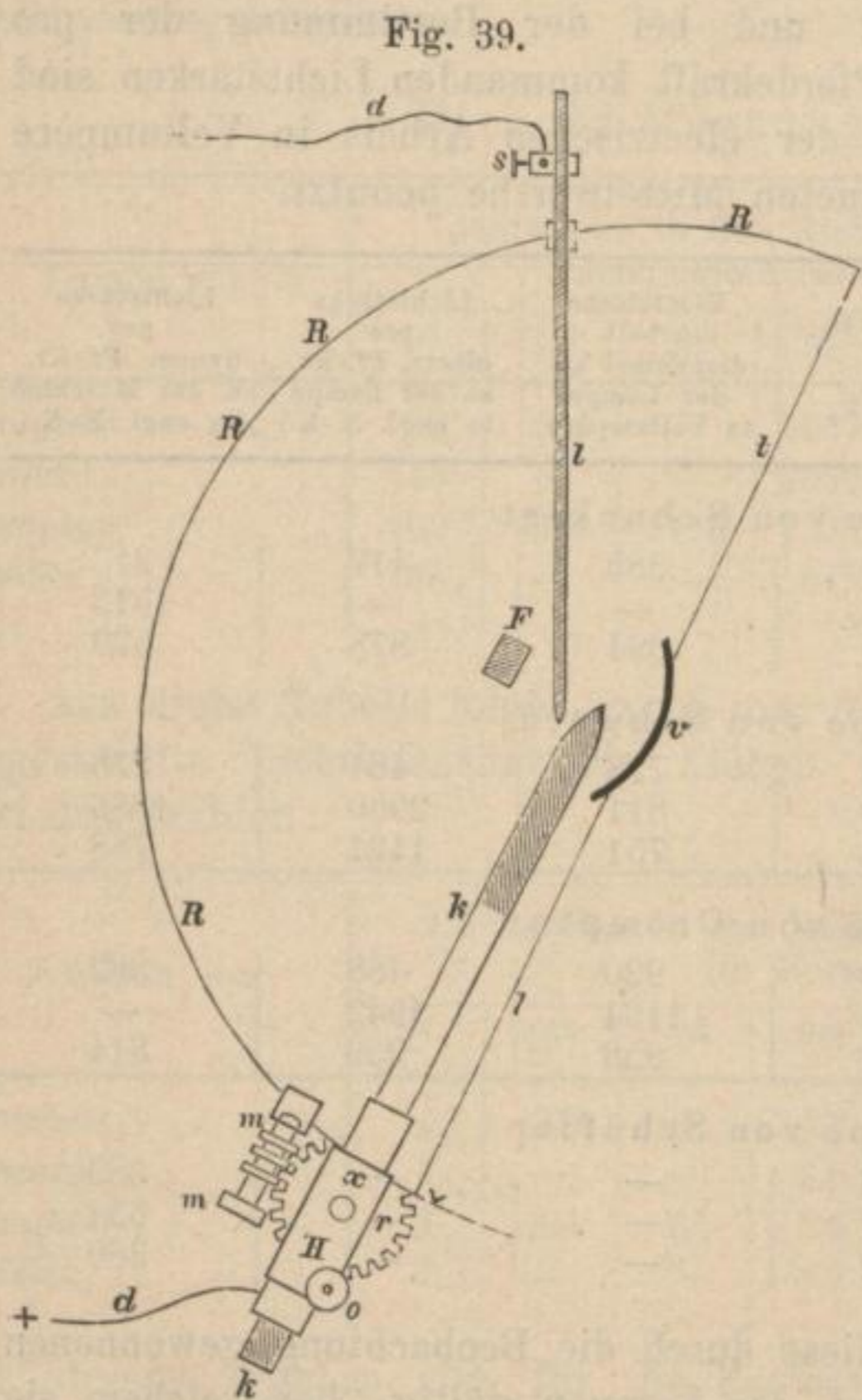
Die electrischen und dynamometrischen Versuche, welche gleichzeitig mit den in Vorstehendem angeführten photometrischen Messungen ausgeführt wurden, erlauben die einer bestimmten aufgewendeten dynamischen oder electrischen Arbeitsgrösse entsprechende Lichtstärke anzugeben und liefern die folgende Reihe von Zahlen. Die darin angeführten mittleren räumlichen Lichtstärken sind aus den für die horizontale Richtung erhaltenen mit Hülfe der oben angegebenen Reductionsfactoren berechnet, und bei der Bestimmung der pro electrische resp. dynamische Pferdekraft kommenden Lichtstärken sind die aus allen Beobachtungen der electrischen Arbeit in Voltampère sowie in Pferdekraften gerechneten Mittelwerthe benutzt.

| Lichtausstrahlung. | Lichtstärke
in
engl. N.-K. | Electrische
Arbeit
disponibel an
der Lampe
in Voltampère | Lichtstärke
pro
electr. Pf.-Kr.
an der Lampe
(in engl. N.-K.) | Lichtstärke
pro
dynam. Pf.-Kr.
an der Maschine
(in engl. N.-K.) |
|----------------------------|----------------------------------|--|---|---|
| Lampe von Schuckert | | | | |
| in horizontaler Richtung | 250 | 385 | 417 | 313 |
| Maximalwerth (45°) | 1464 | — | — | 1513 |
| mittlere räuml. Intensität | 470 | 394 | 878 | 579 |
| Lampe von Schwerd | | | | |
| in horizontaler Richtung | 456 | 728 | 461 | 278 |
| Maximalwerth (50°) | 3250 | 811 | 2950 | 1836 |
| mittlere räuml. Intensität | 1145 | 751 | 1121 | 788 |
| Lampe von Crompton | | | | |
| in horizontaler Richtung | 560 | 920 | 488 | 382 |
| Maximalwerth (45°) | 3071 | 1164 | 1942 | — |
| mittlere räuml. Intensität | 1221 | 958 | 939 | 814 |
| Lampe von Schäffer | | | | |
| in horizontaler Richtung | 744 | — | — | 389 |
| Maximalwerth (60°) | 1227 | — | — | 634 |
| mittlere räuml. Intensität | 692 | — | — | 360 |

Selbstverständlich sind diese durch die Beobachtung gewonnenen Werthe nur für den Zustand der Lampen gültig, bei welchem sie der Untersuchung unterworfen waren, und es könnten bei anderen Versuchs-Bedingungen eventuell erheblich andere Resultate erhalten werden. Da indess von den Fabrikanten, welchen die Installation und

Inbetriebsetzung der Lampen vollkommen bei den eben erwähnten Münchener Versuchen überlassen war, wohl die für den jeweiligen Apparat günstigsten Bedingungen hergestellt sein werden, so dürften die angeführten Zahlenresultate als nahe der Maximalleistung der Lampen angesehen werden.

Indess ist es immer noch, trotz aller aufgewendeten Sorgfalt und Vorsicht, wie sie ohne Zweifel bei den Versuchen der Münchener Prüfungs-Commission angewendet wurden, ungewiss, ob auch die Bedingung genauer Axialstellung der Kohlenspitzen erreicht war. Geringe Fehler in ihr werden immer grosse Fehler im Endresultat hervorbringen können, die sich vermuthlich nur durch Anwendung gleichzeitiger Messungen mit 2 Photometern, zwischen welche die zu untersuchende elektrische Lampe zu setzen sein würde, werden



herausschaffen lassen. Es bleibt eben immer eine gewisse Willkürlichkeit beim Aufstellen der zu untersuchenden Apparate bestehen, und es erklärt sich hieraus zur Genüge, dass die von den Fabrikanten angegebenen Lichtstärken ihrer Lampen in

der Regel erheblich grösser sind, als sie bei praktischem Gebrauch gefunden werden; wie denn auch Dr. Hugo Krüss*) sehr richtig bemerkt, dass man durch aufmerksame Ueberwachung und Behandlung der Lampe und durch Wahl der günstigsten Länge des Lichtbogens, sowie der Form der Kohlenspitzen eine bedeutend grössere Helligkeit erzielen kann, als sie je bei praktischer Benutzung der Lampe im

Mittel vorkommt, wo alle diese günstigen Umstände nicht immer

Mittel vorkommt, wo alle diese günstigen Umstände nicht immer

*) Münchener off. Ausstellgs.-Ber. Th. II p. 86.

zutreffen, durch welche der Fabrikant vielleicht eben im Stande ist, seine Lampen und Maschinen während einer kurzen Versuchsdauer in einen so ungewöhnlich günstigen Zustand des Functionirens zu versetzen.

Bei Versuchen des Verfassers mit einer Siemenslampe ergab sich bei fast horizontaler Stellung (1° über Horizont und $8\frac{3}{4}$ —9 Amp. Stromstärke und Aufwendung nahe einer Pferdekraft 394 Amylkerzen). Bei $25\frac{1}{2}^\circ$ unter dem Horizont $8\frac{1}{2}$ — $8\frac{3}{4}$ Amp. 1043,74 Kerzen.

Wenn demnach eine electricische Lampe von 9 Ampere auf tausend Kerzen Lichtstärke angegeben wird, so fragt sich's, in welcher Richtung ist diese Helligkeit bestimmt worden?

Van der Weyde's Reflector. (Fig. 39.) Nehmen wir die Vorrichtung von van der Weyde (Bd. IV dieses Buches p. 56), so ist klar, dass das stärkste Licht des Bogens auf den unteren Theil des Reflectors fallen wird, so dass dieser erheblich mehr Licht reflectiren wird als der obere.

Dieses ist nur von Vortheil, da es die Schatten an den oberen Theilen des Reflectors, die mehr als Oberlicht wirken, auflichtet.

Schuckert's Scheinwerfer. Neuerdings hat man die Schuckert'schen „Scheinwerfer“ (Nürnberg), welche erfolgreich von der Marine angewendet werden, auch photographisch angewendet. Bei diesen Scheinwerfern steht ein Bogenlicht mit horizontalen Kohlen im Brennpunkte eines Parabolischen Spiegels, so dass der positive Pol seine Spitze dem Spiegel zukehrt. Der Spiegel wirft alles Licht parallel auf ein System von Cylinderlinsen von ca. 10 cm Brennweite, welche eine Zerstreung bewirken, so dass die Strahlen divergirend austreten, die Gleichmässigkeit des so erzeugten Lichts ist eine überraschende.

Man hat Flächen von mehreren Metern Quadrat damit vollkommen harmonisch beleuchtet. Nach einer Notiz von E. Vogel lieferte solcher Scheinwerfer bei 60 Ampere Stromstärke eine Schwarzreproduction schon in 15 Secunden, während Tageslicht im November $2\frac{1}{2}$ —3 Min. erforderte.

Copiren bei electricischem Licht. Electricisches Licht ist jetzt allgemeiner zur Disposition als früher. Nicht selten sah Verfasser in Ermangelung von Tageslicht Negative bei electricischem Licht auf Colloidpapier auscopiren und zwar in 15 Min. in ca. 15 cm Entfernung von dem freien Licht.

Hier spielt aber die Richtung der Strahlen ganz bedeutend mit. Denn in schiefer Richtung unter 45° ist z. B. das Licht der

Schuckert-Lampe sechsmal stärker als in $\frac{250}{1464}$ horizontaler (s. o. Tabelle).

250

1464

horizontaler

Bei den Copirversuchen, denen wir beiwohnten, bemerkten wir, dass der Copirrahmen keineswegs senkrecht zur Richtung der stärksten Strahlen gestellt war. Bei grösseren Negativen bemerkt man in Folge der verschiedenen Lichtstärke in verschiedener Richtung eine sehr auffallende Differenz in der Stärke der Belichtung, die man durch Wechsel der Stellung des Rahmens während des Copirens zu vermeiden sucht, die Differenzen in der Helligkeit der Lampen in verschiedener Richtung werden noch verschlimmert durch die Verschiedenheit des Auffallswinkels der Strahlen (s. p. 2).

Wirkung von Glasglocken. Die soeben mitgetheilten Zahlengrössen beziehen sich auf frei brennende electriche Lampen, die in der Praxis nur in den seltensten Fällen, eigentlich nur bei Strassenlaternen, Verwendung finden können, einerseits wegen des Blendens, andererseits weil dann alle unteren Theile der Lampe sehr hässliche, scharfe Schlagschatten werfen. Man ist daher gezwungen, die Lampe in Laternen oder Glasglocken einzuschliessen, was ausnahmslos bei allen im Innern von Gebäuden zu verwendenden Lampen wegen der durch herabfallende Kohlentheilchen möglichen Feuersgefahr zu geschehen hat. Dadurch wird indess viel an Licht verloren. Nach v. Hefner-Alteneck's Angabe beträgt dieser Verlust

| | |
|-------------------|---------|
| bei Alabasterglas | 15% |
| „ Opalglas . . . | 20% |
| „ Milchglas . . . | 30—60%. |

XIV. Lichtspiegelung (Reflexion).

Allgemeines. Das Licht der Sonne und andere Lichtquellen erleidet, wenn es die Körper trifft, oft sehr erhebliche qualitative und quantitative Aenderungen. Das Sonnenlicht nennt man bei ungetrübtester Atmosphäre weiss oder gelblich weiss, Morgens und Abends mehr röthlich. Wenn dieses weisse Licht die Körper trifft, so wird es entweder zurückgeworfen oder es geht hinein; das hineingehende wird entweder absorbirt, dann heisst der Körper undurchsichtig, oder es geht hindurch, dann heisst er durchsichtig.

Absolut durchsichtige Körper giebt es nicht. Jedes durchsichtige Medium verschluckt oder absorbirt einen Theil des durchgehenden Lichtes, so dass dasselbe, wenn es einen längeren Weg in demselben zurücklegt, wesentlich geschwächt wird. Man beobachtet dies schon auffallend bei der Sonne. Diese erscheint bei völlig heiterem Himmel am hellsten um die Mittagszeit, wo ihre Strahlen nur einen kurzen Weg durch die Luft zurückzulegen haben, am wenigsten hell des Morgens oder Abends, wo der Weg in der Atmosphäre, welchen die Strahlen durchlaufen, bevor sie zu unserem Auge gelangen, viel länger

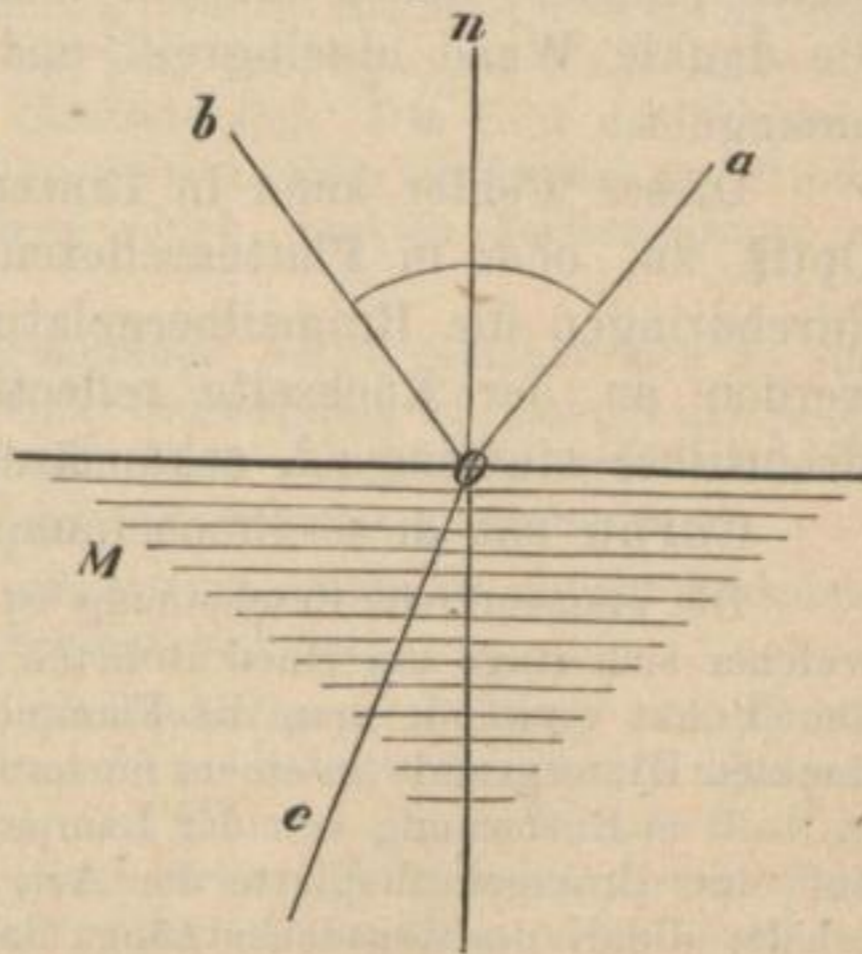
ist. Nach Bouguer ist z. B. die Intensität des Sonnenlichts bei Sonnenaufgang = 6, bei 50° Sonnenhöhe 7624 (s. a. Abney's Messungen p. 93). Auch Glas und Wasser absorbiren einen Theil des durchgehenden Lichtes. Einen wesentlichen Einfluss übt die Farbe des Glases aus und werden wir unten sehen, dass die Absorptionfähigkeit für verschiedene Farben bei verschiedenen durchsichtigen Mitteln sehr verschieden ist. Selbst weisses Glas ist stets farbig. Man betrachte nur irgend ein weisses Glas „auf die hohe Kante“ und man wird die Farbigkeit sofort bemerken. Auch Wasser hat in dicken Schichten eine ganz deutlich grünliche Farbe.

Bei optischen Gläsern ist diese Erscheinung von Bedeutung; doch geht bei diesen ein verhältnissmässig grösserer Theil des Lichtes durch Zurückwerfung an den Oberflächen verloren.

Das zurückgeworfene Licht wird entweder regelmässig reflectirt (dann nennen wir es gespiegelt), oder es wird zerstreut, diffundirt (diffuses Licht). Wird alles Licht absorbirt, so heisst der Körper schwarz; wird alles Licht reflectirt, so heisst er weiss. Wird nur ein Theil des Lichtes reflectirt, so heisst er grau oder farbig. Grau ist ein Körper, wenn er in jedem Lichte sichtbar ist, aber dunkler erscheint als ein weisser, farbig, wenn er nicht in jedem Lichte sichtbar ist. Ein rothes Tuch erscheint z. B. in rein blauem Lichte schwarz. Auch die durchsichtigen Körper lassen entweder nahezu alles Licht hindurch, dann nennt man sie farblos, oder sie lassen nur einen Theil hindurch, so heissen sie farbig oder trübe; trübe ist der Körper, wenn er alle Farben theilweise hindurchlässt, farbig, wenn nur einzelne hindurchgehen. Trifft ein Lichtstrahl ein durchsichtiges Medium senkrecht, so geht er in unveränderter Richtung weiter, trifft er dasselbe schief, so wird er von seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt, d. h. gebrochen.

Ist *M* (Fig. 40) ein durchsichtiges Medium, z. B. Glas, *a o* ein auffallender Strahl, so wird ein Theil dieses Strahles regelmässig reflectirt, so dass der reflectirte Strahl *b o* mit der Senkrechten *n o* (dem Einfallslot) denselben Winkel bildet, wie der einfallende.

Fig. 40.



Je schiefer der Strahl auffällt, desto mehr Licht wird reflectirt. (Man bemerkt dies leicht, wenn man eine Glastafel in senkrechter und schiefer Richtung betrachtet und das Spiegelbild einer Lichtflamme darin beobachtet. Es erscheint, in schiefer Richtung gesehen, viel intensiver.) Ein anderer Theil des Strahles dringt in das durchsichtige Mittel und geht in der Richtung co weiter. Der Winkel, welchen der gebrochene Strahl mit dem Einfallslothe bildet, ist leicht zu bestimmen.

Der Sinus der Einfallswinkel und der Sinus der Brechungswinkel stehen nämlich in einem constanten Verhältniss. Man nennt dasselbe den Brechungsindex.

Das Brechungsgesetz ist die Grundlage des Baues unserer wichtigsten photographischen Bedarfsartikel, der Linsen, welche in der photographischen Optik von Schröder, Ergänzungsband zu Bd. II dieses Buches eingehend behandelt sind.

Die Spiegelung ist für die Photographie von Bedeutung durch die störende Reflexe in photographischen Linsen und Platten und ihre Vermeidung.

XV. Ueber Lichthöfe.

Allgemeines. Photographirt man helle Gegenstände vor einem dunklen Grund bei hellem Licht, so bemerkt man häufig, dass die Conturen der hellen Objekte neblig sind, so z. B. Photographie eines hellen Fensters neben dunkeln Wänden, wo der Lichtschein oft weit in die dunkle Wand hineingreift und auch über das dunkle Fensterkreuz hinangeht.

Dieser Fehler kann in Linsenreflexen liegen, dann gehört er der Optik an, oder in Plattenreflexen. Die Strahlen der hellen Objecte durchdringen die Bromsilbergelatinschicht, dann das Glas der Platte, werden an der Rückseite reflectirt und geben dann, wieder in das Bromsilber eindringend, sekundäre Bilder.

Cornu hat diese Erscheinung am eingehendsten studirt.

Die elementarste Erscheinung ist der kreisförmige Lichthof (s. Fig. 41 a), welcher sich rings um einen isolirten leuchtenden Punkt bildet. Als leuchtenden Punkt verwende man die Flamme einer Oellampe, welche man vor einem dunklen Hintergrunde in einem finstern Zimmer aufstellt; man rückt die Camera in 4—5 m Entfernung von der Lampe und photographirt das Bild der Flamme auf eine Bromgelatineplatte der Art, dass man eine gut getroffene Aufnahme erhält; die Expositionsdauer hängt dabei von der Grösse und freien Oeffnung des benutzten Objectivs ab.

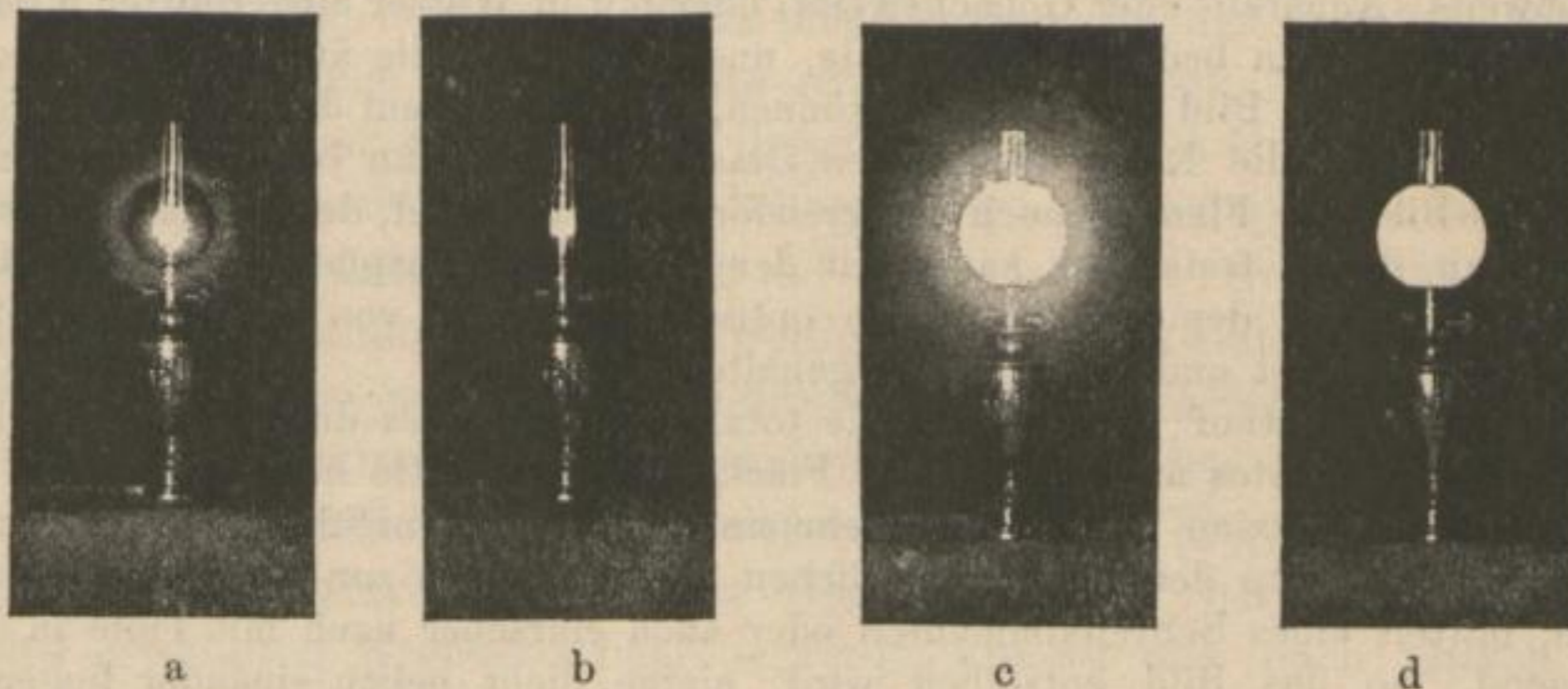
Auf der entwickelten Platte zeigt sich das Bild der Flamme umgeben von einem Lichtkreise, welcher von der Flamme durch einen dunklen Zwischenraum getrennt ist (s. Fig. 41 a). Diese eigenthümliche Erscheinung, welche das

Auge in der Natur nicht sieht, zeichnet sich trotzdem auf der lichtempfindlichen Platte scharf ab.

Die leuchtende Aureole und der leuchtende Nebel (s. o.) entstehen durch Uebereinanderlagerung elementarer Lichthöfe.

Wenn man den eben beschriebenen Versuch mit mehreren dicht bei einander stehenden Lampen wiederholte, würde jede Flamme ihren Lichthof haben und die letzteren würden in einander übergreifen. Es folgt daraus der Schluss, dass, wenn die Lichtquelle nicht aus einzelnen Punkten besteht, sondern eine breite continuirliche Oberfläche bildet, die elementaren Lichthöfe sich

Fig. 41.



über einander erstrecken und eine continuirliche Aureole ohne dunklen Zwischenraum bilden müssen. Man kann den Beweis für diese Behauptung führen, indem man die oben erwähnte Lampe photographirt, nachdem man sie mit einer matten Glaskugel bedeckt hat; dabei hat man die Expositionsdauer länger zu bemessen, wegen der Schwächung der Lichtwirkung. Das Bild der Glaskugel zeigt sich dann umgeben von einer sehr grossen Aureole, welche sich unmittelbar an den Umriss der Kugel ohne irgend einen dunklen Zwischenraum anschliesst (Fig. 41 c).

Man ersieht daraus, dass der leuchtende Nebel, welcher sich an einer hellen Gegend zeigt, eine zusammengesetzte Erscheinung ist, welche sich jedoch auf die einfache Erscheinung zurückführen lässt, die ein isolirter leuchtender Punkt hervorruft; diesen letzteren Fall gilt es deshalb zu untersuchen.

Der Durchmesser des Lichthofes ist proportional der Dicke der Glasplatte, auf welcher sich die lichtempfindliche Schicht befindet.

Man suche aus verschiedenen Plattenpacketen die dickste und dünnste heraus, von denen die erste zuweilen doppelt so dick als die letztere sein wird; dann erzeuge man auf beiden ein Bild der Flamme der nicht mit der Glaskugel bedeckten Lampe bei gleicher Lichtstärke und Expositionszeit. Jedes der beiden Bilder zeigt einen Lichthof, dessen Grösse man leicht nach dem Durchmesser seines inneren Randes bestimmen kann; der Lichthof auf der dünneren Platte besitzt jedoch einen kleineren Durchmesser als derjenige auf der dickeren Platte; im allgemeinen ist der Durchmesser nahezu gleich dem Vierfachen der Plattendicke. Man bemerkt auch, dass der engere Lichthof

der schärfere ist, woraus zu schliessen ist, dass die Lichtstärke des elementaren Lichthofes mit der Zunahme der Dicke der photographischen Platte abnimmt.¹⁾

Dieser Versuch beweist, dass der Lichthof in Wirklichkeit in der Natur nicht vorhanden ist; dass er dem Auge nicht bemerkbar ist, liegt nicht etwa daran, dass er seine Entstehung nicht bemerkbaren chemischen Strahlen verdankt, dagegen spricht seine Veränderung bei verschiedener Dicke der Glasplatte, auf welcher sich die lichtempfindliche Stelle befindet.

Der Lichthof ist eine optische Erscheinung, welche von der photographischen Wirkung des Lichtes unabhängig ist.

Ohne Zuhilfenahme der Photographie kann man den Lichthof in folgender Weise sichtbar machen. Man bringe in die Cassette der auf die Lampe gerichteten Camera an die Stelle der Bromgelatineplatte eine gewöhnliche, mit Bleiweiss (Aquarell- oder Gouacheweiss) oder mit in Wasser eingerührter Kreide in Emulsionsform bedeckte Glasplatte, und öffne dann die äussere Klappe der Cassette, um das Bild betrachten zu können, welches sich auf der weissen Schicht bildet, welche die Rolle des matten Glases spielt. Dann bemerkt man rings um das Bild der Flamme auch den kreisförmigen Lichthof, dessen Durchmesser, wie man direct feststellen kann, mit der Dicke der Glasplatte wechselt. Die Erscheinung ist demnach eine rein optische und wird von der Photographie nur aufgezeichnet und im Bilde festgehalten.

Der Lichthof wird durch die totale Reflexion des durch die Emulsion diffundirten Lichtes an der hinteren Fläche der Glasplatte hervorgerufen.

Diese Reflexion lässt sich in sehr einfacher Weise vorführen. Man bringe auf der Rückseite der lichtempfindlichen Platte, welche zur Aufnahme dienen soll, mittels eines Schreibdiamanten oder auch einfacher noch mit Tinte in der Gegend, wo das Bild entstehen wird, einige dicht neben einander liegende Striche an. Nach dem Entwickeln sieht man dann auf dem Lichthofe die auf der Rückseite der Platte angebrachte Zeichnung wiedergegeben, jedoch in verdoppelter Grösse. Wenn man so mit dem Diamant auf der Rückseite der Platte eine Anzahl Striche in einer Millimeterentfernung von einander einzeichnet, weist das Bild eine Anzahl zwei mm von einander abliegender Striche auf, welche sich über die ganze von dem Lichthof erhellte Fläche erstrecken.

Erklärung der Lichthöfe. Der beleuchtete Punkt O (siehe

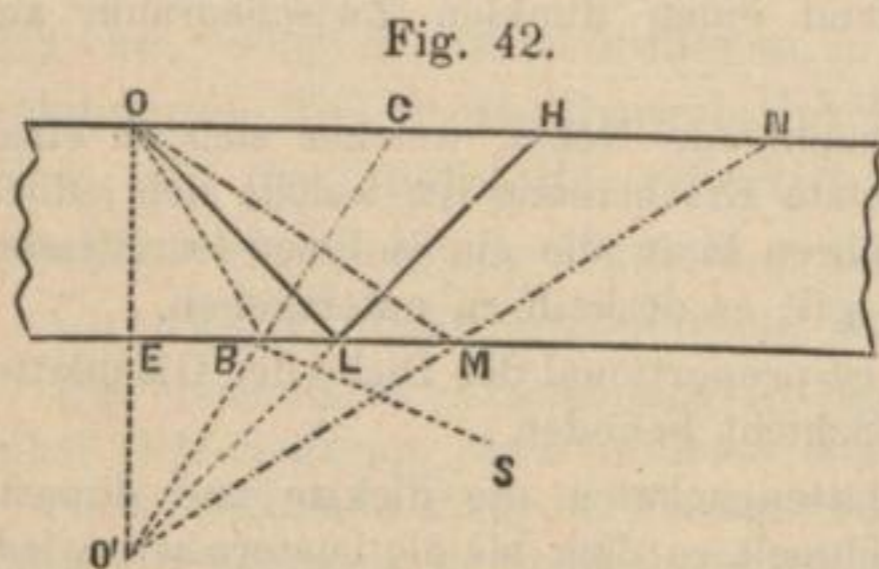


Fig. 42) der diffundirenden Schicht Gelatine OCHN, welche in enger Berührung mit dem Glase ist, wirkt wie eine wirkliche Lichtquelle, welche nach allen Seiten Licht ausstrahlt; alle im Innern der Platte ausgehenden Strahlen erreichen die zweite Oberfläche EBLM und werden an derselben reflectirt,

¹⁾ Bei Anwendung photographischer Häutchen mit einer Emulsionsschicht auf einem sehr dünnen durchsichtigen Blättchen, nimmt zwar der Lichthof an Durchmesser ab, wodurch die Breite der Diffusion rings um die hellbeleuchteten Stellen abgeschwächt wird, dagegen gewinnt er an Lichtstärke, wodurch immer noch unangenehme Wirkungen bleiben.

und zwar werden diejenigen, welche wie OB innerhalb des Grenzwinkels EOL liegen, nur sehr schwache Reflexionsstrahlen BC liefern, die anderen, wie OM, ausserhalb der Grenzwinkel gelegenen Strahlen jedoch werden äusserst kräftige reflectirte Strahlen erzeugen, da sie bei der totalen Reflexion, welche sie erfahren, an ihrer Intensität keinen Verlust erleiden.

Alle diese reflectirten Strahlen beleuchten die innere Fläche der diffundirenden Schicht und rufen auf derselben zwei aneinander grenzende Gebiete von ungleicher Lichtstärke hervor, deren Grenze sich leicht bestimmen lässt. Diese Strahlen gehen nämlich sämmtlich von dem Punkte O', dem virtuellen Bilde der Lichtquelle, der mit dem Punkte O zur Oberfläche der Glasplatte symmetrisch liegt, aus. Die nicht total reflectirten Strahlen nun liegen innerhalb des Umdrehungskegels, der die Senkrechte O'E zur Achse, O zur Spitze und an der Spitze einen Winkel hat, der doppelt so gross als der Grenzwinkel EO'B ist. Diese Strahlen liefern ein wenig beleuchtetes Gebiet, das von dem Kreise begrenzt ist, welcher dadurch entsteht, dass der erwähnte Kegel von der diffundirenden Ebene senkrecht geschnitten wird. Die total reflectirten Strahlen, welche ausserhalb dieses Kegels liegen, bilden dagegen ein stark leuchtendes Gebiet, welches bei der Peripherie des erwähnten Kreises scharf begrenzt, anhebt und nach aussen hin unbegrenzt ist. Man erkennt darin leicht den oben beschriebenen Lichthof.

Der Radius $\rho = OH$ des Lichthofes ist derjenige des Grundkreises des oben beschriebenen Kegels. Ist $R = OO'L$ der Grenzwinkel, so dass $n \sin R = 1$ ist, wo n den Brechungsexponenten zwischen Luft und Glas bezeichnet, so folgt, dass, wenn man die Dicke des Glases mit e bezeichnet,

$$\rho = 2e \tan R \text{ oder } \rho = \frac{2e}{\sqrt{n^2 - 1}} \text{ ist.}$$

Der Durchmesser des Lichthofes ist also der Dicke des Glases proportional, er nimmt mit der Brechbarkeit des benutzten Lichtes ab, da mit derselben n zunimmt. Da der mittlere Brechungsexponent für Glas ungefähr $n = \frac{3}{2}$ ist, findet man $2\rho e \approx 8 : \sqrt{5} = 3,578 e$; es ergibt sich daraus also, dass der mittlere Durchmesser des Lichthofes ein wenig kleiner als das Vierfache der Plattenstärke ist, so dass dies Rechnungsergebnis dem Versuch vollständig entspricht.

Die Abnahme der Lichtintensität des Lichthofes nach aussen hin lässt sich ebenfalls leicht erklären. Betrachtet man die Beleuchtung von

verschiedenen Punkten N, deren Entfernung von dem Lichtcentrum O immer grösser wird, so muss dieselbe aus zwei Gründen immer mehr abnehmen, indem nämlich einmal die virtuelle Lichtquelle O' in eine immer grössere Entfernung rückt und andererseits die von ihr ankommenden Strahlen immer schräger auf die diffundirende Fläche ON auffallen.

Lichthöfe ist also die Reflexion des durch die vordere Fläche der Platte diffundirten Lichtes an der hinteren Fläche.

„Warum tritt aber die Erscheinung nicht stets auf?“ Die Antwort ist nicht in so kurzer Fassung zu geben, aber darum nicht minder klar.

Sollen die Lichthöfe erscheinen, so müssen gewisse besondere Bedingungen gleichzeitig vorhanden sein. Ein Theil derselben hängt von dem Modell ab, indem dasselbe 1. eine sehr kräftig beleuchtete Partie, 2. ein daran anstossendes dunkles Gebiet, kurz gesagt, ziemlich starke Gegensätze der Beleuchtung aufweisen muss; sind solche Gegensätze vorhanden, so treten immer Lichthöfe auf, schwächt man sie ab, so verschwindet der Lichthof.

Andere Bedingungen hängen von der photographischen Platte ab; die lichtempfindliche Schicht muss nämlich, wenn der Lichthof entstehen soll, 1. eine starke Diffusionskraft besitzen, welche übrigens den Emulsionen stets zukommt, 2. eine ausreichende Transparenz haben, damit das diffundirte Licht bis an die Glasplatte gelangt.

Diese beiden Bedingungen stehen offenbar mit einander im Widerspruch, denn das weisse opalisirende Bromsilber diffundirt das Licht, d. h. je mehr Bromsilbertheilchen vorhanden sind, um so stärker ist die Undurchsichtigkeit und in Folge dessen um so geringer die Transparenz, woraus folgt, dass für Entwicklung der Lichthöfe eine besonders günstige Decke der Schicht vorhanden sein muss, die natürlich für jede Emulsion verschieden ist.

Abhilfe der Lichthöfe. Die oben angeführten Versuche haben gezeigt, dass diese Erscheinungen durch die Reflexion von Lichtstrahlen, welche die lichtempfindliche Schrift diffundirt hat, an der zweiten Oberfläche hervorgerufen werden; zur Abstellung der Erscheinung muss man also diese Reflexion verhindern. Die Optik lehrt nun, dass die Reflexion an der Trennungsfläche zweier Medien immer eintritt, wenn zwischen den Brechungsexponenten der beiden Medien ein Unterschied besteht; man wird deshalb auf die Rückseite der lichtempfindlichen Platte eine Flüssigkeit oder einen Firniss bringen müssen, deren Brechungsexponent mit dem des Glases übereinstimmt. Auf diese Weise vernichtet man die Reflexion an der inneren Seite des Glases. Das genügt jedoch nicht, denn es bleibt noch die Reflexion an der Innenseite des Firnisses, die jedoch zum Glück leicht zu verhindern ist,

indem man den Firnis so färbt, dass er die ihn treffenden Strahlen absorbiert, wodurch man es erreicht, dass dieselben nicht wieder an die äussere Oberfläche des Firnisses gelangen und demgemäss sich dort auch nicht reflectiren können.

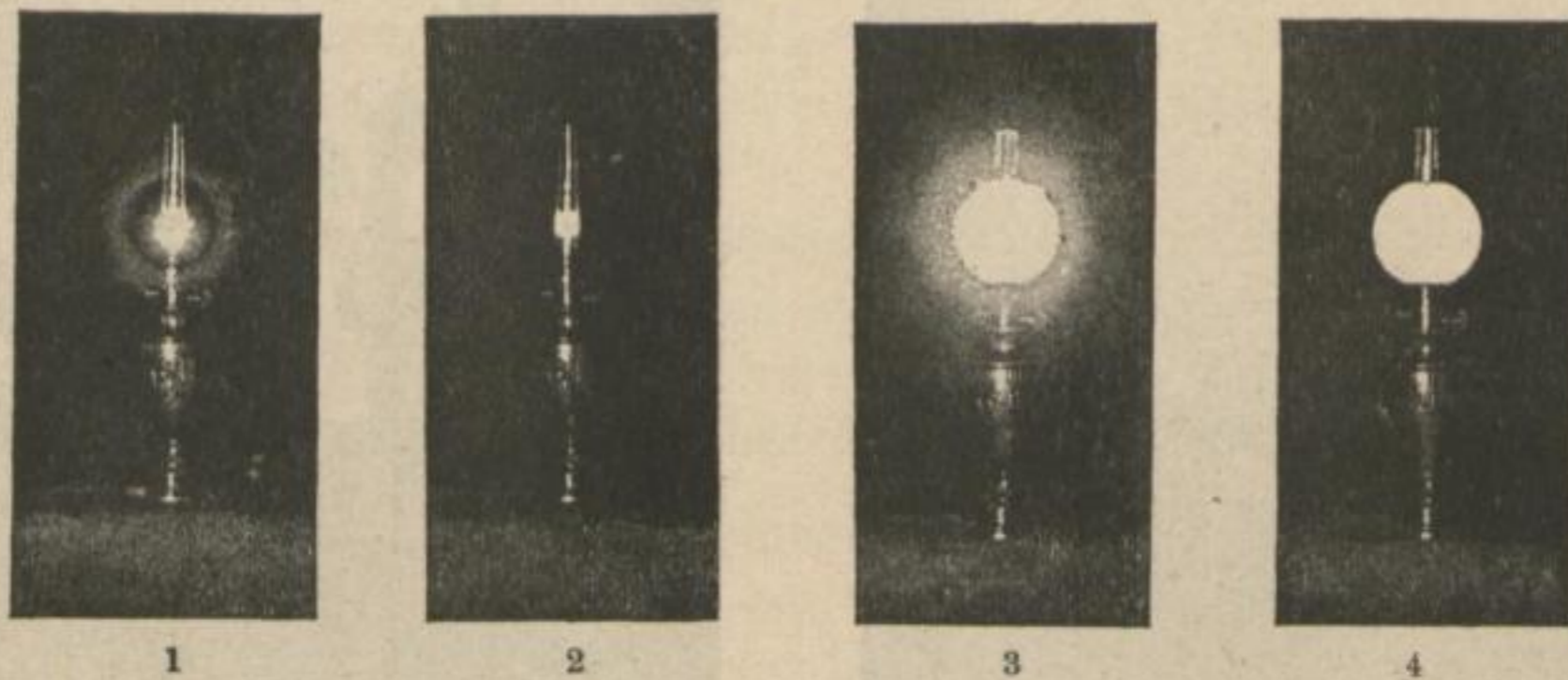
In der Praxis giebt es Mischungen verschiedener Art, welche beide Bedingungen hinsichtlich des Brechungsexponenten wie der Absorption zugleich erfüllen, Cornu empfiehlt Folgende.

Man stellt zuerst eine Mischung von ätherischen Oelen (etwa 6 Raumtheile Nelkenöl und 1 Raumtheil Terpentinöl) her; es ist bekannt, dass diese Mischung denselben Brechungsexponenten wie das Glas der verwendeten Platten hat, und, wenn man in die Mischung einen kleinen, sorgfältig von der Emulsion gereinigten Streifen dieses Glases bringt, so wird derselbe fast absolut unsichtbar, die Umrisse, die Raubseiten der Schnittfläche machen sich nur noch durch schwach röthliche oder bläulich grüne Färbung bemerkbar.

Mit dieser Mischung wird dann Kienruss begossen, so dass ein Teig entsteht, der sich leicht auf der Rückseite der Platten mittelst eines Pinsels oder eines Wattepfropfens ausbreiten lässt. Die Platte wird darauf in die Cassette gebracht und in der Camera exponirt; nachdem man sie wieder herausgenommen, wird vor dem Entwickeln der schwarze Teig mittelst Seidenpapier entfernt und dann die Platte in der gewöhnlichen Weise entwickelt.

Beifolgende Aufnahmen sind nach Cornu im Atelier des Herrn Nadar gemacht worden; sie sind paarweise gleichzeitig auf derselben

Fig. 43.



Platte bei gleicher Expositionsdauer mittelst eines stereoskopischen Apparates erzeugt, welcher aus zwei Français'schen geradlinigen Objectiven von etwa 16 cm Focaldistanz zusammengesetzt war. Die Rückseite jeder Platte war auf ihrer einen Hälfte mit dem oben erwähnten Firnis überzogen, so dass auf der einen Seite (ungerad-

zahlige Nummern) ein Bild mit Lichthof, auf der anderen (geradzahlige Nummern) ein solches ohne Lichthof erzeugt wurde.

No. 1 und 2 (Fig. 43). — Die Oellampe war in 4 m Entfernung vor dem Apparate in einem finsternen Raume aufgestellt; 12 mm-Blende; 2 Minuten Expositionszeit; einige Secunden lang wurde ein Fenster geöffnet, um das Tageslicht eintreten zu lassen und den Hintergrund etwas sichtbar zu machen. No. 1 zeigt den elementaren Lichthof; bei No. 2 ist derselbe nicht zu sehen.

No. 3 und 4 (Fig. 43). — Dieselbe Lampe, mit einer Glocke aus mattem Glase bedeckt; $3\frac{1}{2}$ Minute Expositionszeit. No. 3 zeigt die Aureole, entstanden durch Uebereinanderlagerung der elementaren Lichthöfe; bei No. 4 fehlt dieselbe.

No. 5 und 6 (Fig. 43a). — Ein finsterner Raum mit einem auf einen sehr hellen Himmel hinausgehenden Fenster; 6 mm-Blende, 30 Secunden Expositionszeit (ein wenig zu lang bemessen). Der Vergleich beider Bilder spricht auf's deutlichste für die Wirksamkeit des vorgeschlagenen Verfahrens, denn No. 5 zeigt einen dichten Nebel, während No. 6

Fig. 43a.



5



6

von einer Vollkommenheit ist, wie sie die Bedingungen, die hier in übertriebenem Maasse vereinigt waren, nur irgend zulassen konnten.

Rückseitige Collodiumüberzüge. Statt dem nicht sehr saubern Ueberzug mit Nelkenöl und Russ hat man neuerdings Collodium als

Hinterguss zur Abhülfe der Lichthöfe vorgeschlagen, dasselbe muss etwas Ricinusöl enthalten, um den Brechungsindex dem des Glases ähnlicher zu machen, ausserdem einen Farbstoff, der die wirksamen Strahlen verschluckt. Bei gewöhnlichen Platten reicht ein gelber Farbstoff, wie Aurin aus. Zu farbenempfindlichen Platten empfehlen wir

100 CC Collod 2%,
0,3 Aurantia
0,3 Erythrosin
2,0 Ricinusöl.

Das Ueberziehen erfolgt wie das Collodioniren im nassen Process. Der Ueberguss braucht nicht vor der Entwicklung, sondern erst vor dem Copiren entfernt zu werden.

Die Sandellplatte. In England hat man die Reflexe mit Erfolg dadurch gehoben, dass man die Platte mit zwei Schichten überzog, mit einer sehr wenig empfindlichen Unterschicht, über welche nach dem Trocknen eine empfindliche Gelatineschicht gegossen wurde, das an der Rückseite der Platte reflectirte Licht passirt dann die wenig empfindliche untere Schicht, um hier grossentheils ohne phot. Wirkung absorbirt zu werden. Die gute Wirkung ist ausser Zweifel, der Preis der Platten wegen der doppelten Emulsionsschicht und der doppelten Arbeit theurer.

Wuestner's Platten (New-York) erfüllen denselben Zweck in gleicher Weise, nur sind sie empfindlicher.

Farbige Untergüsse. Magerstedt-Berlin hat gefunden, dass man denselben Zweck wie Sandell erreicht, wenn man eine gefärbte Gelatineschicht statt der unempfindlichen Bromsilberschicht als Unterguss anwendet.

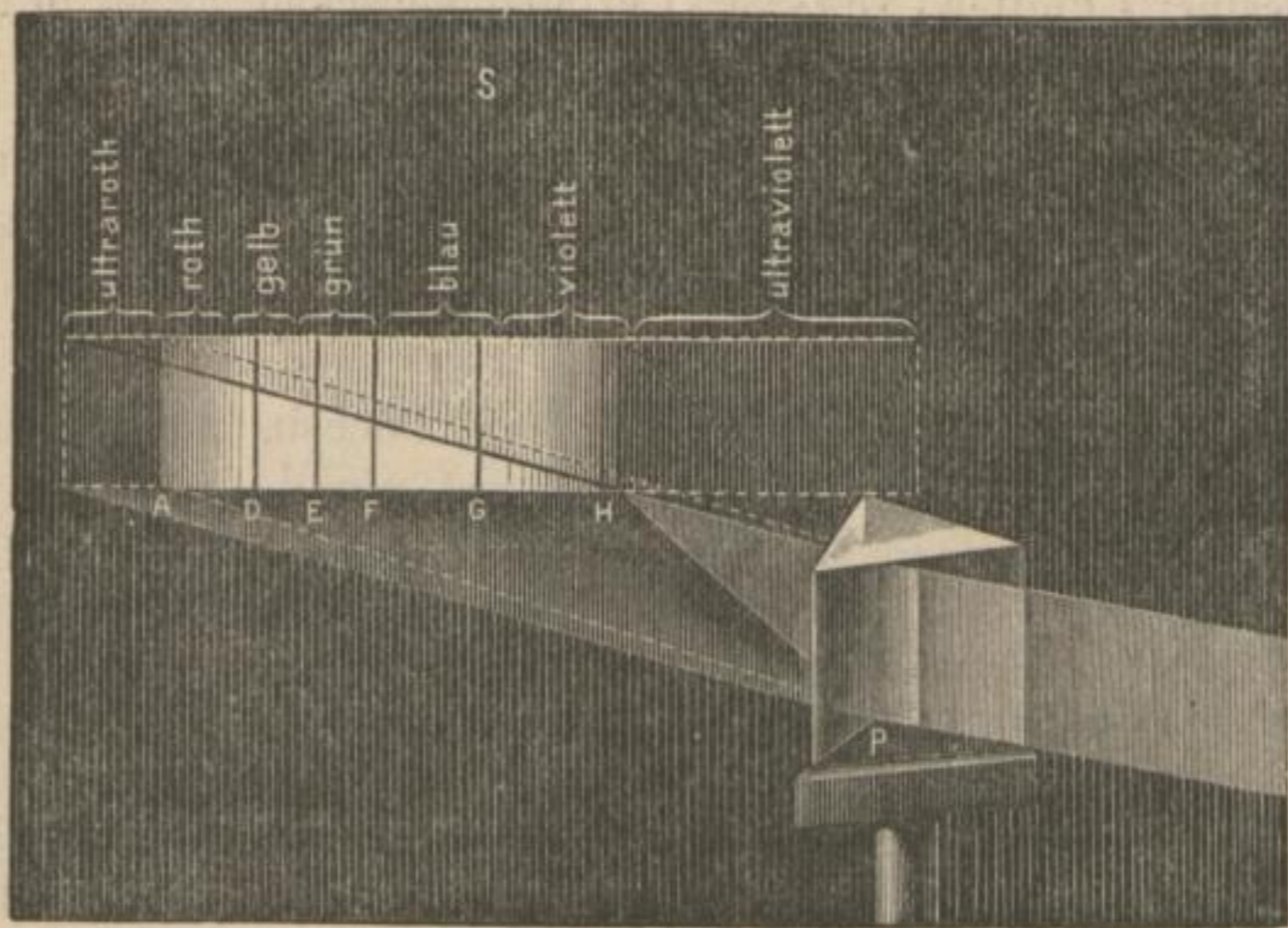
Man mischt z. B. Gelatinelösung mit Fuchsin oder Rosalsäure, Aurin, Phosphin, Safranin, Uranin etc. und giesst dieses bei Tageslicht auf die Platte und lässt trocknen, dann wird sie im Dunkeln mit Emulsion überzogen (Deutsches Patent No. 73101).

Emulsion auf Mattglas. In jüngster Zeit hat Wilde in Görlitz Platten in den Handel gebracht, bei denen die Hofbildung mit Erfolg dadurch vermieden wird, dass der Emulsionsträger eine feinkörnige Mattglasscheibe ist. Diese Platten haben vor den Sandell- und Magerstedtplatten den Vorzug, dass sie nicht dicker als gewöhnliche Platten sind und keiner besonderen Präparation bedürfen. Andererseits wird allerdings die Copirzeit um ein Drittel verlängert (s. Phot. Mittheil. XXX, p. 366 Sb).

XVI. Zusammensetzung des Lichts. Farbe und farbenempfindliche Photographie.

Allgemeines. Geht weisses Licht in ein anderes durchsichtiges Medium über, so erleidet es neben der Brechung noch eine Farbenzerstreuung, dadurch wird der weisse Sonnenstrahl in ein farbiges Strahlenbündel zerlegt: das sogenannte Farbenspectrum. Newton hat diese Erscheinung zuerst genauer studirt und bei der blinden Verehrung, welche noch zu seiner Zeit die Zahl 7 der Pythagoräer genoss, aus dem Farbenspectrum sieben Farbennuancen herauszählen wollen. Dieselben gehen jedoch so in einander über, Roth in Hellroth, dieses in Gelb, dieses in Grün, dieses in Blau, dass man ebenso gut 70 Nuancen herauslesen könnte. Zudem erscheinen die Farben je nach ihrer Intensität auffallend verschieden, bei dunklem Lichte sieht man z. B. das Violett gar nicht mehr, das Dunkelblaue, von Newton fälschlich Indigo benannt, erscheint dagegen ganz deutlich Violett. Bei sehr hellem Licht erscheint das Blau und Violett fast weiss, so dass es äusserst schwer ist, die Grenzen der einzelnen farbigen Bezirke anzugeben. Das Grün hingegen erscheint bei sehr dunklem Licht zuerst grau (L. Weber). Der Eindruck des Gelb und Roth im Spectrum ist weniger von der Lichtstärke abhängig.

Fig. 44.

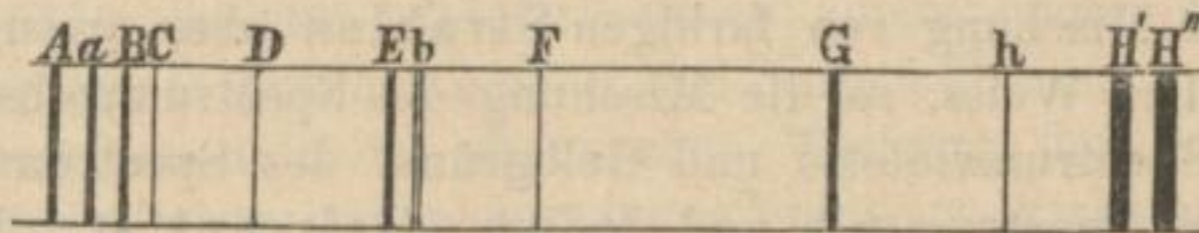


Diese Farbenzerstreuung beobachtet man am besten, wenn ein schmales Bündel Sonnenstrahlen (Fig. 44), welche in ein dunkles Zimmer fallen, durch ein Glas-Prisma P hindurchgeht, d. i. ein von

zwei gegeneinander geneigten Flächen begrenztes durchsichtiges Mittel. (Neuerdings hat man bequeme Spectralapparate construirt, mittelst welchen man diese interessante Erscheinung auch ohne dunkles Zimmer beobachten kann — sogenannte Taschenspectroskope —.)*) Diese Erscheinung beruht auf der ungleichen Brechbarkeit der verschiedenen farbigen Strahlen, die vereinigt das weisse Sonnenlicht bilden, nach der herkömmlichen Newton'schen Angabe: Violett, Indigo, Blau, Grün, Gelb, Orange, Roth. Roth ist am wenigsten, Violett am stärksten brechbar.

In dem Sonnenspectrum zeigen sich gewisse Unterbrechungen, die sich als feine schwarze Linien offenbaren, man nennt diese die Fraunhofer'schen Linien: diese Linien sind Absorptionsercheinungen, hervorgebracht durch Stoffe, die sich zum Theil in unserer Atmosphäre, zum grössten Theil aber in der Atmosphäre der Sonne selbst finden und die Eigenthümlichkeit haben, Lichtstrahlen von gewisser Brechbarkeit gleichsam zu verschlucken. Ihre Stellung zu einander ist eine constante und bieten sie daher ein wichtiges Hülfsmittel zur Bezeichnung gewisser Stellen des Spectrums. Man hat gewisse sehr wichtige Gruppen dieser Linien mit Buchstaben A, B, C, D etc. bezeichnet. A B C liegen im Roth, D im Gelb (s. Fig. 45), E und *b* im Grün, F im Hellblau, G im Dunkelblau,

Fig. 45.



H im Violett. Das Spectrum der Fixsterne, des electrischen Kohlenlichtes etc. zeigen andere Linien als das des Sonnenlichtes. Da man die Linien, welche verschiedene Stoffe hervorbringen, genau kennt, so kann man aus den Spectrallinien, welche eine Lichtquelle liefert, einen Schluss machen auf ihre chemische Zusammensetzung. So hat man festgestellt, dass in der Sonnenatmosphäre Natrium, Eisen, Kalk und andere Körper vorhanden sind (Spectralanalyse).**)

Die Spectralfarben sind von den gewöhnlichen Farbenpigmenten bei aller Aehnlichkeit der Farbe, total verschieden. Das Orange des Spectrums gleicht auffallend der Mennige, richtet man

*) Siehe Vogel, praktische Spectralanalyse irdischer Stoffe, Berlin bei Oppenheim, II. Aufl., 1890.

***) Näheres siehe prakt. Spectralanalyse von H. W. Vogel. II. Aufl. Berlin 1890.

jedoch ein Taschenspectroskop auf den gelbrothen Theil des Spectrums, so erscheint es eben gelbroth nach wie vor. Mennige dagegen ergiebt sich als eine Mischung von rothem, gelbem, grünem und sogar etwas blauem Lichte. Die Farbstoffe sind Körper, die gewisse Farben absorbiren und dadurch auslöschten, andere reflectiren. So absorbirt der Indigofarbstoff das Orange und reflectirt hauptsächlich Blau, dabei aber auch Roth und Grün, wie man leicht bemerkt, wenn man ein Spectroskop darauf richtet. Auch blaues Ultramarin reflectirt eine beträchtliche Menge Roth und Grün. Gelbe Farbstoffe absorbiren hauptsächlich Blau und reflectiren Gelb, Grün und Roth. Somit liefern alle Farbstoffe optisch gemengte Farbenstrahlen.

Daher giebt auch die Mischung von farbigen Strahlen des Spectrums ein ganz anderes Resultat als die Mischung von Farbstoffen. So geben die blauen und gelben Strahlen mit einander gemischt Grau-Weiss, blaue und gelbe Farbstoffe mit einander gemischt, geben aber meist Grün. Die Entstehung des Grünen erklärt sich daraus, dass z. B. Ultramarin und Chromgelb grüne Strahlen enthalten. Ultramarin verschluckt aber die vom Chromgelb durchgelassenen gelben, Chromgelb die von Ultramarin durchgelassenen blauen Strahlen, es bleiben somit nur die grünen Strahlen übrig. Mengt man noch rothe Farbe bei, welche auch diese verschluckt, so ist das Resultat: Schwarz. Solches entsteht wirklich, wenn passende Sorten von gelber, rother und blauer Farbe mit einander gemischt werden. Die Mischung von farbigen Strahlen aber erzeugt dagegen in vielen Fällen Weiss, so die Mischung des Spectrumroths und Blaugrüns, des Spectrumvioletts und Gelbgrüns, des Spectrumorange und Hellblau, des Spectrumgelb und Indigo (Helmholtz). Merkwürdig ist, dass unser Auge an solchen Farbenmischungen die einzelnen Bestandtheile nicht herauszu erkennen vermag, während das gebildete musikalische Ohr aus einem Accord sehr gut die Einzeltöne heraus hört. Unser Auge ist in dieser Hinsicht noch unvollkommener als die photographische Platte, so ist letztere für die Mischung Spectrum roth + Blaugrün sehr wenig, für die Mischung Spectrum Orange + Hellblau sehr stark empfindlich, obgleich beide dem Auge nur als weiss erscheinen. Leider gehen die Unvollkommenheiten unseres Auges in der Beurtheilung von Farbentönen noch viel weiter, wie Experimente des Verfassers gezeigt haben (s. u.).

Physikalische und chemische Wirkungen verschiedenen farbigen Lichtes. Neben den Farbenunterschieden des Spectrums, die dem Auge sichtbar sind, giebt es nun noch andere Unterschiede, die sich nicht dem Auge, wohl aber in der Wirkung auf das Thermometer und auf gewisse Stoffe offenbaren. Führt man ein Thermometer über

das Spectrum in der Richtung von Roth nach Violett hinweg, so bemerkt man die wärmste Stelle links vom Roth (Fig. 44, 45). Von da ab fällt das Thermometer in demselben Maasse, wie man sich dem Violett nähert.

Während also für das Auge das Gelb die intensivste Stelle des Spectrums ist, ist sie für das Thermometer jenseits des Roth (im „Ultraroth“), wo für unser Auge bereits Dunkelheit herrscht. Andere auffallende Unterschiede in der Wirkung der Spectralfarben offenbaren sich bei den phosphorescirenden Körpern. Es wurde schon früher erwähnt, dass die blauen und violetten Strahlen die Phosphorescenz viel kräftiger als die rothen erregen (s. Bd. I p. 15).

Die für unser Gebiet interessantesten Phänomene offenbaren sich aber in der chemischen Wirkung der verschiedenen Farben. Legt man ein Stück Chlorsilberpapier in das Spectrum, so bemerkt man, dass dasselbe am tiefsten im Violett geschwärzt wird. Die Schwärzung geht aber noch weit über das Violett hinaus, wo für unser Auge nichts mehr bemerkbar ist, während sie nach dem hellen Ende des Spectrums hin abnimmt und schon im Blau fast vollständig verschwindet. Gerade das unserem Auge am hellsten leuchtende Gelb hat fast gar keine chemische Wirkung, und gerade die Stellen jenseits des Violett (Ultraviolett, siehe Fig. 44), welche auf unser Auge und auf das Thermometer wirkungslos sind, zeigen eine intensive Action auf gewisse photochemisch empfindliche Körper.

Auch Chlorknallgas explodirt unter einem blauen und violetten Glase, unter einem grünen, gelben und rothen aber nicht (s. u.). Auf diesen Unterschieden in der chemischen Wirkung der Farben beruht die ausserordentlich verschiedene photographische Wirkung verschieden gefärbter Körper. Viele helle Körper, wie ein gelbes Band, werden in der Photographie oft schwarz, andere uns dunkel erscheinende, wie ein blaues Band, dagegen weiss. So giebt ein blaues, d. h. ein dunkles Tuch mit gelbem, d. h. hellem Muster in der Photographie manchmal ein weisses Tuch mit schwarzem Muster. Ein violettes Kleid wird oft weiss. Ein Gelbsüchtiger bekommt leicht ein Mohren Gesicht. Rothe Haare werden leicht schwarz, ebenso grüne Bäume. (Siehe Tafel X des Bd. I und die zugehörige photographische Aufnahme mit gewöhnlichen Platten.)

Bei der Beurtheilung der photographischen Wirkung eines Farbpigments kommt jedoch dessen optische Zusammensetzung (s. o.) wesentlich in Betracht. Das Kobaltblau enthält Roth; der Krapplack eine Mischung von Blau und Roth, die braunen Töne Mischungen von Blau oder Schwarz, Gelb und Roth etc. Man bemerkt dieses, wenn man hellbeleuchtete Flächen der mit den betreffenden Stoffen

gefärbten Zeuge oder Papiere durch ein Spectroskop betrachtet. Demnach werden die Wirkungen dieser verschiedenen Farbpigmente in chemischer Hinsicht sehr verschieden sein, und ist es ein Irrthum für alle Fälle anzunehmen, dass Gelb in der Photographie immer Schwarz, Blau immer Weiss werden müsse. Neapelgelb, das eine grosse Quantität Blau beigemischt enthält, wird hell, das dem Auge heller erscheinende Chromgelb dagegen sehr dunkel in der Photographie, wie solches aus der diesem Werk, Bd. I, beigegebene Farbetafel nebst Photographie hervorgeht. Die Wirkungen der verschiedenen blauen Töne ist wieder sehr verschieden; am hellsten wird Kobalt-Blau, dunkel dagegen Indigo und Berliner Blau.

Von den rothen Tönen werden Zinnober und Chromroth sehr dunkel, der Krapplack dagegen, welcher eine bedeutende Quantität Blau enthält, hell. Die braunen Töne werden alle dunkel, die grünen verhalten sich verschieden, je nachdem sie mehr oder weniger Blau reflectiren (s. u. chemische Wirkung und Absorption).

Wir bemerken noch, dass dieselben Farben nicht immer gleichartig wirken. Dieselbe Farbe wirkt anders auf Wolle als auf Leinen oder Seide; weil hierbei die Fähigkeit des Stoffs auch noch weisses Licht zurückzuwerfen, in Betracht kommt. Oelfarben sind bei gleicher Zusammensetzung unwirksamer als Wasserfarben, weil Oel der Farbe einen gelblichen Ton verleiht. Oelgemälde erfordern daher eine lange Exposition.

Bei grünen Blättern ist der matte Glanz der Oberfläche von grossem Vortheil für die Photographie, sie wirken relativ erheblich besser als manche Oelfarben. Am unwirksamsten sind die braunen Nüancen; sie wirken fast noch weniger als Druckerschwärze.

Photographie des Unsichtbaren. Hierher gehört noch eine interessante Erscheinung, die unter dem Namen „Photographie des Unsichtbaren“ bekannt ist. Schreibt man mit einer sehr starken Lösung von schwefelsaurem Chinin auf Papier, so erhält man eine unsichtbare Schrift. Photographirt man aber das Papier, so erscheint die im Original unsichtbare Schrift schwarz auf weissem Grunde.

Das schwefelsaure Chinin gehört nämlich zu den fluorescirenden Körpern, welche die Eigenthümlichkeit haben, die stark brechbaren chemisch wirksamen Strahlen in Licht von geringerer Brechbarkeit, welches chemisch wenig oder nicht wirksam ist, zu verwandeln. (Die Chininschrift bleibt übrigens nicht lange unsichtbar, sondern färbt sich bald gelb.)

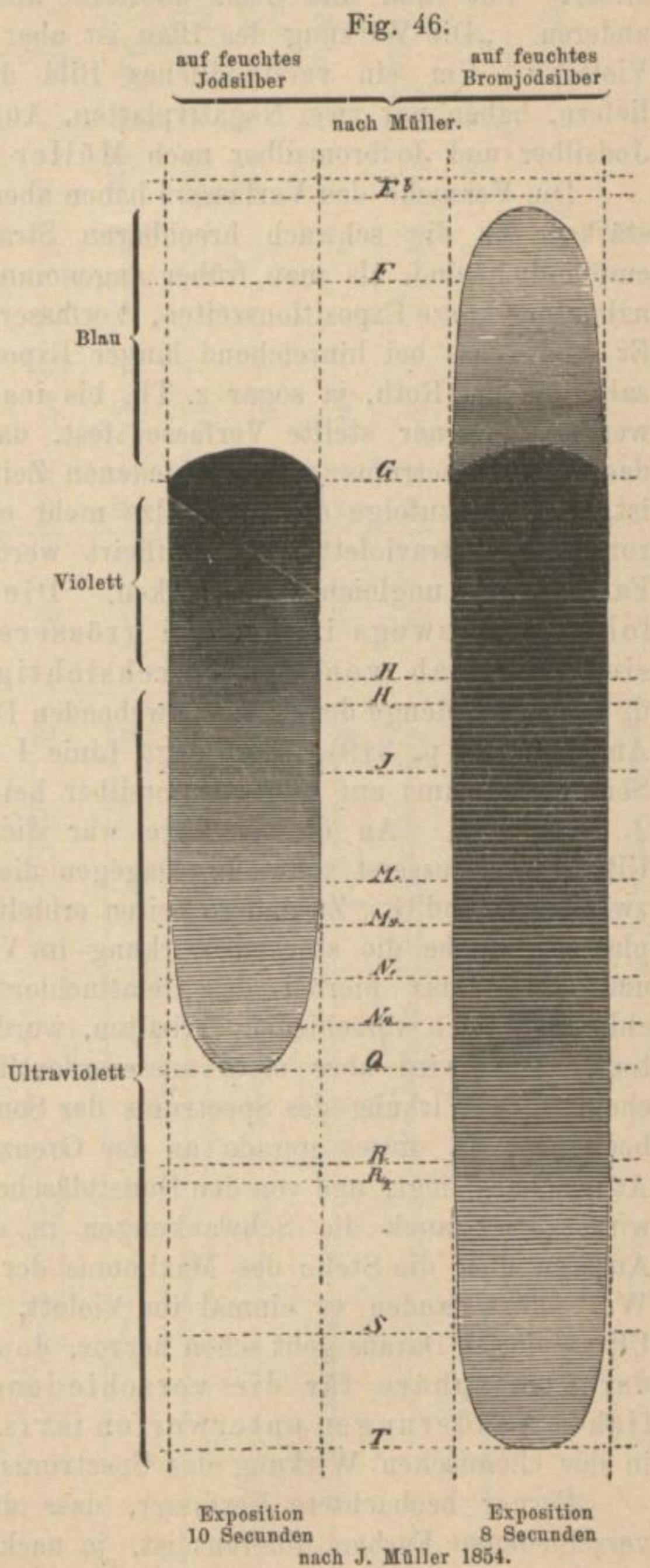
Wirkung des Sonnenspectrums auf Silbersalze. Bei den Silbersalzen zeigen sich bestimmt ausgeprägte Differenzen in der Wirkung der Strahlen. Draper hat über diese Wirkung auf Daguerreotyp-

platten 1841, Müller auf feuchte Jod- und Jodbromsilbercollodiumplatten 1854 Versuche gemacht (s. u.).

Ihm folgte Schultz-Sellack, der auch über Chlorsilber und Mischungen desselben mit Ag J Versuche anstellte. (S. Phot. Mittheil., 7. Jahrg. p. 302, 1870.)

Schultz-Sellack unterscheidet zwischen qualitativer und quantitativer Empfindlichkeit. Unter quantitativer Empfindlichkeit versteht er den Grad der photographischen Erregung durch eine bestimmte Farbe, unter qualitativer Empfindlichkeit die Fähigkeit durch verschiedene Farben photographisch erregt zu werden.

In qualitativer Empfindlichkeit steht nach Schultz' Versuchen obenan das Jodbromsilber (empfindlich von Ultraviolett bis zur Linie E im Grün), dann folgt Jodchlorsilber, empfindlich bis über F hinaus, dann reines Bromsilber (empfindlich bis nahe F im Blau), Jodsilber empfindlich bis etwas über G (Grenze des Indigo), endlich Chlorsilber, empfindlich bis etwas über H (im Violett) (überall von Ultraviolett an gerechnet).



Jodsilber zeigt die stärkste quantitative Empfindlichkeit für Violett, ihm folgt Jodbromsilber, dann Bromsilber, endlich Chlorsilber. Für Blau und Grün übertrifft Jodbromsilber quantitativ alle anderen. „Die Wirkung des Blau ist aber viel schwächer als die des Violett.“ Um ein verständliches Bild dieser Empfindlichkeiten zu liefern, haben wir zwei Negativplatten, Aufnahmen des Spectrums auf Jodsilber und Jodbromsilber nach Müller in Fig. 46 dargestellt.

Die Versuche des Verfassers haben aber gezeigt, dass diese Körper stärker für die schwach brechbaren Strahlen des Sonnenspectrums empfindlich sind, als man früher angenommen hat, Schultz-Sellack nahm nur kurze Expositionszeiten, Verfasser dagegen erheblich längere. Er fand, dass bei hinreichend langer Expositionszeit alle drei Silbersalze bis ins Roth, ja sogar z. Th. bis ins Ultraroth hinein verändert werden. Ferner stellte Verfasser fest, dass die chemische Wirkung des Sonnenspectrums zu verschiedenen Zeiten eine äusserst ungleiche ist, dass demzufolge die Silbersalze mehr oder weniger tief ins Ultraroth oder Ultraviolett hinein afficirt werden und die verschiedenen Farben sehr ungleich stark wirken. Die stärkere Wirkung erfolgt keineswegs immer bei grösserer Sonnenhöhe, sondern sie hängt ab von der Durchsichtigkeit der Atmosphäre, d. i. von der Menge der darin schwebenden Dunstbläschen (s. Poggend. Annalen 156 p. 319). So zeigt Linie I Fig. 47 die Wirkung des Sonnenspectrums auf reines Chlorsilber bei sehr langer Exposition am 2. Jan. 1874. An diesem Tage war die Wirkung im Violett und Ultraviolett äusserst schwach. Dagegen die stärkste Wirkung im Blau zwischen F und G. Zu andern Zeiten erhielt aber Verfasser Chlorsilberplatten, welche die stärkste Wirkung im Violett zeigten (zwischen G und H). Dass hierbei das Gelatinchlorsilber und das Collodiumchlorsilber sich verschieden verhalten, wurde bereits Bd. I p. 156 betont. Man wird aber stets ausserordentliche Schwankungen in der chemischen Wirkung des Spectrums der Sonne namentlich beim Violett begegnen, da dieses gerade an der Grenze der Durchsichtigkeit der Atmosphäre liegt, und von den Dunstbläschen am stärksten beeinflusst wird, daher auch die Schwankungen in den Angaben verschiedener Autoren über die Stelle des Maximums der Chlorsilberempfindlichkeit. Wir selbst fanden es einmal im Violett, einmal in Blau, einmal in Ultraviolett. Daraus geht schon hervor, dass die Durchsichtigkeit der Atmosphäre für die verschiedenen Farben ganz erheblichen Aenderungen unterworfen ist (s. u. Ueber die Schwankungen in der chemischen Wirkung des Spectrums).

Ferner beobachtete Verfasser, dass die chemische Wirkung der verschiedenen Farben different ist, je nachdem man die Silberhaloid-

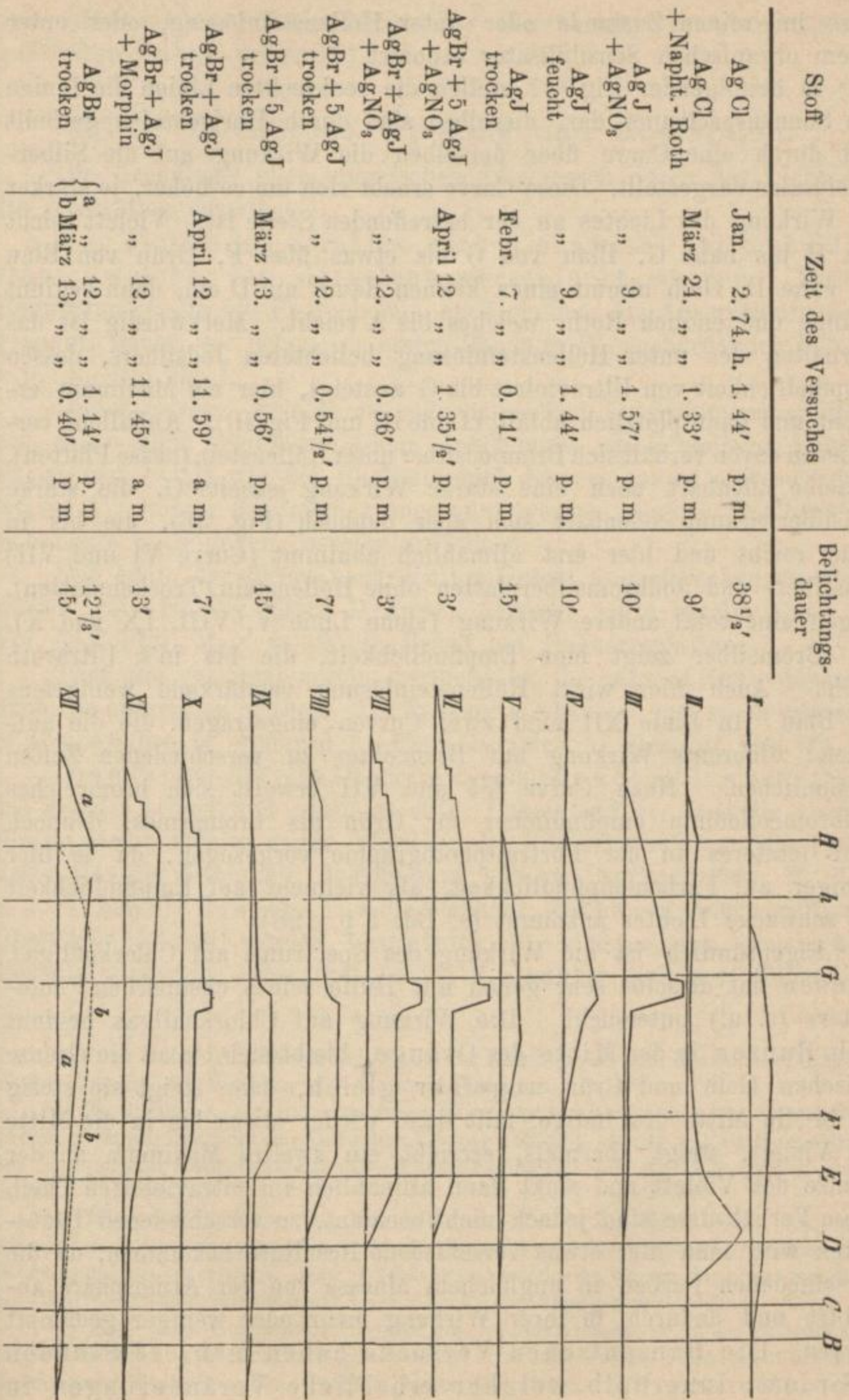


Fig. 47.

salze im reinen Zustande oder unter Höllensteinlösung, oder unter einem organischen Sensibilisator exponirt.

In beifolgender Fig. 47 stellen die senkrechten Linien die Linien des Sonnenspectrums dar, dieselben sind durch Horizontalen getheilt und durch eine Curve über derselben die Wirkung auf die Silberhaloidsalze dargestellt. Diese Curve erhebt sich um so höher, je stärker die Wirkung des Lichtes an der betreffenden Stelle ist. Violett reicht von H bis nahe G, Blau von G bis etwas über F, Grün von Blau bis nahe D, Gelb nimmt einen kleinen Raum um D ein, dann beginnt Orange und endlich Roth, welches bis A reicht. Merkwürdig ist das Verhalten des unter Höllensteinlösung belichteten Jodsilbers, dessen Empfindlichkeit von Ultraviolett bis G ansteigt, hier ein Maximum erreicht und dann plötzlich abfällt (Linie III und Fig. 46). Auffallend verschieden davon verhält sich Bromjodsilber unter Höllenstein (nasse Platten), dasselbe offenbart noch eine starke Wirkung jenseits G, die starke Jodsilberwirkung offenbart sich aber dennoch (Fig. 46), die bis in Grün reicht und hier erst allmählich abnimmt (Curve VI und VII) Jodsilber- und Jodbromsilberplatten ohne Höllenstein (Trockenplatten). zeigen eine total andere Wirkung (siehe Linie V, VIII, IX und X).

Bromsilber zeigt eine Empfindlichkeit, die bis in's Ultraroth reicht. Auch hier wirkt Höllensteinlösung verstärkend wenigstens im Blau. In Linie XII sind zwei Curven eingetragen, die die auffallend differente Wirkung auf Bromsilber zu verschiedenen Zeiten versinnlichen. Nach Curve VI und VII erweist sich bromreiches Jodbromcollodium empfindlicher für Grün als bromarmes, dennoch wird letzteres in der Portraitphotographie vorgezogen, da es hier weniger auf Farbenempfindlichkeit, als vielmehr auf Empfindlichkeit für schwache Lichter ankommt (s. Bd. I p. 198).

Eigentümlich ist die Wirkung des Spectrums auf Chlorknallgas. Bunsen hat dieselbe sehr genau mit Hülfe seines chemischen Photometers (s. u.) untersucht. Die Wirkung auf Chlorknallgas beginnt nach Bunsen in der Mitte des Orange, bleibt sich bis an die Grenze zwischen Gelb und Grün ungefähr gleich, dann steigt sie stetig bis in die Mitte des Indigo, fällt dann wieder etwas bis in die Mitte des Violett, steigt abermals, erreicht ein zweites Maximum an der Grenze des Violett und sinkt dann allmählich im ultravioletten Theil. Diese Verhältnisse sind jedoch nicht constant, zu verschiedenen Tageszeiten wird man hier etwas verschiedene Resultate bekommen, da die verschiedenen Farben in ungleichem Maesse von der Atmosphäre absorbirt und dadurch in ihrer Wirkung mehr oder weniger gedämpft werden. Die Bunsen'schen Versuche haben mehrere Stunden erfordert; innerhalb welcher erhebliche Veränderungen in

den Intensitätsverhältnissen der einzelnen Strahlen stattgefunden haben mögen.*)

XVII. Chemische Wirkung und Absorption.

Die Grundlage aller chemischen Wirkungen durch das Licht ist die Absorption desselben.

Nur diejenigen Strahlen wirken chemisch auf eine Substanz, welche von derselben verschluckt werden. Dieses Hauptgrundgesetz der Photochemie, auch vielfach das Absorptionsgesetz genannt, haben wir schon im ersten Bande d. W. nachdrücklich betont s. p. 58, 195 Bd. I.

Dieses Gesetz, welches zu sehr namhaften Entdeckungen geführt hat, sollte allen photochemischen Forschungen als Grundlage dienen. Es ist fast so alt wie die Photographie, dennoch ist es erst seit den letzten 12 Jahren allgemeiner anerkannt worden, obgleich Halbwisser sich heute noch gegen dasselbe auflehnen.

Der erste, der dieses hochwichtige Gesetz ausgesprochen und bewiesen hat, ist der ältere Draper, derselbe sagte bereits 1841 in Vol. XIX Phil. Mag. p. 195 in Bezug auf Daguerreplatten:

That the chemical action produced by the rays of light, depends upon the absorption of those rays by sensitive bodies; just as an increase of temperature is produced by the absorption of those of heat.**)

Draper brauchte eine Daguerreotypplatte als Spiegel, stellt darauf das Fenster scharf und nahm es auf. Dabei fand er, dass die zweite Platte nicht afficirt wurde, obgleich das Bild sehr hell war, das Licht hatte also die Fähigkeit, Jodsilber zu afficiren, verloren.***) P. 208 a. a. O. beweist Draper, dass die Strahlen, welche von einer sensitiven Oberfläche reflectirt werden, complementär sind zu jenen, welche auf dieselbe wirken.†) Lost the quality of changing Jodide of Silber.

*) s. u. Ueber die Farbenhelligkeit der Atmosphäre und die Schwankungen in der chemischen Wirkung des Sonnenspectrums.

***) Zu deutsch: dass die chemische Wirkung des Lichts von der Absorption desselben durch den lichtempfindlichen Körper abhängt, ebenso wie die Steigerung der Temperatur (durch strahlende Wärme) abhängt von der Absorption derselben.

****) Hier denkt Draper an die bekannte Thatsache, dass, wenn man ein weisses und ein schwarzes Tuch in die Sonne legt, das schwarze, welches die Wärmestrahlen verschluckt, sehr schnell warm wird, das weisse dagegen, welches die Wärmestrahlen zurückweist oder durchlässt, dagegen kühl bleibt.

†) Man muss sich wundern, dass ein solches Gesetz so lange unbeachtet bleiben konnte, obgleich fast gleichzeitig einer der ersten Photochemiker zur Bestätigung desselben das reichste Material lieferte. Wir meinen, Sir John

Die oben besprochenen Wirkungen verschieden farbiger Strahlen auf Silbersalze und Chlorknallgas führten früher dazu, die Strahlen des Spectrum in chemisch wirksame, in leuchtende und wärmende einzutheilen, indem man den schwach brechbaren gelben und rothen und zum Theil auch den grünen Strahlen alle chemische Wirkung absprach. Diese Eintheilung muss fallen; sie hat höchstens noch für gewöhnliche photographische Platten und für Chlorknallgas ihre Berechtigung.

Herschel's Untersuchungen zeigen schon, dass Licht jeder Farbe chemische Wirkungen ausüben kann. Schultz-Sellack's Versuche (s. o.) haben bezeugt, dass dasjenige, was Draper für Jodsilber bewiesen hatte, auch für Brom- und Chlorsilber richtig sei.*) Durch die Untersuchungen des Verfassers wurde nachgewiesen, dass die Eintheilung in chemisch wirksame und unwirksame Farben nicht einmal für Silbersalze ihre volle Berechtigung hat, indem er feststellte, dass man Bromsilber, Chlorsilber und Jodsilber für Strahlen jeder Farbe stark

Herschel; er stellte bereits 1842 fest, dass Blütenfarbstoffe am leichtesten in denjenigen Strahlen bleichen, welche ihnen komplementär sind, also blaue Georginen im gelben Licht, gelb im blauen Licht (Philosoph transact. 1841). Hundt wies 1854 nach, dass gewisse grüne Pflanzen am leichtesten im rothen Lichte Kohlensäure entwickeln. *Researches on light* 1854 s. a. Bd. I d. B. p. 71. Dennoch konnten Chastaing in seinen Untersuchungen über Oxydationen in Licht und Abney in seinen neuesten Untersuchungen über die Veränderungen von Malerfarben im Licht dieses Gesetz vollkommen ignoriren (Bd. I d. B. p. 68, 69).

*) Chastaing behauptet (*Annal. d. chim. et phys.* Juin 1877), dass die schwach brechbaren Strahlen ausschliesslich oxydirend wirken, die stark brechbaren reducirend, er nimmt zwischen D und E einen „neutralen Punkt“ an und behauptet, dass violette Strahlen stärker reducirende Wirkungen hervorbringen, als weisses Licht, bei denen die oxydirenden rothen Strahlen hindernd wirken sollen. Er hat die oxydirende Wirkung farbigen Lichtes constatirt bei Eisen- vitriol, arseniger Säure, Schwefelkalium etc. Auf organische Stoffe soll das gesammte Spectrum nur oxydirend wirken, am stärksten das Violett. Die entschieden reducirende Wirkung, welche bei längerer Belichtung gelbe und rothe Strahlen auf reines Brom-, Chlor- und Jodsilber ausüben und die Thatsache ferner, dass Blumenfarben am stärksten in dem Lichte gebleicht werden, welches ihrer eigenen Farbe complementär ist (während nach Chastaing im violetten Lichte die Bleichung am stärksten sein müsste), die am raschesten im dunkelblauen Lichte erfolgende Vereinigung von Wasserstoff mit Chlor, die doch als Analogon eines Oxydationsprocesses aufzufassen ist und die ebenfalls im blauen Lichte am raschesten vor sich gehende Oxydation des Jodkaliums im Lichte, endlich die Beobachtungen des Verfassers über das Verhalten gefärbten Bromsilbers, stehen aber mit Chastaing Ansichten in keinem Einklang (s. Berichte der deutschen chem. Gesellschaft 1877. p. 1638 und siehe photogr. Mitth., September 1877).

lichtempfindlich machen kann, wenn man ihnen gewisse Stoffe zusetzt, die betreffende Strahlen absorbieren. (S. Bd. I p. 202.)

Aus des Verfassers Versuchen mit gefärbten Silbersalzen, a. a. O., die auch im folgenden Capitel weiter ausgeführt sind, geht aber hervor, dass nicht nur die Absorption des lichtempfindlichen Körpers selbst, sondern auch die Absorption beigemengter Stoffe bei der chemischen Wirkung des Lichtes eine wichtige Rolle spielen können.

Aus dieser namhaften Erweiterung des Absorptionsgesetzes (zuerst publicirt 1873, s. Bd. I p. 206) ging die farbenempfindliche Photographie hervor.

Den ersten Bericht darüber gab Verfasser in der Abhandlung „über die Empfindlichkeit des Bromsilbers für die sogenannten chemisch unwirksamen Farben“ (photogr. Mittheil. IX p. 236, Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 1873 p. 1305, s. a. Bd. I p. 204). Schultz-Sellack, der sich nie an Sensibilisation gewöhnen konnte, nahm sofort dem Autor gegenüber Stellung (Berichte der chem. Gesellsch. 1874 p. 386). Er schrieb:*) „No. 17 der Berichte der d. chem. G. 1873 enthält S. 1302 einen Aufsatz von Hrn. Vogel „über die Lichtempfindlichkeit des Bromsilbers für die sogenannten chemisch unwirksamen Farben,“ in welchem meine früheren Arbeiten citirt sind in solcher Weise, als ob dieselben durch die mitgetheilten Versuche von Hrn. Vogel widerlegt wären. Ich bedaure, dass Hr. Vogel keine Angabe darüber macht, ob das von ihm benutzte Spectrum wirklich rein gewesen, und ob in den Fällen, wo Empfindlichkeit constatirt ist für „Gelb“ und „Roth“, die betreffenden Frauenhofer'schen Linien deutlich photographirt wurden.

1. Hr. Vogel giebt an, dass eine empfindliche feuchte Bromsilber-Collodionschicht für Grün des Spectrums empfindlich ist, entgegen meiner Angabe, dass die Empfindlichkeit vom Violett aus sich noch nicht bis F erstreckt. Ich habe gezeigt (Pogg. Ann. Bd. 143, S. 161), dass eine sehr geringe Menge Jod, oder der Gebrauch eines gewöhnlichen Silberbades (welches etwas Jodsilber gelöst enthält) hinreicht, um das Bromsilber auch für Grün empfindlich zu machen; es ist mir daher wahrscheinlich, dass sich Hr. Vogel auf diese Weise getäuscht hat.

2. Hr. Vogel giebt an, dass trocknes Bromsilber empfindlich auch für Gelb ist. Ich habe bei früheren Versuchen mit trockenen empfindlichen Platten ein verschiedenes Verhalten nicht beobachtet, mit empfindlichen Platten von Bromjodsilber immer nur eine Empfindlichkeit bis wenig über die Frauenhofer'sche Linie E hinaus constatiren können. Ganz ebenso J. W. Draper bei seinen früheren Versuchen nach dem Verfahren von Daguerre.

3. Hr. Vogel giebt an, dass eine empfindliche Bromsilberplatte, welche Corallin enthält, photographisch empfindlich für Gelb und Roth ist. Dadurch glaubt Hr. Vogel meinen Satz widerlegt zu haben: „Die Silberhaloïd-

*) Wir sehen uns neueren Versuchen gegenüber, dem Verfasser dieses sein Erfinderehre zu schmälern, genöthigt, auf die betreffende Abhandlung zurückzugreifen.

salze (und wahrscheinlich alle lichtempfindlichen Stoffe) sind lichtempfindlich nur für die Farben, welche sie absorbiren.*)

Es ist wenigstens auffallend, dass Hr. Vogel zur Anwendung des Corallins, wie er selbst andeutet, dadurch bewogen wurde, dass er diesen meinen Satz annahm, Corallin absorbirt Gelb und Roth.**)

Wenn nun Hr. Vogel findet, dass Bromsilberplatten, welche Corallin enthalten, gerade von den Farben afficirt werden, welche das Corallin absorbirt, so glaube ich daraus schliessen zu müssen, dass Corallin lichtempfindlich ist und, vom Lichte afficirt, auf Bromsilber zurückwirkt.

Es ist bekannt, dass die meisten Anilinfarben im Sonnenlicht verbleichen, also lichtempfindlich sind. J. Herschel hat schon vor 30 Jahren gezeigt, dass Pflanzenfarben durch die Farben des Spectrums gebleicht werden, welche sie absorbiren, und bekanntlich hat Herschel auch schon ultraroth Fraunhofer'sche Linien auf diese Weise „photographirt.“

Dass Hr. Vogel annimmt, Bromsilber werde lichtempfindlich für Gelb und Roth**) durch die „sensibilisirende“ Gegenwart von Corallin, ist mir wissenschaftlich völlig unverständlich. Die sogenannten photographischen „Sensibilisatoren“, Stoffe wie Albumin, Gummi, Tannin, Pflanzenextracte etc., haben, wie ich früher gezeigt habe (Pogg. Ann. Bd. 143, S. 171), eigenthümliche capillare Eigenschaften, welche ihre Wirkung erklären, die Hr. Vogel früher ausschliesslich in ihrer Eigenschaft begründet glaubte, Jod zu absorbiren.

Die neuen und sehr interessanten Thatsachen (sic. V.), welche Hr. Vogel beschreibt, widerlegen also keine von mir beschriebene positive Thatsachen oder Theorien; im Gegentheil bestätigen sie die letzteren. Ich möchte übrigens daran erinnern, dass auch H. Draper (Phil. Mag. Decbr. 1873) angiebt, das ganze sichtbare Spectrum und sogar das Ultraroth nach einem nicht bekannt gemachten Verfahren photographirt zu haben.

Universität Cordoba (Südamerika), am 25. Januar 1874.

Verfasser (H. W. Vogel) erliess darauf p. 550 folgende Antwort:

Die vorige Nummer der Berichte der d. ch. G. enthält S. 386 eine Kritik meines Artikels Jahrgang 1873, S. 1302 d. Ber. von Hrn. Schultz-Sellack, die „Berichtigung“ betitelt ist. Ich muss bekennen, dass ich darin absolut nichts Berichtendes, wohl aber manches Unrichtige finde.

1. Hr. Dr. Schultz-Sellack hat keineswegs zur Prüfung meiner Angaben neue Experimente gemacht, sondern glaubt dieselben dadurch widerlegen zu können, dass er seine alten, mir längst bekannten Resultate noch einmal aufführt. Damit widerlegt er garnichts, so lange er nicht Argumente vorbringt, welche seinen Angaben eine grössere Glaubwürdigkeit sichern, als den meinigen.

2. Hr. Dr. Schultz-Sellack sucht nun in der That die Glaubwürdigkeit meiner Angaben zu erschüttern, indem er den Verdacht ausspricht, dass ich unreine (jodsilberhaltige) Silberbäder und unreine Spectren angewendet hätte.

3. Hr. Dr. Schultz-Sellack stellt dann einen seiner Sätze, den ich wohl angeführt, aber nicht angegriffen habe,***) als von mir angegriffen hin

*) Diesen Satz hat Sch-S. in dieser Form und mit diesem Inhalte vorher niemals ausgesprochen (s. u.).

**) Sollte heissen Gelb und Grün. V.

***) Der von mir angegriffene Schultz-Sellack'sche Satz lautet: „Die sogenannten Sensibilisatoren sind ohne allen Einfluss“. Dieser Satz steht nicht nur im Widerspruch mit den älteren Untersuchungen von Poitevin, Hunt,

(nämlich den Satz aus Jahrg. 1871, S. 212 der Ber. „die Silberhaloidsalze werden durch alle Strahlen chemisch verändert, welche sie in merklicher Stärke absorbiren“*) und zieht aus diesen falschen Voraussetzungen den Schluss: „die neuen Thatsachen, welche Hr. Vogel beschreibt, widerlegen also keine von mir beschriebenen positiven (sic) Thatsachen und Theorien; im Gegentheil bestätigen sie die Letzteren.“

Ich vermag aus dem Gesagten nur den Schluss zu ziehen, dass Hr. Dr. Schultz-Sellack meine Arbeit nicht ordentlich gelesen hat.

4. Hr. Dr. Schultz-Sellack findet die Annahme, Bromsilber werde lichtempfindlich**) für Gelb und Roth durch „sensibilisirende“ Gegenwart von Corallin „wissenschaftlich völlig unverständlich“. Hier befindet er sich mit mir im Fall der Gegenseitigkeit. Ich finde seine Ansicht über Sensibilisatoren (s. o. p. 146 Absatz 3), ebenso wissenschaftlich unverständlich, zumal sie mit den Resultaten meiner älteren und neueren Versuche (photogr. Mittheil. Jahrg. IX, S. 133) ganz unvereinbar ist.

5. Hr. Dr. Schultz-Sellack führt dann Herschel und Draper an, die auch schon das ganze sichtbare Spectrum photographirt haben. Ich weiss sehr wohl, dass man mittelst besonderer in der modernen, praktischen Photographie nicht üblicher Verfahren eine chemische Wirkung des gelben und rothen Lichts schon vor Herschel beobachtet hat. Ich glaube aber der Erste gewesen zu sein, der in dem jetzt üblichen Collodion-Verfahren mit nasser Entwicklung eine photographische Wirkung des gelben und rothen Lichtes auf Bromsilber constatirt hat. Hr. Dr. Schultz-Sellack giebt das indirect ja selbst zu, indem er diese meine Resultate anzweifelt. Draper kommt hier wohl nicht in Betracht, da sein Verfahren, gelbes und rothes Licht zu photographiren, wie Hr. Dr. Schultz-Sellack selbst sagt, noch unbekannt ist.

Der Schwerpunkt meiner Beobachtungen liegt jedoch, wie ich glaube, in dem Factum, dass man im Stande ist, die Lichtempfindlichkeit des Bromsilbers (und Chlorsilbers) für beliebige Spectralfarben zu steigern durch Zusatz von passenden Absorptionsmitteln.

Auf Dr. Schultz-Sellack's Erklärung dieser von ihm nicht angezweifelte Thatsache gehe ich weiter nicht ein. Die Untersuchungen über den Gegenstand müssen erst viel weiter geführt werden, ehe ich mich auf neue Theorien einlasse.

Hinsichtlich der in Frage gestellten Reinheit meines Spectrums weise ich darauf hin, dass Spaltweite und Dispersion in meinem Artikel angegeben sind. Nach diesen Daten kann Hr. Dr. Schultz-Sellack sich leicht durch einen Versuch von dem Zustande meines Spectrums unterrichten.***)

Schnauss, Reissig und mir, sondern auch mit den Resultaten meiner neueren Beobachtungen, die ich noch publiciren werde.

*) In seiner Berichtigung führt Hr. Dr. Schultz-Sellack diesen Satz in sehr erheblich veränderter Form auf.

**) In dieser Weise habe ich mich nicht ausgedrückt. Bromsilber ist an sich schon empfindlich für Gelb und Roth. Ich sprach daher a. a. O. S. 1304, Z. 18 v. u. von einer Steigerung der Empfindlichkeit für Gelb durch Corallin.

***) Autor legte in der Sitzung vom 13. April 1874 der d. ch. Ges. verschiedene von ihm photographirte Bromsilberspectren mit deutlichen Linien von H bis a vor.

Schliesslich kann ich die Bemerkung nicht unterdrücken, dass es von Hrn. Dr. Schultz-Sellack nicht sehr rücksichtsvoll ist, einen Experimentator, dessen Resultate seinen Angaben widersprechen, gleich grober Versuchsfehler zeihen zu wollen, wie z. B.: ich hätte meine Bromsilberplatten in einem jodsilberhaltigen Silberbade präparirt. Es ist das ungefähr ebenso, als wolle man einem erfahrenen Analytiker, der in einem Mineral Kalk sucht, zutrauen, er benutze Brunnenwasser zur Analyse.

Ich brauche dem gegenüber nur darauf aufmerksam zu machen, dass ich die Wirkung jodsilberhaltiger Bäder auf Bromsilbercollodionschichten sieben Jahre früher gekannt habe, als Hr. Dr. Schultz-Sellack. Ich publicirte meine Beobachtungen darüber bereits vor zehn Jahren.*)

Berlin, den 10. April 1874.

Auf diese Erwiderung schwieg Dr. Schultz-Sellack, der kurz darauf nach Europa zurückkehrte.

Es ist hier wohl am Platze den Weg zu kennzeichnen, wie Verfasser auf diese Entdeckung geführt wurde. Seit 1864 beschäftigt er sich auf das Eingehendste mit dem Studium der Sensibilisatoren,**) d. h. der den Silbersalzen beigemengten, die Lichtwirkung beschleunigenden Stoffe (s. fotogr. Mittheil. Jahrg. II 1865, p. 19 ff.). Er hat diesen Gegenstand nie aus den Augen verloren und blieb seiner Anschauung von der Sensibilisation treu, selbst als Schultz-Sellack 1870 erklärte, die sogenannten Sensibilisatoren sind ohne allen Einfluss (photogr. Mittheil., VII. Jahrg., p. 301).

Verfasser machte über diesen Satz Sch.-S., der bei ihm Assistent war, persönlich Gegenvorstellungen, jedoch fruchtlos. Das Experiment nöthigte letzteren zwar anzuerkennen, dass eine mit einem Sensibilisator, wie Höllensteinlösung, bedeckte Jodsilberplatte an 20 mal empfindlicher sei als eine gewaschene nitratfreie. Dagegen bemängelte er einen Versuch des Verfassers, der evident zeigte, dass auch gelbes Blutlaugensalz die gewaschene Jodsilberplatte merklich empfindlicher mache. Er schrieb später dieses Resultat Versuchsfehlern zu, die er gern Anderen zuschob, die andere Resultate erhielten als er (s. u.). Späterhin erklärte er die Wirkung der beschleunigenden Ueberzüge bei Trockenplatten (Tannin etc.) dahin, dass dieselbe bestimmt wären, die Poren offen zu halten und dadurch das Eindringen des Entwicklers zu erleichtern (s. o. p. 146).

Der Verfasser verfocht seine entgegenstehende Meinung unerschütterlich. Von Wichtigkeit ist hier die 1872 (photogr. Mittheil. Jahrg. IX, p. 112 ff.) publicirte Untersuchung, die der Vorläufer zu der Entdeckung der farbenempfindlichen Photographie wurde.

Seit Jahren ist denn auch in den hervorragenden in- und ausländischen Werken und Schriften über Photographie der Verfasser dieses als der Erfinder der farbenempfindlichen Photographie anerkannt worden.***) Da erschien Ende 1890 ein Buch über Mikrophotographie von einem Mediciner Dr. Neuhauss, in dem die Erfindung der farbenempfindlichen Verfahren auf Schultz-Sellack zurückgeführt wird.

*) Siehe fotogr. Mittheil. Jahrg. I, No. 3 S. 37.

**) Siehe Bd. I p. 193, 1863.

***) Wir citiren hier nur: Eder über Photographie des Spectrums, Bericht der Wiener Academie der Wiss. II, Juli-Heft 1886, S. 380: „Durch die epochemachende Entdeckung der Wirkung der Farbstoffe als Sensibilisatoren für die weniger brechbaren Strahlen durch H. W. Vogel etc.; ferner Bothamley,

Wörtlich sagt darin Herr Dr. med. Neuhauss S. 176: „Diesen Uebelständen half man ab durch Platten, welche für Roth und Gelb empfindlich sind. Dergleichen Versuche reichen in frühe Zeit zurück — sie wurden angebahnt durch den leider früh verstorbenen Schultz-Sellack. Albert in München, Vogel und Zettnow in Berlin, und eine Reihe anderer Forscher befassten sich eingehend mit der Sache und brachten dieselbe auf eine hohe Stufe der Vollkommenheit.“

Die fotogr. Mittheil. XXVII 1891 hatten sich bereits im Octoberheft No. II, p. 201, kurz darüber verbreitet, in wie weit diese Behauptung richtig ist oder nicht. Inzwischen spann sich die Sache in der „Photographischen Correspondenz“ zu einer längeren Controverse aus. Im Laufe derselben hat nun Herr Dr. med. Neuhauss seine erste Behauptung sehr erheblich modificirt. Während in jener hinter Schultz-Sellack erst Albert (der nie eine Zeile publicirt hat*) und dann erst Dr. Vogel (der schon 1873 das Princip der farbenempfindlichen Photographie veröffentlichte), genannt wird, sagt Dr. med. Neuhauss nunmehr („Phot. Corresp.“, Decemberheft 1890): „Von Schultz-Sellack's Entdeckung bis zur Herstellung (farben)empfindlicher Platten war nur ein einziger Schritt. H. W. Vogel hat das Verdienst, diesen Schritt gethan zu haben. Derselbe wurde ihm durch einen glücklichen Zufall erleichtert etc. etc.“**) Verfasser schrieb darauf: Ich würde nun auf diese vorsätzliche Absicht, meine Arbeit möglichst zu verkleinern, nicht weiter eingehen, wenn nicht ein norddeutsches Fachblatt sich auf denselben Standpunkt gestellt hätte. Dieses berechtigt mich, auch meine Meinung nicht zurückzuhalten, um so mehr, als ein maassgebender Gelehrter, der als Historiker den ersten Rang unter allen Photochemikern einnimmt, nämlich Prof. Dr. Eder in Wien, dem

journal of the Soc. for chim. Industry 1887: In 1873 Dr. Hermann W. Vogel discovered that, if certain dyes, such as corallin or anilin green are added to a sensitive dry collodion film, the film becomes sensitive to yellow greenish yellow etc. etc.; ferner *Traité encyclopédique de photographie* par J. Fabre (das grösste französische Werk über Ph.); Tome II, p. 315: Le Dr. H. Vogel est le premier, qui ait essayé de donner une forme précis aux resultant antérieurement acquis. Ses experiences l'amerèrent aux conclusion suivantes: on peut rendre une plaque photographique sensible pour une region quelquonque du spectre, il suffit du melanger au bromure et l'iodure une substance capable de se combiner au brome et — en même temps d'absorber cet radiations. (Poggend. Ann. C.-L. 1873, p. 453); ferner *The Chemistry of photography* by Meldola, London 1889: The object of orthochromic photography is to bring visual intensity and photographic intensity into harmony. The first step in this much desired direction was made in 1873 by Professor H. W. Vogel of Berlin etc. etc.; endlich Ives, Philadelphia, im „British-Journal of Phot.“ 1891, p. 104: In 1873 Dr. H. W. Vogel discovered that bromide of Silver can be made sensitive to the less refrangible spectrum rays by treatment with certain dyes etc.

*) Albert's Arbeiten kennt man nur aus seinen mündlichen Mittheilungen. In wie weit er berechtigt ist, vor Dr. Vogel genannt zu werden, geht am schlagendsten aus einem Privatbrief desselben an Dr. Vogel (Kissingen, den 20. Juni 1877) hervor. Er schreibt hierin: „Ich arbeite theils nach Ihren Vorschriften, theils nach L. Ducos de Hauron.“

**) Hier kommt also Dr. Vogel gleich hinter Schultz; Albert ist fallen gelassen!

wir neben vielen anderen historischen Daten den Nachweis der Thatsache verdanken, dass der erste Erfinder der Photographie ein Deutscher ist (J. H. Schultze, 1727), in der Angelegenheit das Wort ergriffen hätte.“

„Dr. med. Neuhaus hat das Sprüchwort ausser Acht gelassen, dass Kinder in der Wahl ihrer Eltern vorsichtig sein müssen. Solche Vorsicht ist auch am Platze, wenn man für eine Erfindung einen anderen Vater sucht, wie hier. Man muss dann hübsch die betreffenden Originalarbeiten durchlesen; das hat Herr Dr. Neuhaus entweder gar nicht oder zu spät gethan. Er hat sich wohl hier auf gute Freunde verlassen. Aus Schultz-Sellack's Abhandlungen könnte Dr. med. Neuhaus lernen, dass er (Sch.-S.) auch nicht eine Silbe über farbenempfindliche Photographie publicirt hat, ja dass er meine erste Mittheilung darüber erst angezweifelt und auf Versuchsfehler zurückgeführt hat, um gleich darauf meine Resultate „neu und interessant“ zu finden (s. o., s. p. 146).

Damit ist eigentlich die Prioritätsfrage durch Schultz-Sellack selbst zu Gunsten Vogel's entschieden. Aber Sch.-S.'s Schildträger geht weiter wie dieser selbst. „Von Schultz-Sellack's Entdeckung bis zur Entdeckung der farbenempfindlichen Verfahren war nur ein einziger Schritt“, sagt Herr Dr. med. Neuhaus und übersieht dabei leider nur, das Schultz-Sellack's angebliche Entdeckung (Zusammenhang zwischen chemischer Wirkung und Absorption) schon 30 Jahre früher durch J. Draper gemacht worden ist (s. o.).

Noch vielmehr übersieht er aber, dass Schultz-Sellack die Wirkung der Sensibilisatoren, auf welcher die farbenempfindliche Photographie beruht, stets als sehr geringschätzig hingestellt hat (s. o.). Die Bemerkung von dem einen „einzigen Schritt“ ist nur eine auf Herabsetzung berechnete Phrase. Mit dem gleichen Recht könnte man anderen, noch bedeutenderen Erfindern ihre Erfinderehre streitig machen. So könnte man sagen z. B.: Von der Beobachtung der Ablenkung der Magnetnadel durch den electricischen Strom (Oerstedt) bis zur Entdeckung der electricischen Nadeltelegraphen (Ganss u. Weber) war nur ein einziger Schritt. Von der Entdeckung der Magnetinduction (Faraday) bis zur Entdeckung des Dynamoprincips (Siemens), welches die moderne Electrotechnik beherrscht, war ein einziger Schritt. Von der Erkennung des Zusammenhanges zwischen Emission und Absorption bei Wärmestrahlen bis zur Entdeckung desselben Zusammenhanges bei Lichtstrahlen (das Kirchhoff'sche Fundamentalgesetz der Spectralanalyse) war nur ein einziger Schritt. Von der stehenden Dampfmaschine (Watt) bis zur Locomotive war nur ein einziger Schritt und so fort ad infinitum.

Auch die Redensart von dem glücklichen Zufall, der dem Dr. Vogel bei seiner Erfindung zu Statten kam, ist kein Argument. Der glückliche Zufall thut es nicht, sondern der Mann, der es versteht, ihn richtig zu deuten und richtig zu benutzen. Auch Daguerre's Entdeckung der Entwicklung verdankt er einem glücklichen Zufall.

Genügt zum Erfinden nach dem Recept des praktischen Arztes und Geburtshelfers Neuhaus ein einziger Schritt und ein glücklicher Zufall, so muss man sich nur wundern, dass der Herr Doctor bis jetzt noch selbst keine einzige namhafte Entdeckung gemacht hat.

Hören wir Director Prof. Dr. Eder („Photogr. Corresp.“, Febr. 91, pag. 75):

„Ein Artikel des Herrn Dr. Neuhaus („Photogr. Corresp. 1890, December-Heft) veranlasst mich, auf die Geschichte der farbenempfindlichen Verfahren

einzugehen. Dr. Neuhaus schreibt in diesem Artikel, sowie in seinem Lehrbuche der Mikrophotographie dem leider zu früh verstorbenen Schultz-Sellack das Verdienst zu, die orthochromatische Photographie angebahnt zu haben und folgert dies aus dem Satze: „Die Haloidverbindungen werden durch alle Strahlen chemisch verändert, welche sie in merklicher Stärke absorbiren“, sowie ähnliche Aeusserungen des genannten Forschers.

„Ich habe — trotz aller Achtung vor den bedeutenden wissenschaftlichen Arbeiten Schultz-Sellack's, welche mir bekannt waren — die Priorität der Entdeckung der orthochromatischen Photographie stets Prof. H. W. Vogel zuerkannt und fühle mich genöthigt, auch gegenwärtig diese Anschauung gegenüber den Ausführungen von Dr. Neuhaus zu vertreten.

„Ich entnehme nämlich aus allen Aeusserungen Schultz-Sellack's, dass er nur die Eigenabsorption der Silbersalze mit ihrer eigenen Farbenempfindlichkeit in Zusammenhang brachte; hierin ging er nicht wesentlich weiter, als Draper schon vor ihm gegangen war, indem Schultz-Sellack die Giltigkeit des Draper'schen Absorptionsgesetzes für Silbersalze bewies. Auch entdeckte er keine farbenempfindlicheren Verfahren als alle seine Vorgänger und brachte die orthochromatische Photographie um keinen Schritt weiter.

„Da aus den Versuchen Schultz-Sellack's hervorging, dass die Silbersalze nur insoweit für die Spectrumfarben empfindlich sind, als sie selbst dieselben absorbiren, so musste man damals folgerichtig annehmen, dass es eine ganz hoffnungslose Bemühung sei, die Farbenempfindlichkeit der Silbersalze weiter zu treiben, als ihrer Eigenabsorption entspricht.

„Hätte das von Schultz-Sellack ausgesprochene Gesetz vollkommene Giltigkeit, so wäre die Sensibilisirung des Bromsilbers für andere Farben durch Beimengung fremder Substanzen eine Unmöglichkeit, da in diesem Falle alle lichtempfindlichen Substanzen nur für sich selbst, entsprechend ihrer Eigenabsorption, verändert würden; in der That könnte nach dem Schultz-Sellack'schen Theorem noch heute Niemand eine orthochromatische Platte fabriciren.

„Das bleibende Verdienst H. W. Vogel's ist es aber, dass er nachwies, dass die dem Bromsilber beigemengten Farbstoffe nicht nur eine eigene Selbstzersetzung erleiden, sondern dass sie eine correspondirende Zersetzung in einem anderen Körper, nämlich dem mit ihm gefärbten Bromsilber, bewirken können.

„Diese Entdeckung ist der Grundpfeiler der ganzen orthochromatischen Photographie; nicht das von Schultz-Sellack bestätigte Draper'sche Gesetz, in welchem nichts Derartiges ausgesprochen ist.

„Dadurch, dass H. W. Vogel fand, „dass in der Lichtempfindlichkeit photographischer Platten nicht nur die Absorptionsfähigkeit der empfindlichen Silbersalze selbst, sondern auch die optische Absorptionsfähigkeit beigemengter Substanzen eine Rolle spielt“, wurde die moderne orthochromatische Photographie entdeckt; deshalb, weil H. W. Vogel seinerzeit der Arbeiten Schultz-Sellack's Erwähnung that (s. S. 595 der Photogr. Corresp. 1890), wird nicht der Priorität seiner Entdeckung Abbruch gethan, sondern blos die Gewissenhaftigkeit, womit er der Forschungsergebnisse Schultz-Sellack's*) gedachte, dargethan.

„Unbestreitbare Thatsache ist aber, dass auch späterhin mit dem Schultz-Sellack'schen Princip der Identität zwischen Absorption und Empfindlichkeit

*) Im Original steht irrthümlich Zettnow.

der Silbersalze kein orthochromatischer Process eingeführt wurde, während die ganze moderne, orthochromatische Photographie auf den von H. W. Vogel gefundenen Thatsachen aufgebaut ist, dass die beigemengten Substanzen (Farbstoffe) die eigentliche Ursache der gesteigerten Farbenempfindlichkeit der Silberhaloidverbindungen sind. — Ich kann demnach nicht zustimmen, dass H. W. Vogel's Verdienste auf Kosten der Arbeiten Schultz-Sellack's geschmälert werden.

„Wenn Dr. Neuhauss auf S. 176 seines Buches sagt: „Albert in München, Vogel und Zettnow in Berlin und eine Reihe anderer Forscher . . . brachten dieselbe (d. i. orthochromatische Photographie) auf eine hohe Stufe der Vollkommenheit“, so bemerke ich hierzu, dass diese Fassung des Textes unrichtige Vorstellungen erweckt, weil die chronologische Reihenfolge willkürlich umgestossen ist. Zuerst von den Genannten ezielte nämlich H. W. Vogel gute orthochromatische Resultate, und dann erst Albert.

„Was meine eigene Thätigkeit bei der Ausbildung des orthochromatischen Verfahrens anbelangt, so ist sie nicht, wie Herr Dr. Neuhauss (S. 177 seines Buches) schreibt, darauf beschränkt, dass „zur Färbung der Platten durch Eder einige hundert Farbstoffe in ihrer Wirksamkeit geprüft wurden“, sondern ich habe auch einige praktisch verwendbare Farbensensibilisatoren entdeckt, ihre Anwendung genau beschrieben und in die Praxis eingeführt, und zwar gerade Erythrosin, von welchem Dr. Neuhauss selbst erwähnt, es habe für sein Specialgebiet, die Mikrophotographie, „die höchste Bedeutung.“

„Ich kann somit — selbst wenn ich von dem letzteren absehe — der von Herrn Dr. Neuhaus gegebenen Schilderung der Entwicklung der orthochromatischen Photographie nicht beipflichten.“

So weit Professor Eder.

Man kann ein sehr guter Mediciner sein, selbst mit bestem Erfolg einige Platten im Landschafts- oder Mikroapparat erzielt haben, wie Tausende von Amateuren, ohne deshalb von Photochemie und vollends gar von der Geschichte derselben das Mindeste zu verstehen. Dr. med. Neuhaus' Aeusserung über die geschichtlich-photochemischen Thatsachen sind genau so viel werth, als etwaige Aeusserungen eines Photographen über die Geschichte der Medicin.

Abney stellte noch im Jahre 1876 die Behauptung auf, dass die Körper lichtempfindlich seien für die Strahlen, welche sie durchlassen. Danach sollte also ein rother Körper für rothes Licht am besten empfindlich sein, ein violetter Körper für violettes Licht. So setzte auch Scotellari seinem Collodium Methylviolett zu, um es für violettes Licht empfindlicher zu machen. Aus dem Vorhergehenden ist ersichtlich, dass er dadurch sein Collodion keineswegs violetttempfindlich machte. Solches hätte nur geschehen können mit Hülfe eines gelbgrün gefärbten Körpers, welcher die Eigenschaft hat, die violetten Strahlen nicht durchzulassen, sondern zu absorbiren, z. B. Aldehydgrün. Der Zusatz von Methylviolett wirkte aber nicht nur nicht nützlich, sondern schädlich, indem er Zersetzungen des photographischen „Silberbades“ veranlasste.

Noch ärgere Schnitzer beging neuerdings Bierstadt-Newyork, indem er zu Aufnahmen mit Eosinplatten ein Strahlenfilter empfahl,

welches ebenfalls Eosin enthielt, also gerade diejenigen Strahlen theilweise verschluckte, welche auf die Eosinplatte wirken sollten.*)

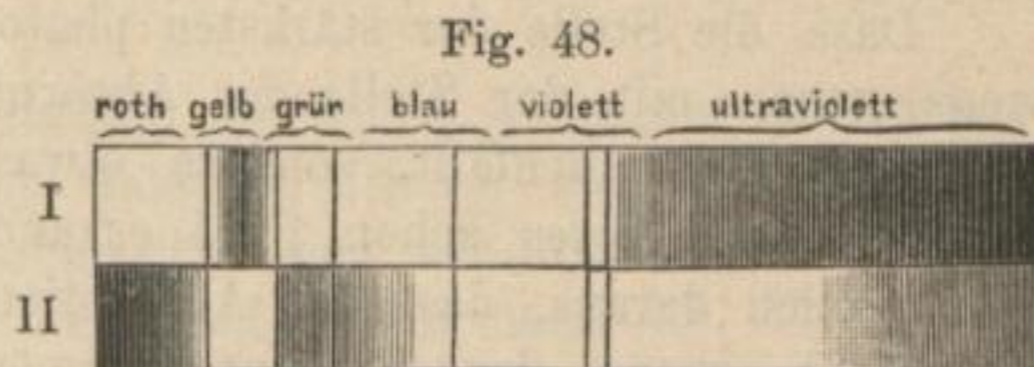
Ueber sonstige Einwände, die die Entdeckung der optischen Sensibilisatoren gefunden hat, wollen wir uns hier nicht weiter verbreiten. Das Unglaublichste hierin leistete Carey Lea, der das Sonnenspectrum, mit dem H. W. Vogel arbeitete, durch ein System ähnlich aussehender farbiger Glasstreifen ersetzte und dann zu ganz anderen Resultaten gelangte wie H. W. V. Dass das durch farbige Scheiben gegangene Licht in keiner Weise mit Spectrallicht verglichen werden kann, geht schon daraus hervor, dass blaue Scheiben neben Blau auch Grün und sogar Roth durchlassen, gelbe Scheiben neben Gelb auch Roth und Grün etc. Lea's Einwendungen auf Grund von Versuchen ohne Spectrum gegen Vogel's Spectralversuche sind daher vollkommen werthlos.

XVIII. Ueber die Eigenschaften der optischen Sensibilisatoren.

Oben wurde mitgetheilt, dass Chlorsilber-Collodium durch Zusatz von Naphtalinroth eine ganz bedeutende Empfindlichkeit für Gelb erlangt und Platten liefert, die für Gelb sogar erheblich empfindlicher sind als für Blau.

Ganz dieselbe Wirkung üben gewisse Farbstoffe nun auch auf Bromsilber, weniger deutlich auf Jodsilber. Bromsilber zeigt diese Erscheinungen um so schöner, als es bei der „Entwicklung“ nicht so leicht verschleiert wie Chlorsilber und in der That machte Verfasser seine Entdeckung der Wirkung der Farben auf die Empfindlichkeit von Silbersalzen mit Bromsilberplatten.

So stellt Fig. 48 das Sonnenspectrum mit den dunklen Sonnenlinien und dem „Absorptionsstreifen“ des Anilinrothes dar. Fig. II die positive photographische Aufnahme desselben, mittelst



*) S. „orthochromatischer Unsinn“. (Photogr. Mittheilungen XXVII p. 15.) Gleiche Irrthümer leistete Schultz-Hencke im Buchgewerbeblatt. Z. B.: „Dr. H. W. Vogel stellte 1873 das Princip auf, dass nur dasjenige Licht auf eine sensible Schicht photographisch wirke, welche dieselbe absorbirt.“ (Dieser Satz ist von Draper.) Dann schlägt er vor (Buchgewerbeblatt p. 38), dem Farbenfilter (s. u.) etwas von den optischen Sensibilisatoren zuzusetzen. Das ist identisch mit dem orthochromatischen Unsinn von Bierstadt.

anilinroth gefärbter trockener Bromsilbercollodiumplatte. Man erkennt die starke Empfindlichkeit für Ultraviolett, Violett und Blau; diese zeigt auch gewöhnliches Bromsilber; man sieht ferner, wie die Empfindlichkeit weiterhin abnimmt, um dann an der Stelle, wo der Absorptionsstreif in dem Spectrum I sichtbar ist, plötzlich wieder zuzunehmen. Ungefärbtes Bromsilber zeigt für diese Stelle des Spectrums nur eine äusserst schwache Empfindlichkeit.

Es muss jedoch bemerkt werden, dass die Wirkung mancher Farbstoffe oder besser gesagt Absorptionsmittel auf verschiedene Silbersalze verschieden ist. So veranlasst z. B. Naphtalinroth eine kräftige Gelbempfindlichkeit sowohl beim Bromsilber als auch beim Chlorsilber (s. o. Fig.). Ganz anders verhält sich aber Fuchsin. Es giebt dem Bromsilber eine starke Empfindlichkeit für Gelb, dem Chlorsilber dagegen eine nur schwache. Dagegen erhöht es sehr erheblich die Empfindlichkeit des Chlorsilbers für Violett. Andererseits beobachtete Verfasser, dass gewisse Farbstoffe, die Absorptionsstreifen geben, weder dem Bromsilber noch dem Chlorsilber eine erhebliche Empfindlichkeit für das absorbirte Licht zu ertheilen im Stande sind. Dahin gehört Anilinblau, Indigo, Purpurin etc.

Diese Umstände erklären sich z. Th. daraus, dass die absorbirenden Eigenschaften der Körper selbst in Berührung mit fremden Stoffen sich ändern. So giebt Blauholzfarbstoff in Wasser gelöst einen Absorptionsstreif in Grün, in Alkohol gelöst, nicht. Fuchsin, das in Wasser und Alkohol einen so kräftigen Absorptionsstreifen liefert, zeigt solchen nicht in damit gefärbtem Papier. Ueber die Bedeutung der Lichteinheit der Farbstoffe s. Bd. I p. 220.

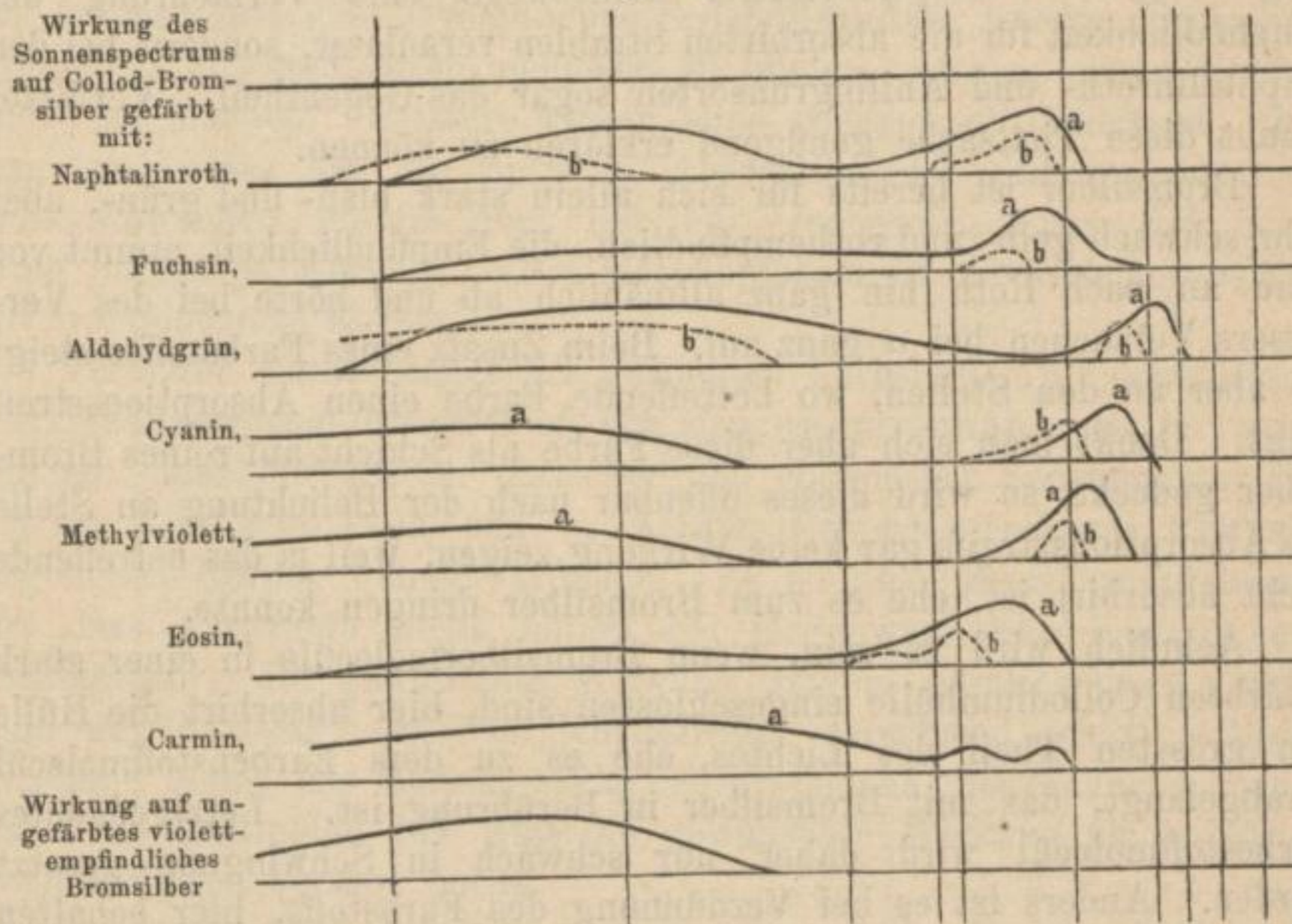
Dass die Stelle der stärksten photographischen Wirkung keineswegs genau mit der Stelle des Absorptionsstreifens des betreffenden Farbstoffs zusammenfällt, sondern etwas mehr nach Roth hin liegt, hat Verfasser dieses schon 1874 erkannt (s. Bd. I p. 210). Dieses erklärt sich daraus, dass der Absorptionsstreifen sich nach Roth hin verschiebt, wenn das Brechungsvermögen des Mediums zunimmt (Kundt's Gesetz).

In nachfolgender Figur stellen die senkrechten Linien die Fraunhofer'schen Linien des Sonnenspectrums dar. Die Curven drücken die photographische Wirkung auf verschieden gefärbtes Bromsilber aus. Die punktirten Linien stellen den Absorptionsstreifen, wie sie die verdünnten Lösungen gedachter Körper vor dem Spectroskop zeigen, dar. Man ersieht daraus, dass Naphtalinroth dem Bromsilber eine kräftige Gelbempfindlichkeit ertheilt, daneben bleibt eine merkliche Empfindlichkeit für Blau bemerkbar, die daher rührt, dass Bromsilber

eine gelbliche Farbe hat, also selbst die blauen Strahlen stark absorbiert.*)

Bei Anilinroth ist die Blauempfindlichkeit erheblich geringer,**) die Gelb- und Gelbrothemfindlichkeit sehr kräftig. Pikratgrün (Methylrosanilinpikrat) und Aldehydgrün geben Empfindlichkeit für Gelbroth und Blau. Interessant ist die Wirkung des Cyanins, man erhält damit Platten, die empfindlicher für Gelb und Orange sind,

Fig. 49.



als für Blau. Eosin liefert Platten, die neben schwacher Blauwirkung eine sehr starke Gelb- und Gelbgrünwirkung zeigen. Diese hat Waterhouse zuerst beobachtet,***) der des Verfassers Versuche wiederholte und erweiterte. Er beobachtete auch die Wirkung des Carmins (s. Fig. 49).

*) Corallin mit einer Spur Alkali im Ueberschuss wirkte ähnlich Naphtalinroth, die verschiedenen Sorten Corallin des Handels verhalten sich aber sehr ungleich.

***) Auffallend ist es, dass Anilinroth und noch viel mehr Eosin das Bromsilber für blaue Strahlen durchsichtiger und dadurch weniger empfindlich machen.

***) Auch gewöhnliches Portraitcollodium wird durch Eosin gelbempfindlich, jedoch ist die Empfindlichkeit desselben für Blau viel stärker. Naphtalinroth wirkt, wenigstens in der Verdünnung, wie sie Verfasser beim Bromsilber anwendete, auf Portraitcollodium unter Höllensteinlösung nur schwach.

Merkwürdig ist, dass bei sämtlichen mit Anilinroth gefertigten Platten das Gelb trotz der starken Wirkung von keinem Lichthof umgeben ist, wohl aber das viel schwächer wirkende Blau. Solcher Lichthof bildet sich oft einer Aureole gleich um stark wirkende Lichter auf photographischen Platten. Beim Naphtalinroth tritt er um das gelbe Feld so gut, wie um das blaue auf. Seine Ursache ist eine Art Irradiation.

Bemerkenswerth ist, dass eine Vermehrung der Quantität der beigemengten Absorptionsmittel keineswegs eine Vermehrung der Empfindlichkeit für die absorbirten Strahlen veranlasst, sondern bei den Naphtalinroth- und Anilingrünsorten sogar das Gegentheil. Verfasser glaubt diese Thatsache genügend erklären zu können.

Bromsilber ist bereits für sich allein stark blau- und grün-, aber sehr schwach gelb- und rothempfindlich, die Empfindlichkeit nimmt von Blau an nach Roth hin ganz allmählich ab und hörte bei des Verfassers Versuchen bei a ganz auf. Beim Zusatz eines Farbstoffes steigt sie aber an den Stellen, wo betreffende Farbe einen Absorptionsstreif zeigt. Denkt man sich aber diese Farbe als Schicht auf reines Bromsilber gedeckt, so wird dieses offenbar nach der Belichtung an Stelle des Absorptionsstreifs gar keine Wirkung zeigen, weil ja das betreffende Licht absorbirt ist, ehe es zum Bromsilber dringen konnte.

Aehnlich wird es sein, wenn Bromsilbermolecüle in einer stark gefärbten Collodiumhülle eingeschlossen sind, hier absorbirt die Hülle den grössten Theil des Lichtes, ehe es zu dem Farbstoffmolecül herabgelangt, das mit Bromsilber in Berührung ist. Letztgedachtes Farbstoffmolecül wird daher nur schwach in Schwingung gesetzt werden. Anders ist es bei Verdünnung des Farbstoffs, hier behalten die Lichtstrahlen nach Durchdringung der oberen Schicht noch Kraft genug, die unteren Molecüle des Farbstoffs in energische Schwingung zu versetzen und damit auch das benachbarte Bromsilber.*)

Eine andere merkwürdige Thatsache, die Verfasser beobachtete, ist die, dass die gedachten Absorptionsmittel auf Collodium-Bromsilber, welches mit Ueberschuss von Bromsalz präparirt ist, unwirksam sind. Wenn man aber die betreffenden Platten in eine sehr

*) Färbt man Collodium direct, so sind folgende Verhältnisse die besten: 0,15 Gramm des Rosanilins in 40 ccm Alkohol gelöst und damit Bromcollodium gefärbt, auf 240 ccm 7 Tropfen Rosanilinlösung, ferner 5 Tropfen gesättigte alkoholische Aldehydgrünlösung auf 20 ccm Bromcadmiumcollod mit $1\frac{1}{2}$ % CdBr, ferner 7 Tropfen ges. Naphtalinrothlösung auf 80 ccm Bromcollodium. Färbt man aber die fertige Trockenplatte, so übergiesse man dieselbe mit verdünnteren Lösungen, z. B. 1 Tropfen Naphtalinrothlösung auf 100 ccm Alkohol, resp. 3 Tropfen Aldehydgrünlösung auf 10 ccm Alkohol.

verdünnte Höllensteinlösung, oder in Tannin oder Morphinlösung gebadet hat, so tritt die Wirkung des Farbstoffs deutlich hervor. Dieses Experiment geht jedoch nur mit Collodiumplatten.

Naphtalinroth ist demnach für sich allein nicht im Stande, Collod-Bromsilber gelbempfindlich zu machen, es bedarf dazu noch der Gegenwart eines zweiten Körpers, welcher freies Jod und Brom kräftig bindet. Gleiches Verhalten zeigt Cyanin. Man ist demnach genöthigt, zwischen diesen Körpern, welche vermöge ihrer optischen Absorptionsfähigkeit das Bromsilber für gewisse Strahlen des Spectrums empfindlich machen und den gewöhnlichen Sensibilisatoren, welche durch ihre Fähigkeit, Jod und Brom chemisch zu binden, wirken, einen Unterschied zu machen. Letztere wirken ohne weiteres sensibilisirend, vorausgesetzt, dass sie die optische Absorption des Silberhaloidsalzes nicht schwächen; erstere aber nur bei Gegenwart eines Jod oder Brom bindenden Körpers. (Bei Gelatinplatten ist die Gelatine selbst der brombindende Körper.)

Verfasser nannte daher die gedachten Farbstoffe optische Sensibilisatoren zum Unterschied von den chemischen. Es ist wohl denkbar, dass ein Körper optischer und chemischer Sensibilisator zu gleicher Zeit sein kann und es werden sich bei genauerer Prüfung dergleichen Körper genug vorfinden. Es ist aber ebenso wohl denkbar, dass Farbstoffe nicht immer bei Gegenwart eines chemischen Sensibilisators die gewünschte Wirkung zeigen, nämlich dann nicht, wenn der Farbstoff auf den Sensibilisator zersetzend wirkt. Diese Umstände lassen das Factum erklärlich erscheinen, dass manche Farbstoffe wie Anilinblau bis jetzt die gewünschte Wirkung als optische Sensibilisatoren versagt haben.

Es muss noch bemerkt werden, dass auch gewisse farblose Sensibilisatoren eine merkliche Wirkung auf die Farbenempfindlichkeit ausüben. So erhöht die Gegenwart von salpetersaurer Silberlösung hauptsächlich die Empfindlichkeit für die stark brechbaren Strahlen (Blau, Indigo, Violett etc.), Salicin steigert aber in merklicher Weise die Empfindlichkeit für Roth (Lea), Abney beobachtete gleiches bei gewissen Harzen, Verfasser bei Morphin. Letzterer erhielt auf einer Morphinbromsilberplatte das ganze sichtbare Spectrum, H. C. Vogel und Abney mit Harzen sogar einen Theil des Ultraroth. Die Behauptung Abney's, dass Harze bei der photographischen Aufnahme der schwach brechbaren Strahlen des Sonnenspectrums günstiger wirken als Zusatz absorbirender Farbstoffe, ist jedoch ein starker Irrthum. Abney sagt, dass er zur Aufnahme von Gelb und Roth des Spectrums einer zehnmal so langen Expositionszeit bedurfte, als zur Aufnahme des Spectrumblau (photogr. News 1876, March 21).

Des Verfassers Naphtalinrothplatten erweisen sich dagegen für Gelb ebenso empfindlich als für Blau, und Platten mit Cyanin gefärbt (s. o.) zeigen sogar für Orange eine höhere Empfindlichkeit, als für Blau. Diese Angabe dürfte hinreichen zum Beweise, dass man bei Anwendung vom gedachten Farbstoffe mindestens zehnmal empfindlichere Platten erhält, als durch die von Abney empfohlene Anwendung von Harz.

XIX. Ueber die verschiedene Wirkung der Farbstoffe auf Collodium- und Gelatinplatten.

In den vorigen Capiteln hat Verfasser darauf hingewiesen, wie verschieden die Wirkung desselben Farbstoffes auf verschiedene photographische Bromsilberschichten ist.

So giebt z. B. Methylviolett in trocknen Bromsilbercollodiumplatten mit Sonnenspectrum probirt, eine ausgezeichnete Orangeempfindlichkeit, die der Blauempfindlichkeit nahe gleichkommt, während bei Gelatinbromsilberplatten die Orangeempfindlichkeit, die es bewirkt, höchstens $\frac{1}{50}$ der Blauempfindlichkeit ist, d. h. man muss 50 Secunden belichten, um dieselbe Intensität für Gelb zu erhalten wie für Blau (zwischen G und F Mitte) in einer Secunde. Noch viel ungünstigere Verhältnisse zeigen nasse Collodiumplatten. Ganz entgegengesetzt verhält sich Eosin. Dieser Farbstoff giebt in Lösungen 1 : 400, zu 2 ‰ einer Bromsilbergelatine beigemischt eine Gelbempfindlichkeit im Spectrum, die zuweilen nur $\frac{1}{3}$ der Blauempfindlichkeit ist, bei trockenem Bromsilbercollodium bewirkt er aber eine Empfindlichkeit für Gelb, mindestens gleich der Blauempfindlichkeit; bei nassen (d. h. feucht unter Silbernitratlösung exponirten) Bromsilbercollodiumplatten giebt er aber eine Empfindlichkeit für Gelb, welche die für Blau um das 8- bis 10fache übersteigt.

Den eigenthümlichen Grund dieser ganz ausserordentlich günstigen Wirkung des Eosins bei „nassen“ Collodiumschichten erkannte Verfasser bald.

Versetzt man Eosinlösung mit Silbernitratlösung, so bildet sich ein rother Niederschlag von Tetrabromfluoresceïnsilber; derselbe wird von verdünnter Essigsäure, die das Tetrabromfluoresceïnkalinium sofort zerstört, nicht verändert und erweist sich als merklich lichtempfindlich. Verfasser suchte den Niederschlag in Rohcollodium zu erzeugen, indem er ein mit 5 ‰ Eosinlösung versetztes Collodium auf eine Glasplatte trug und in eine Silberlösung tauchte. Die Platte zeigte feucht, dem Spectrum exponirt, eine sehr merkliche Wirkung im Gelbgrün, zwischen den Fraunhoferlinien D und E, die bei längerer Exposition sich, der Absorption des Eosins entsprechend, bis F erstreckte. Im

Blau und Violett des Spectrums zeigte sich dagegen nicht die Spur einer Wirkung. Somit bildete Eosinsilber einen lichtempfindlichen Stoff, der im Gegensatz zu den Silberhaloidsalzen seine höchste Empfindlichkeit im Grüngelb hat, entsprechend seiner optischen Absorptionsefähigkeit für die gedachten Strahlen.

Diese Wirkung des Eosinsilbers zeigt sich nun auch und zwar in noch effectvollerer Weise bei Bromsilberplatten, die man erhält, wenn man Bromcadmiumcollodium, das 5 % Eosinlösung enthält, auf eine Glasplatte trägt und in Silberauflösung taucht. Hier schlägt sich Bromsilber und Eosinsilber zu gleicher Zeit nieder; letzteres wirkt auf ersteres zugleich als optischer und chemischer Sensibilisator und in Folge dieser doppelt günstigen Wirkung, welche jedenfalls noch durch die Eigenlichtempfindlichkeit des Eosinsilbers gesteigert wird, tritt dann die Gelbwirkung auf Bromsilber in ausgezeichneter Weise hervor, so dass sie in der That die in Folge der Absorption des Bromsilbers für blaue Strahlen vorhandene Blauwirkung um das 8- bis 10fache übertrifft. Hierbei wirkt aber noch der eigenthümliche Umstand mit, dass die Empfindlichkeit des Bromsilbers für Blau durch die Gegenwart des Eosins merklich herabgedrückt wird, so dass eine Aufnahme des Spectrums mit Eosinbromsilber unter Silberlösung in 10 Secunden im Blau keine grössere Intensität zeigt, als eine Aufnahme mit reinem Bromsilber unter Silberlösung in 4 Secunden.

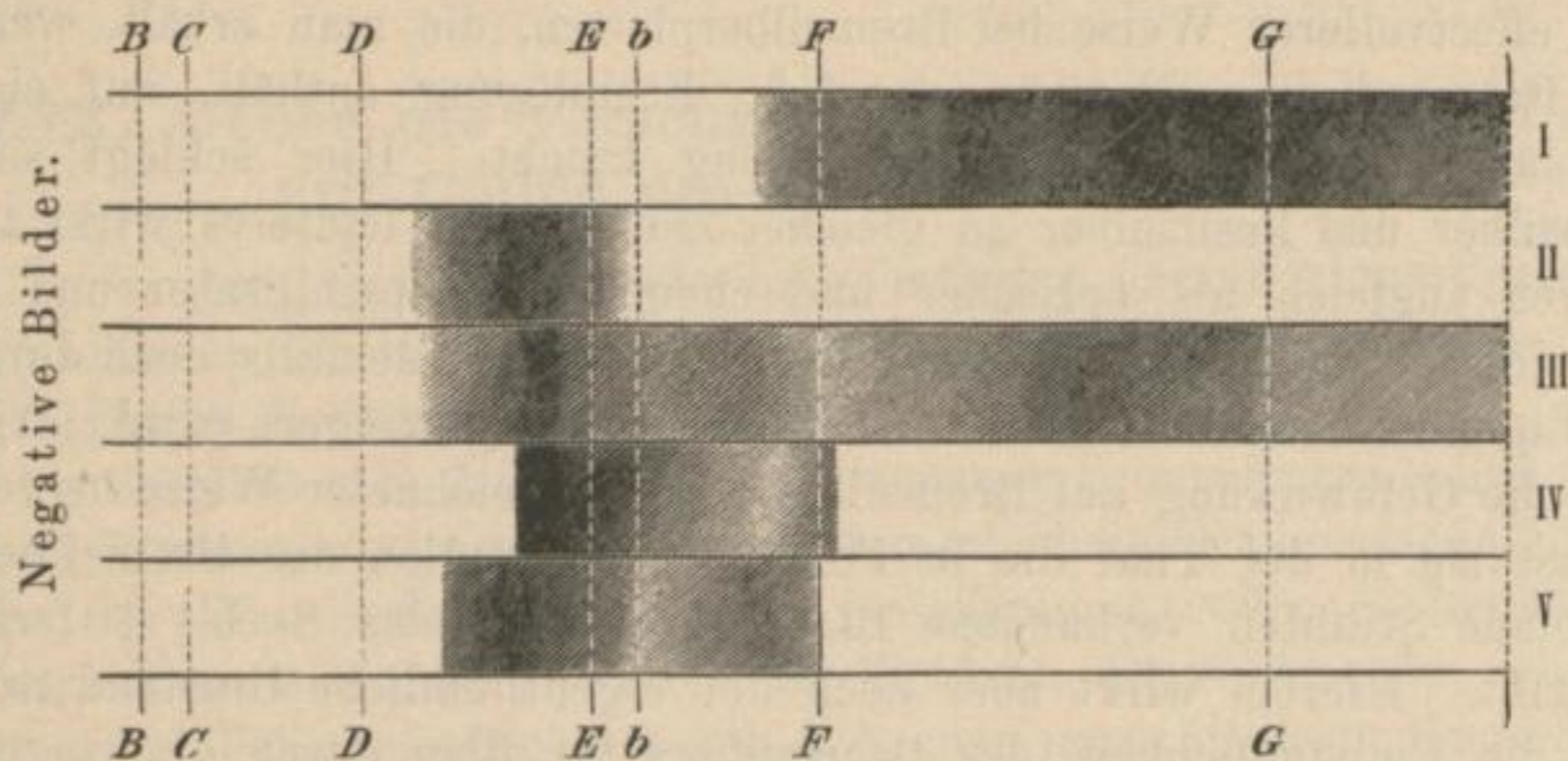
Bei Zumischung von Eosinlösung zu Bromsilber-Emulsionen, die von Silbernitrat gänzlich frei sind, kann sich kein Eosinsilber bilden und daher wirkt es hier nur als rein optischer Sensibilisator. Dass dessen Wirkung bei Collodiumbromsilber relativ günstiger erscheint, als beim Gelatinbromsilber, rührt nur daher, dass in letzterem eine ganz andere Modification des Bromsilbers gegenwärtig ist, als in ersterem. (Siehe Bd. I, p. 162.)

Mischungen von Jod- und Bromsilber zeigen diese starke Ueberlegenheit der Gelbempfindlichkeit im Vergleich zur Blauempfindlichkeit nicht. Dennoch sind auch solche Platten bei geringem Jodsilbergehalt und Gegenwart von Silberlösung für Gelb etwa 4 mal so stark empfindlich als für Blau.

Das Studium der spectralen Erscheinungen auf optischem und photographischem Wege zeigt in interessantester Weise den Zusammenhang zwischen Absorptionstreifen und photographischen Wirkungstreifen, auf dem das ganze vom Verfasser aufgestellte Princip beruht. Beistehende Figur stellt denselben übersichtlich dar. Streifen IV, Fig. 50, zeigt das Absorptionsspectrum des Eosins in alkoholischer Lösung, Streifen V das desselben Stoffes im festen Zustande, Streifen II die Wirkung des Sonnenspectrums auf eosingefärbtes Bromsilbercollodium unter Silberlösung exponirt,

III. die Wirkung des Spectrums auf eosingefärbtes Collod-Bromsilber bei einem geringen Gehalt an Jodsilber. Bei diesem tritt auch der zweite Absorptionsstreifen des Eosins zwischen *b* und *F* als Wirkungstreifen

Fig. 50.



I. Wirkung des Sonnenspectrums auf jodhaltiges Bromsilber unter Silbernitratlösung
 II. Wirkung des Sonnenspectrums auf reines Eosingefärbtes Bromsilber-Collod unter Silbernitrat bei kurzer Exposition; III. Wirkung des Sonnenspectrums auf jodhaltiges, Eosingefärbtes Bromsilber-Collod unter Silbernitrat bei kurzer Exposition; IV. Absorptionsspectrum der Eosinalkohollösung; V. Absorptionsspectrum des festen Eosins.

schwach hervor. I zeigt die photographische Wirkung des Spectrums auf ungefärbtes Bromsilber bei geringem Jodsilbergehalt. Man erkennt, dass dieselbe der Wirkung des blauen Theils in III entspricht.

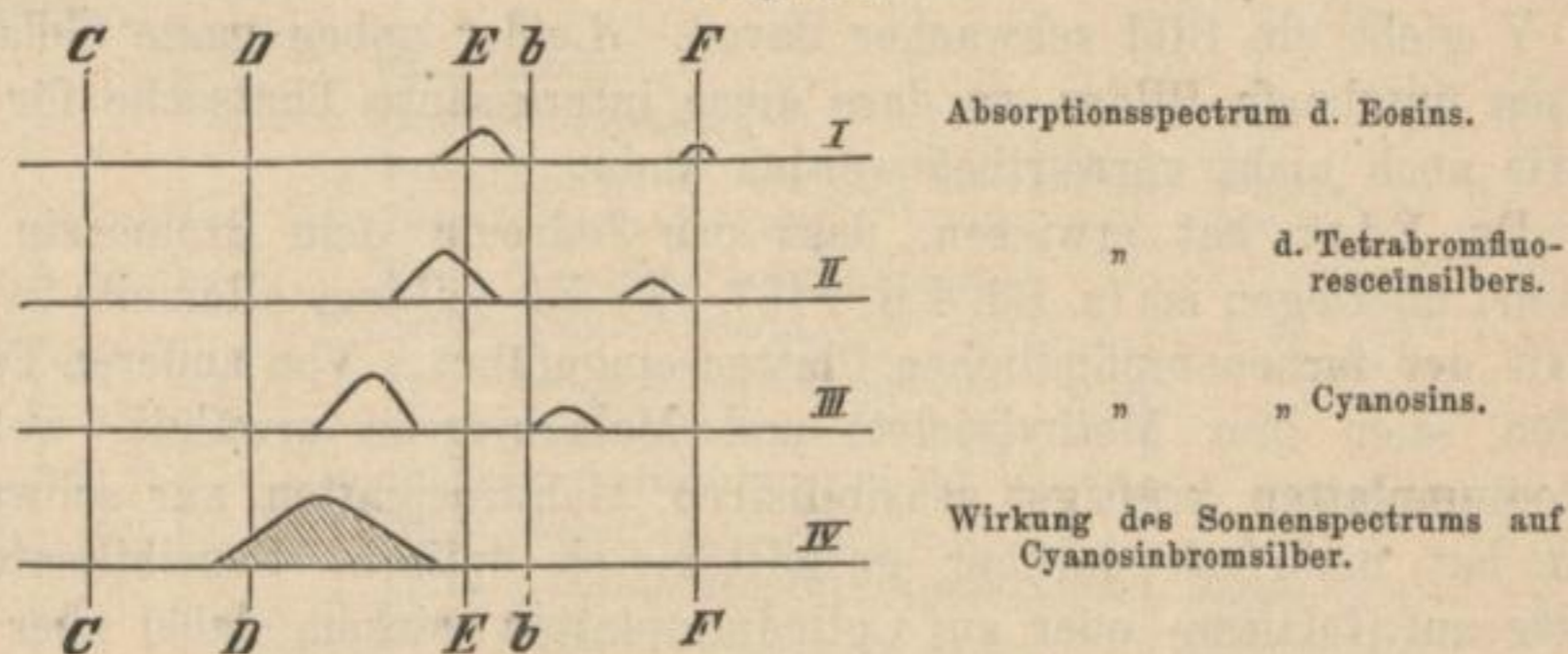
Wie man bemerkt, stimmen die photographischen Wirkungstreifen im Gelbgrün in der Lage nicht genau mit der des stärksten Absorptionsstreifens in III überein. Dieser Umstand ist bereits p. 154 erklärt aus der bekannten Einwirkung des Mediums auf die Lage der Absorptionsstreifen. Dieselben rücken oft um so weiter nach Roth hin, je stärker die Dispersion des Mediums ist (Kundt's Regel). In der That ist Collodium ein stärker dispergirendes Mittel als Alkohol. Dazu kommt aber, dass die Absorptionsstreifen des Tetrabromfluoresceinsilbers bereits gegen Tetrabromfluoresceinkalium eine kleine Verschiebung nach Roth hin zeigen.

Noch auffallender tritt diese in anderen Eosinderivaten, z. B. dem Aethyleosin, hervor (im Handel als Cyanosin bezeichnet), siehe Spectrum III, Fig. 51. Hier liegt der Hauptabsorptionsstreifen der alkoholischen Lösung in der Mitte zwischen *D* und *E*. Dem entsprechend liegt auch bei mit Cyanosin gefärbten Bromsilberplatten das Maximum der Wirkung im Gelbgrün weiter nach Roth hin (vergleiche

Fig. 51, Streifen II und Curve IV).*) Es ist wahrscheinlich, dass in noch höher äthylirten Eosinderivaten diese Verschiebung des Absorptionsstreifens nach Roth hin noch stärker ist, als bei dem Cyanosin.

Dieser Umstand hat keineswegs nur ein theoretisches, sondern auch ein praktisches Interesse, indem dadurch die Empfindlichkeit für gelbes resp. gelbrothes Licht [das gewöhnliche Eosin ist, der Stelle seines Absorptionsstreifs entsprechend, mehr grüngelb- als gelbempfindlich] wesentlich erhöht wird.

Fig. 51.



Der einmal betretene Weg eröffnet die sichere Aussicht, auch die orangefarbenen und rothen Töne zur Wirkung zu bringen; es kommt nur darauf an, dem Eosin einen andern Farbstoff zu substituieren, dessen Absorptionsstreif im Roth liegt und der, gleich dem Eosin, eine Silberverbindung zu bilden vermag.

Für Trockenplatten ist es bereits jetzt ein Leichtes, Rothempfindlichkeit und Orangeempfindlichkeit durch Zusatz von Roth oder Orange absorbirenden Farbstoffen zu erhalten.

So macht Methylviolett das trockene Bromsilbercollodium ausgezeichnet orangeempfindlich, das Aldehydgrün dasselbe rothempefindlich.

Wenn Eosin auf blauempfindliches Bromsilber der Gelatinemulsionen weniger günstig wirkt, wie auf Collodiumbromsilber, so ist hierbei auch die Qualität der Bromsilbergelatinemulsionen von sehr erheblichem Einfluss. Manche erlangen eine Gelbempfindlichkeit, die höchstens $\frac{1}{50}$ der Blauempfindlichkeit beträgt, bei andern vom Verf. präparirten war die Gelbempfindlichkeit $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{2}$ bis das Doppelte der letzteren. Die saure Reaction der Emulsionen ist nicht der Grund dieser Erscheinung, denn sie zeigt sich auch bei Neutralisirung mit Ammon. Auch anderen

*) In dieser Curve ist nur die Wirkung des Spectrums in dem Theile C bis E dargestellt.

Farbstoffen gegenüber verhalten sich verschiedene Bromsilberemulsionen verschieden.

Auf eine interessante Erscheinung hat Dr. Eder in Wien zuerst aufmerksam gemacht, nämlich, dass die Gelbempfindlichkeit esoingefärbter Gelatinplatten im nassen Zustande ganz bedeutend grösser sein kann, als im trockenen. In der That erhielt Verfasser bei einer Probe Platten, die nass fünfmal stärker gelbempfindlich waren, als trockene. Die Erscheinung ist nach dem innigen Zusammenhang zwischen Absorption und Chemismus leicht daraus zu erklären, dass die Absorption der Eosinlösung ganz bedeutend stärker ist, als Absorption des festen Farbstoffs. Die Intensität der Absorptionsstreifen in Fig. 50, Nr. IV und V giebt ein Bild schwacher davon. Leider geben nasse Gelatinplatten unscharfe Bilder, so dass diese interessante Thatsache für die Praxis noch nicht verwerthet werden kann.

Dr. Eder hat erwiesen, dass das Jodeosin dem Bromeosin bedeutend überlegen ist (s. Bd. I p. 216). Es ist seitdem allseits in der Praxis der farbenempfindlichen Platten eingeführt. Von anderen Farbstoffen seien hier Methylviolett und Malachitgrün erwähnt, welche Collodiumplatten kräftigst sensibilisiren, Gelatineplatten nur schwach. Man hat mehrfach darüber gestritten, ob optische Sensibilisatoren besser auf Gelatine- oder auf Collodiumplatten wirken, dabei aber die grössere Gesamtempfindlichkeit der Gelatineplatten ausser Acht gelassen. Eingehende Studien über zahlreiche Farbstoffe und ihre sensibilisirende Kraft hat Eder veröffentlicht (s. Bd. I. p. 217 und Photographie farbiger Gegenstände, Berlin bei Oppenheim, achtes Capitel p. 81 ff.).

Das phänomenalste Beispiel einer optischen und chemischen Sensibilisation bietet Dr. Albert's Bromsilber-Collodium. Dasselbe ist ungefärbt ungefähr nur $\frac{1}{4}$ so empfindlich wie gewöhnliches nasses Collodium, gefärbt mit Eosinsilber aber ebenso empfindlich wie eine Gelatineplatte. Steigerung der Empfindlichkeit also mindestens das 40fache.

XX. Lichtempfindlichkeit der Eosinfarbstoffe an sich.

Von besonderem Belang sind hier nächst Eder u. Schumann*) (s. Bd. I p. 217) die Resultate der Untersuchungen von Dr. E. Vogel (Annalen der Phys. und Chemie, neue Folge, Bd. 93). Er sagt:

„Sämmtliche Eosinfarbstoffe verbleichen am Licht in verhältnissmässig kurzer Zeit. So verliert z. B. mit Tetrajodfluoresceïn (Erythrosin) oder Tetrabromfluoresceïn (Eosin) gefärbtes Papier seine Farbe schon

*) Siehe auch Photographie farbiger Gegenstände, Berlin bei Oppenheim, achtes Capitel p. 81 ff.

durch zweistündige Belichtung bei directem Sonnenlicht fast vollständig.“

„Um etwa vorhandene Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung und Lichtempfindlichkeit der Eosinfarbstoffe zu finden, verfuhr ich folgendermaassen: Photographisches Rohpapier, d. i. reines, weisses, ohne Zusatz von Holzstoff hergestelltes Papier wurde mit einer Lösung der Alkalisalze der verschiedenen Eosinfarbstoffe gefärbt. Nach dem Trocknen wurden die gefärbten Papiere gleichzeitig unter Vogel'schen Photometerscalen dem directen Sonnenlicht ausgesetzt. Hierbei ergab sich folgende Lichtempfindlichkeitsreihe (der lichtehteste Farbstoff voran):

| | | |
|---|---|--------|
| | Fluoresceïn | |
| | Dichlorfluoresceïn | |
| { | Tetrachlorfluoresceïn i. Phtalsäurerest | chlor. |
| { | Tetrabromfluoresceïn „ „ | brom. |
| { | Tetrachlortetrabromfluoresceïn | |
| { | Octobromfluoresceïn | |
| { | Tetrachlortetrajodfluoresceïn | |
| { | Tetrabromtetrajodfluoresceïn | |
| | Dichlortetrabromfluoresceïn | |
| { | Dichlortetrajodfluoresceïn | |
| { | Tetrabromfluoresceïn i. Resorcinrest | brom. |
| | Tetrajodfluoresceïn „ „ | jod. |

„Hieraus geht folgendes hervor: Durch Eintritt von Chlor, Brom oder Jod sowohl in die Resorcinreste als auch in den Phtalsäurerest des Fluoresceïns wird die Lichtempfindlichkeit desselben erhöht und zwar mehr bei Eintritt in die Resorcinreste, als bei Eintritt in den Phtalsäurerest.“

„Die jodirten Fluoresceïne sind bei sonst analoger Zusammensetzung lichtempfindlicher als die bromirten Fluoresceïne“.

„Durch Einführung von Chlor oder Brom in den Phtalsäurerest der in den Resorcinresten bromirten oder jodirten Fluoresceïne wird die Lichtempfindlichkeit derselben vermindert. Es sind also das Dichlortetrajodfluoresceïn weniger lichtempfindlich als das Tetrajodfluoresceïn, Dichlortetrabrom- und Tetrachlortetrabromfluoresceïn weniger lichtempfindlich als Tetrabromfluoresceïn.“

„Um zu ermitteln, ob das Verbleichen der Eosinfarbstoffe unter Oxydation oder Reduction vor sich geht, wurde folgender Versuch gemacht.“

„Gleich starke, sehr verdünnte Lösungen von Tetrajodfluoresceïn in Wasser wurden zum Theil mit Natriumhydroxyd und salzsaurem Hydroxylamin, zum Theil nur mit Natriumhydroxyd und zum Theil mit Wasserstoffsperoxyd versetzt.“

Von allen drei Lösungen wurde ein Theil zum Vergleich im

Dunklen aufbewahrt, der andere Theil in Reagenzgläsern dem Sonnenlicht ausgesetzt. Das Resultat war nach ungefähr zweistündiger Belichtung folgendes: Die mit Wasserstoffsperoxyd versetzte Lösung zeigte keine merkbare Veränderung. Wenig verändert (etwas heller geworden) war die mit Natriumhydroxyd versetzte Lösung; ebenso verhielt sich eine neutrale Lösung. Die Hydroxylamin enthaltende Lösung war dagegen total verändert; das Tetrajodfluoresceïn war unter Einwirkung des Lichtes durch das Hydroxylamin zu gewöhnlichem Fluoresceïn reducirt worden. Das Fortschreiten der Reduction lässt sich sehr leicht beobachten. Das Tetrajodfluoresceïn zeigt in wässriger Lösung keine Spur von Fluorescenz. Schon nach einer Belichtung von 10—15 Minuten bemerkt man bei der mit Hydroxylamin und Aetznatron versetzten Lösung das Auftreten von Fluorescenz. Letztere wird bei weiterer Belichtung immer stärker, bis schliesslich alles Tetrajodfluoresceïn zu Fluoresceïn reducirt ist.

„Die im Dunkeln aufbewahrten Lösungen waren völlig unverändert.“

„Dass die Reduction des Tetrajodfluoresceïns am Licht bei Gegenwart von Hydroxylamin nicht etwa eine Wirkung der Sonnenwärme ist, geht daraus hervor, dass die im Dunkeln aufbewahrte Lösung sich beim Erwärmen nicht verändert. Alle bromirten und jodirten Eosin-farbstoffe verhalten sich bei der Belichtung bei Gegenwart von Hydroxylamin ebenso wie das Tetrajodfluoresceïn, d. h. sie werden zu Fluoresceïn reducirt.“

XXI. Ueber Verschiebung der photographischen Wirkungstreifen.

Verfasser dieses machte bereits 1874 darauf aufmerksam, dass Absorptionstreifen eines Farbstoffs in alkoholischer Lösung und photographischer Wirkungstreifen in photographischen Platten nicht genau zusammenfallen und erklärt dies nach Kundts Regel, wonach der Absorptionstreifen durch Einfluss stark brechbarer Medien, in denen der Farbstoff vertheilt ist, nach Roth hin verschoben wird (s. Bd. I p. 210). Eder hat den Einfluss dieser Medien gründlich untereucht. In den photographischen Platten ist der Farbstoff in Gelatine oder Collodium vertheilt, diese allein bewirken aber die starke Verschiebung nicht, das Bromsilber selbst tritt als stark brechbares Medium mit in Wirkung. Eder untersuchte daher eine gefärbte Bromsilberplatte auf ihr Absorptionsspektrum (diese Aufgabe ist schwierig insofern, als trübe Medien stets undeutliche Spektren liefern) und erkannte dann, dass Absorptionstreif und photographischer Wirkungstreif zusammenfallen (Bd. I p. 217).

Neue Publikationen stimmen mit dieser Angabe nicht ganz überein.

Nach Eder fällt das Absorptionsspectrum des gefärbten Bromsilbers mit dem photographischen Wirkungsmaximum zusammen.*)

Nach J. J. Acworth**) fällt das Maximum der Empfindlichkeit aber nicht genau mit der Lage des Absorptionsmaximums des gefärbten Bromsilbers zusammen.

E. Wiedemann's Gesetz. E. Wiedemann***) erklärt dies folgendermaassen:

„Das Auftreten von Luminescenz†) ist ein Zeichen, dass innerhalb eines Molecüles sehr lebhaft Schwingungsbewegungen vorhanden sind. Gesteigerte Schwingungsbewegungen müssen offenbar in allen Fällen auftreten, wo eine Absorption eines einfallenden Lichtstrahles stattfindet, denn die Absorption beruht ja eben in der Vergrösserung der Amplituden der Schwingungen im Molecül auf Kosten der einfallenden; die in diesen Schwingungen innerhalb des Molecüls vorhandene Energie wird dann sei es in Strahlung, sei es in Wärmebewegung verwandelt. Wir können beide Vorgänge als eine Art Dämpfung auffassen. Bei der Fluorescenz spielt der erste Factor eine grosse Rolle, bei der Absorption ohne Lichtentwicklung der zweite.

Ist a die Amplitude des einfallenden Lichtes, α eine dem Absorptionscoefficient entsprechende Grösse, β eine Grösse, die die Dämpfung misst, ist so die Amplitude in den absorbirenden Theilchen zur Zeit t nach Beginn des Versuches, wenn C eine Constante ist:

$$\delta = C \frac{\alpha a}{\beta} (1 - e^{-\beta t}).$$

Die grösste Amplitude, die überhaupt entstehen kann, ist:

$$D = C \frac{\alpha a}{\beta}.$$

Ist ein Körper durch einfallendes Licht zersetzbar, so tritt diese Zersetzung ein, wenn in Folge der Absorption die Amplitude δ im Molecül eine bestimmte Grösse erreicht hat. Bleibt der Maximalwerth von δ , d. h. D , unter einer bestimmten Grösse, so kann überhaupt keine Zersetzung stattfinden. Der Werth von D hängt aber einmal von α und dann von β ab; ist $\alpha = 0$, d. h. ist die Absorption Null, so ist auch $D = 0$, also die chemische Wirkung Null; ist β sehr gross, findet also die Umwandlung der Bewegung innerhalb des Molecüls sehr schnell statt, so zeigt sich trotz starker Absorption keine Zersetzung.

*) Eder, Ber. der Wiener Academie 1885, p. 1369; ferner Bd. I dieses Buchs p. 217.

**) J. J. Acworth, Eder's photograph. Jahrb. 1890, p. 219;

***) E. Wiedemann, Beibl. 14, p. 517, 1890.

†) Luminescenz und chemische Wirkungen des Lichtes von Dr. Eilhard Wiedemann in Erlangen. Bei vielen Lichterscheinungen tritt eine weit stärkere Lichtentwicklung auf, als der betreffenden Temperatur entspricht, so bei der Fluorescenz und Phosphorescenz, bei der langsamen Oxydation, beim Durchgang von elektrischen Entladungen durch Gase etc. Ich habe für alle diese Erscheinungen den gemeinsamen Namen „Luminescenz“¹⁾ eingeführt und insbesondere die ersteren Erscheinungen als Photoluminescenz bezeichnet.

¹⁾ E. Wiedemann, Zur Mechanik des Leuchtens. Wied. Ann. 37, p. 177. 1889.

Nun ist β wahrscheinlich für die Stellen stärkster Absorption am grössten, daher kann, wenn wir mit der betreffenden Substanz eine Platte sensibilisieren, sehr wohl für einfallende Strahlen, die diesem Maximum entsprechen, nicht das Maximum der Empfindlichkeit eintreten, sondern für andere ihnen benachbarte.“

Unter den vielen von H. W. Vogel, Eder u. a. untersuchten Farbstoffen hat sich nur eine verhältnissmässig kleine Anzahl als besonders geeignet zur Herstellung farbenempfindlicher Platten erwiesen, unter diesen stehen für die Technik die Eosinfarbstoffe oben an.

XXII. Beziehungen zwischen Lichtempfindlichkeit und optischer Sensibilisation der Eosinfarbstoffe.

Die Untersuchungen über die sensibilisierende Wirkung der Eosinfarbstoffe wurde aber zum grossen Theil mit den im Handel befindlichen, oft unreinen Farbstoffen gemacht und haben deshalb nicht ganz übereinstimmende Resultate gegeben.*)

Dr. E. Vogel wiederholte diese Untersuchungen mit garantiert reinen Farbstoffen, um etwaige Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung, Lichtempfindlichkeit und sensibilisierender Wirkung zu finden.

Hierbei wurden gleichzeitig die noch nicht untersuchten Farbstoffe wie (die in der Phtalsäure substituirten) Dichlor-, Tetrachlor-, Tetrabromfluorescein, sowie die Derivate des letzteren auf ihre sensibilisierende Wirkung geprüft.

Er machte folgende Versuche:

„Bromsilbergelatineplatten mit geringem Jodsilbergehalt wurden eine Minute lang in folgender Lösung gebadet:

25 ccm Lösung von Farbstoff in Wasser (1 : 1000),

2 ccm Ammoniak (specifisches Gewicht 0,94),

75 ccm destillirtes Wasser,

und darauf getrocknet.“

Man erhält so mit den Alkalisalzen (E. V. benutzte Ammoniaksalze) der Eosinfarbstoffe gefärbte Platten.

Zu den Spectralaufnahmen wurde H. W. Vogel's grosser Spectograph benutzt (s. u.). Die Prismen desselben sind aus fast farblosem Glase und haben daher eine grosse Durchlässigkeit auch für blaues, violettes und ultraviolettes Licht. Sämmtliche Aufnahmen

*) Es kommt z. B. unter dem Namen Erythrosin ein sehr verschiedenartiges Product in den Handel, nämlich Dijodfluorescein, dann ein Gemisch verschieden hoch jodirter Fluoresceine, Tetrajodfluorescein, Tetrachlortetrajodfluorescein. Gemische von Tetrachlortetrajodfluorescein mit Tetrabromfluorescein etc.

wurden in der Zeit von 11—1 Uhr an zwei aufeinander folgenden Tagen gemacht. Die Zeit von 11—1 Uhr wurde deshalb genommen, weil zu dieser das Sonnenlicht ziemlich constante Intensität und Zusammensetzung hat, während zu anderen Zeiten die Intensität und Zusammensetzung des Lichts sich fortwährend verändert. So ist z. B. in den Nachmittagsstunden der gelbe und rothe Theil des Spectrums im Verhältniss zum blauen Theil bedeutend heller als in den Mittagsstunden.

Es wurden stets auf derselben Platte acht Aufnahmen mit wachsender Expositionszeit und zwar 1, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30 Sec., gemacht. Die verschieden langen Expositionen erlauben einen Vergleich der Stärke der Wirkung verschiedener Spectralfarben. Ist z. B. die Schwärzung im Blau bei einer Expositionszeit von 5 Sec. ebenso stark als die Schwärzung im Gelb bei einer Exposition von 1 Sec., so kann man annehmen, dass die Platte für Gelb 5 mal empfindlicher ist als für Blau.

Die Entwicklung wurde mit Hydrochinon unter Zusatz von etwas Bromkalium vorgenommen.

Die gewonnenen Resultate stellt E. V. in umstehender Tabelle zusammen.*) Aus derselben ergibt sich folgendes. Sämmtliche Eosinfarbstoffe wirken als Sensibilisatoren. Die im Phtalsäurerest durch Halogen substituirtten Fluoresceine sensibilisiren weniger gut als die in den Resorcinresten substituirtten.

Die im Phtalsäurerest und in den Resorcinresten substituirtten Fluoresceine sensibilisiren schlechter als die nur in den Resorcinresten substituirtten Fluoresceine, aber besser als die nur im Phtalsäurerest substituirtten Fluoresceine.

Alle jodirten Fluoresceine sensibilisiren bedeutend besser als die analog zusammengesetzten chlorirten, resp. bromirten Fluoresceine.

Die Silbersalze aller Eosinfarbstoffe wirken wesentlich besser, als die Alkalisalze derselben, auch zeichnen sich dieselben von den Alkalisalzen besonders dadurch aus, dass sich die Empfindlichkeit der damit sensibilisirten Platten weiter in's Roth hinein erstreckt. Ferner ist die Blauempfindlichkeit im Verhältniss zu der Empfindlichkeit der sensibilisirten Stelle eine geringere.

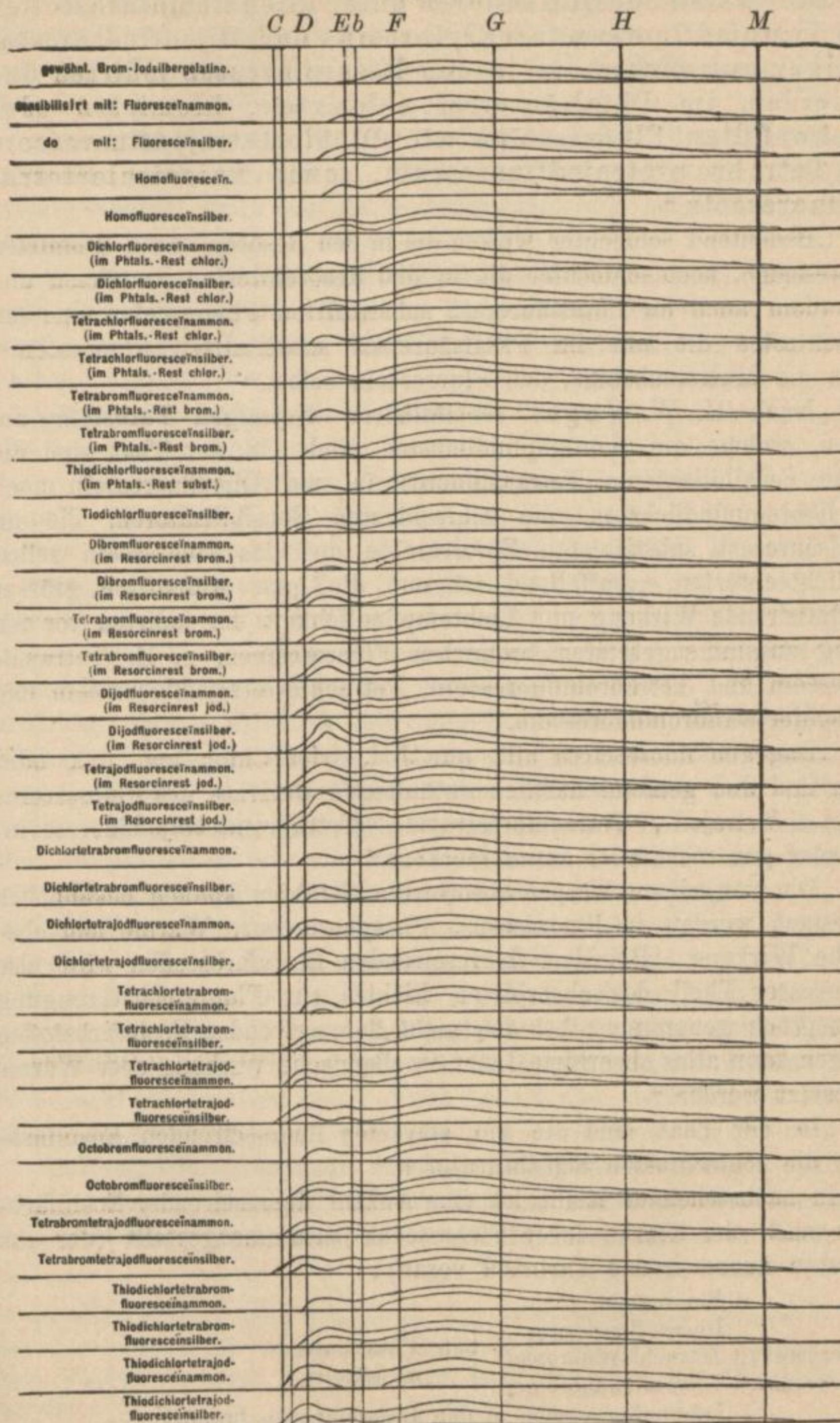
*) Siehe auch die Curventafel p. 169.

| Namen der Sensibilisatoren | Ungefähre*) Lage des Sensibilisations-Maximums auf λ | Sensibilisierende Wirkung zuerst erkennbar bei einer Exposition von | Verhältniss d. Blauempfindlichkeit (zw. G u. F) z. Empfindl. der sensibilisirten Stelle. Ausgedrückt durch Expositionszeiten, welche gleiche Schwärzung hervorbringen |
|---|--|---|---|
| Fluoresceinammonium**) | 522 | 15 Sec. | 1 : 30 |
| Fluoresceinsilber | 526 | 1 | 1 : 5 |
| Homofluoresceinammonium | 532 | 15 | 1 : 25 |
| Homofluoresceinsilber | 532 | 1 | 1 : 2 |
| Dichlorfluoresceinammonium
(i. Phtalsäurerest chlor.) | 544 | 10 | 1 : 30 |
| Dichlorfluoresceinsilber | 544 | 2 | 1 : 15 |
| Tetrachlorfluoresceinammonium
(i. Phtalsäurerest chlor.) | 544 | 5 | 1 : 25 |
| Tetrachlorfluoresceinsilber | 544 | 1 | 1 : 5 |
| Tetrabromfluoresceinammonium
(i. Phtalsäurerest brom.) | 544 | 5 | 1 : 25 |
| Tetrabromfluoresceinsilber | 544 | 1 | 1 : 5 |
| Thiodichlorfluorescein | 560 | 10 | 1 : 25 |
| Thiodichlorfluoresceinsilber | 560 | 5 | 1 : 10 |
| Dibromfluoresceinammonium | 544 | 2 | 1 : 10 |
| Dibromfluoresceinsilber
(i. Phtalsäurerest brom.) | 544 | 1 | 1 : 2 |
| Tetrabromfluoresceinammonium
(i. Resorcin brom.) | 548 | 1 | 1 : 5 |
| Tetrabromfluoresceinsilber | 548 | 1 | 1 : 1 |
| Dijodfluoresceinammonium
(i. Resorcin jod.) | 550 | 1 | 1 : 1 |
| Dijodfluoresceinsilber | 550 | 1 | 5 : 1 |
| Tetraiodfluoresceinammonium
(i. Resorcin jod.) | 560 | 1 | 2 : 1 |
| Tetraiodfluoresceinsilber | 560 | 1 | 5 : 1 |
| Dichlortetrabromfluoresceinammonium | 565 | 5 | 1 : 20 |
| Dichlortetrabromfluoresceinsilber | 565 | 1 | 1 : 2 |
| Dichlortetraiodfluoresceinammonium | 578 | 1 | 1 : 2 |
| Dichlortetraiodfluoresceinsilber | 578 | 1 | 1 : 1 |
| Tetrachlortetrabromfluoresceinammon. | 568 | 2 | 1 : 10 |
| Tetrachlortetrabromfluoresceinsilber | 568 | 1 | 1 : 5 |
| Tetrachlortetraiodfluoresceinammonium | 589 | 1 | 1 : 5 |
| Tetrachlortetraiodfluoresceinsilber | 589 | 1 | 1 : 2 |
| Octobromfluoresceinsammonium | 568 | 2 | 1 : 10 |
| Octobromfluoresceinsilber | 568 | 1 | 1 : 5 |
| Tetrabromtetraiodfluoresceinammonium | 589 | 1 | 1 : 5 |
| Tetrabromtetraiodfluoresceinsilber | 589 | 1 | 1 : 2 |
| Thiodichlortetrabromfluoresceinammon. | 565 | 2 | 1 : 5 |
| Thiodichlortetrabromfluoresceinsilber | 565 | 1 | 1 : 2 |
| Thiodichlortetraiodfluorammonium | 595 | 1 | 1 : 5 |
| „ „ silber | 595 | 1 | 1 : 2 |

*) Bei der sehr grossen Breite der Sensibilisationsstreifen ist eine genaue Bestimmung der Lage des Maximums nicht möglich.

**) Die verschiedenen Alkalisalze der Eosinfarbstoffe haben dieselbe Wirkung.

Fig. 52.



Die besten Sensibilisatoren unter allen Eosinfarbstoffen sind Tetrajodfluoresceïn (Erythrosin) und Dijodfluoresceïn; weniger gut wirken die in den Resorcinresten jodirten und ausserdem im Phtalsäurerest chlorirten, bromirten oder geschwefelten Fluoresceïne wie Dichlortetrajodfluoresceïn und Tetrabromtetrajodfluoresceïn, sowie Thiodichlortetrajodfluoresceïn.“

„Bedeutend schlechter wirken die in den Resorcinresten bromirten Fluoresceïne, noch schlechter die in den Resorcinresten bromirten und ausserdem auch im Phtalsäurerest substituirten Fluoresceïne und am schlechtesten die nur im Phtalsäurerest substituirten Fluoresceïne, sowie die Muttersubstanz, das Fluoresceïn selbst.“

„Nach H. W. Vogel sensibilisiren diejenigen Farbstoffe am besten, welche am lichtempfindlichsten sind. In der That sind die besten Sensibilisatoren Tetrajodfluoresceïn und Dijodfluoresceïn auch am lichtempfindlichsten, die schlechtesten Sensibilisatoren, die im Phtalsäurerest substituirten Fluoresceïne und das Fluoresceïn selbst am lichtechtesten. Auffallend ist nun die ganz wesentlich grösser sensibilisirende Wirkung und Lichtempfindlichkeit der jodirten vor den analog zusammengesetzten bromirten Fluoresceïnen, z. B. Tetrajodfluoresceïn und Tetrabromfluoresceïn, Tetrachlortetrajodfluoresceïn und Tetrachlortetrabromfluoresceïn.“

„Dagegen fluoresciren alle nur Jod, oder Chlor und Jod, oder Brom und Jod gemeinschaftlich enthaltende Derivate des Fluoresceïns (Dijod-, Tetrajod-, Tetrachlortetrajod-, Tetrabromtetrajodfluoresceïn) entweder gar nicht oder kaum merkbar.“

„Die von einem Körper absorbirten Strahlen können bekanntlich umgesetzt werden in Fluorescenz, Phosphorescenz, Wärme und chemische Wirkung. Bei den fluorescirenden Eosinfarbstoffen wird also ein grosser Theil des absorbirten Lichtes zur Fluorescenzzeugung in Anspruch genommen; bei den nicht fluorescirenden Eosinfarbstoffen dagegen kann alles absorbirte Licht in chemische Wirkung oder Wärme umgesetzt werden.“

„In der That sind die am stärksten fluorescirenden Eosinfarbstoffe die schlechtesten Sensibilisatoren.“

In nachstehender Reihe ist eine Anzahl fluorescirender Eosinfarbstoffe nach der Stärke ihrer Fluorescenz zusammengestellt (der am stärksten fluorescirende Farbstoff voran):

| | | |
|-----------------------------|--|-------------------------------------|
| | Fluoresceïn, | |
| | Dichlorfluoresceïn | |
| Fluorescenz
gleich stark | { | Tetrachlorfluoresceïn |
| | | Tetrabromfluoresceïn |
| | | } im Phtalsäurerest
substituirt, |
| | Dibromfluoresceïn, in den Resorcinresten bromirt, | |
| | Tetrabromfluoresceïn, in den Resorcinresten subst. | |

Vergleicht man diese Reihe mit den Angaben über die sensibilisierende Wirkung der Eosinfarbstoffe (siehe Tabelle p. d68), so findet man, dass die sensibilisierende Kraft der Eosinfarbstoffe mit Abnahme der Fluorescenz wächst.

„Gleiches Verhalten beobachtete ich bei dem dem Fluorescein verwandten Homofluorescein. Auch hier fluoresciren die Halogen-derivate weniger stark als die Muttersubstanz und sensibilisiren dementsprechend kräftiger.

1. Das Verbleichen der Eosinfarbstoffe am Licht beruht auf einem durch das Licht beförderten Reductionsprocess.

2. Die sensibilisierende Kraft der Eosinfarbstoffe hängt wesentlich ab:

a) von der Lichtempfindlichkeit der Farbstoffe, je unechter derselbe ist, um so kräftiger ist dieselbe,

b) von der Umsetzung der Lichtstrahlen in andere Wirkungen. Je mehr lebendige Kraft derselben zur Erzeugung anderer als chemischer Action verbraucht wird, desto geringer ist die letztere.

Mängel der Eosine. Der Uebelstand der Eosine ist, dass sie das rothe Licht nicht absorbiren, also nicht rothempfindlich machen. Hier ist das vom Verfasser dieses eingeführte Cyanin weit überlegen. Dieses macht empfindlich für Orange und Roth. Es ist sicher der lichtunechteste Farbstoff, daher dem Eosin scheinbar überlegen. Nur bildet er leider keine Silberverbindung wie jene und zersetzt sich sehr leicht freiwillig, so dass Cyaninplatten nicht haltbar sind. Nächst Cyanin folgt Chinolinroth, entdeckt von Dr. E. Jacobsen, als optischer Sensibilisator erkannt vom Verfasser. Es giebt eine kräftige Grüngelborangeempfindlichkeit, entsprechend seiner Absorption (s. u.). Verfasser dieses versetzte es mit $\frac{1}{25}$ Cyanin zur Steigerung der Rothempfindlichkeit, die damit gefärbten Platten sind als Azalinplatten im Handel. Chinolin ist im Dunkeln sehr dauerhaft. Leider erfordern Cyanin-, wie Chinolin- und Azalinplatten stets eine gelbe Scheibe (Strahlenfilter), dasselbe gilt auch für gewöhnliche Eosinplatten, bei Eosinsilberplatten von Perutz bedarf man derselben für Naturaufnahmen nicht (s. u.).

Unterscheidung von Eosin- und Eosinsilberplatten.)* Das gewöhnliche Eosin ist das Alkalisalz, das Eosinsilber das Silbersalz des Eosinfarbstoffs. Beide Körper sind demnach als Salze derselben Säure in

*) Wir verstehen unter Eosinsilber sowohl Eosingelbstich (Bromeosin) als auch das mehrfach Erythrosin bezeichnete Eosinblautich oder Jodeosin und deren Silberverbindungen. Jodeosin wird jetzt am meisten in der Photographie angewendet.

ihrer Zusammensetzung ähnlich. Ihre Unterschiede beruhen aber in der Farbe, in der Lichtempfindlichkeit und im Absorptionsspectrum. Nimmt man eine sehr verdünnte Jod-Eosinlösung in Wasser, so erscheint dieselbe gelbroth. Versetzt man sie mit einem Tropfen neutraler Silberlösung 1:50 auf 3 ccm, so verändert sich die Farbe sofort in ein schönes Violettroth unter Entstehung von Eosinsilber. Dieses Eosinsilber erscheint bei angewendeter Verdünnung wie im Wasser gelöst. Aus concentrirten Lösungen setzt es sich dagegen, namentlich bei Silberüberschuss, als schöner rother Niederschlag ab, den schon Baeyer dargestellt hat.

Die Bedeutung desselben als optischen und chemischen Sensibilisator (Empfindlichmacher) stellte Verfasser dieses 1884 fest.*) Aus der Anwendung desselben als Färbemittel für Gelatineplatten gingen die Eosinsilber-Platten**) hervor, die bereits im Handel existiren. Verfasser wies nach, dass Eosinsilber die Gelatineplatten viel stärker gelbempfindlich macht als gewöhnliches Eosin. Zugleich aber drückt das Eosinsilber die Empfindlichkeit für das zu stark wirkende Blau viel erheblicher herab, als es das gewöhnliche Eosin thut.

Daher muss man bei gewöhnlichen Eosin- oder Jodeosin-(Erythrosin)-Platten stets eine gelbe Scheibe vor oder hinter das Objectiv setzen, um die blauen Strahlen abzdämpfen. Bei Eosinsilber-Platten hat man dieses bei Portrait- und Landschafts-Aufnahmen nicht nöthig, sondern höchstens bei Aufnahmen von Gemälden mit sehr leuchtendem Blau.

Dieser Unterschied giebt nun ein Unterscheidungsmittel von Eosin- und Eosinsilberplatten an die Hand, und kann man sich dazu folgender Farbentafel bedienen. Man klebt auf weissem Carton kleine Quadrate folgender matten farbigen Papiere (zu beziehen von Flesche & Sabin in Berlin).

| | | |
|---------------------|-------------|----------|
| Neapelgelb, | Chromgelb, | Mennige, |
| Schweinfurter Grün, | Zinnober, | Rosa, |
| Grüner Zinnober, | Ultramarin, | Cobalt, |

schreibt die Namen mit schwarzer Tinte darauf und macht danach eine Aufnahme im Schatten auf kleiner Probeplatte 9×12 cm ohne Gelbscheibe. Wirkliche Eosinsilberplatten geben alsdann das Chromgelb meist stärker oder ebenso stark als Cobaltblau, je nach der leider wechselnden Farbenhelligkeit der Atmosphäre (s. u.), die Mennige stärker als grünen Zinnober, während bei gewöhnlicher Eosinplatte die Wirkung der beiden Sorten Gelb und der Mennige der des

*) Phot. Mitth., Jahrgang XXI, pag. 47.

**) Herstellung s. Jahrg. XXI, pag. 47; XXIII, pag. 24, 74; XXIV, pag. 87.

Cobalt und Ultramarinblau weit nachstehen. *) Diese Probe ist für Praktiker, die sich nicht auf das Spectroskop und die Beobachtung von Absorptionsspectren verstehen, die bequemste und gewährt zugleich einen Aufschluss über die Empfindlichkeit auch für andere Farben als die genannten

Durch diese einfache Probe hat Verfasser dieses schon mehrfach Gelegenheit gegeben, Platten, die fälschlich als Eosinsilberplatten verkauft wurden, als gewöhnliche Eosinplatten zu erkennen. Er wendet es stets an, wenn Sonnenlicht nicht zur Disposition steht, und reicht es für den Zweck vollständig aus.

Zum genaueren Vergleich diene folgende Tabelle, welche die relativen Intensitäten in zwei Aufnahmen der genannten Farbentafel specificirt:

Perutz' Eosinsilberplatte mit Silberüberschuss:

Chromgelb viel stärker als dunkelgrün,

„ fast gleich Ultramarin,

„ stärker als Cobalt,

Mennige stärker als Dunkelgrün.

Gewöhnliche Eosinplatte:

Chromgelb gleich Dunkelgrün,

„ viel schwächer als Ultramarin,

„ schwächer als Cobalt,

Mennige schwächer als Dunkelgrün.

Spectroskopische Kennzeichen:

Noch viel bestimmtere Kennzeichen gewähren aber die Spectralbeobachtungen und die Spectralphotographie. Das Auge eines geübten Spectroskopikers kann schon durch Beobachtung eines Plattenabschnitts vor dem Spectroskop bestimmen, ob er mit Eosin- oder mit Eosinsilberplatten mit Silberüberschuss (dieser spielt eine wichtige Rolle) zu thun hat. Leider ist aber die Zahl der geschulten Spectroskopiker sehr klein und Ungeübte, die da glauben, Spectral-Beobachtungen, namentlich Absorptionsspectral-Beobachtungen machen zu können, verfallen in die ärgsten Irrthümer.

So schrieb uns Prof. Dr. Zettnow wörtlich unterm 2. Mai 1890:

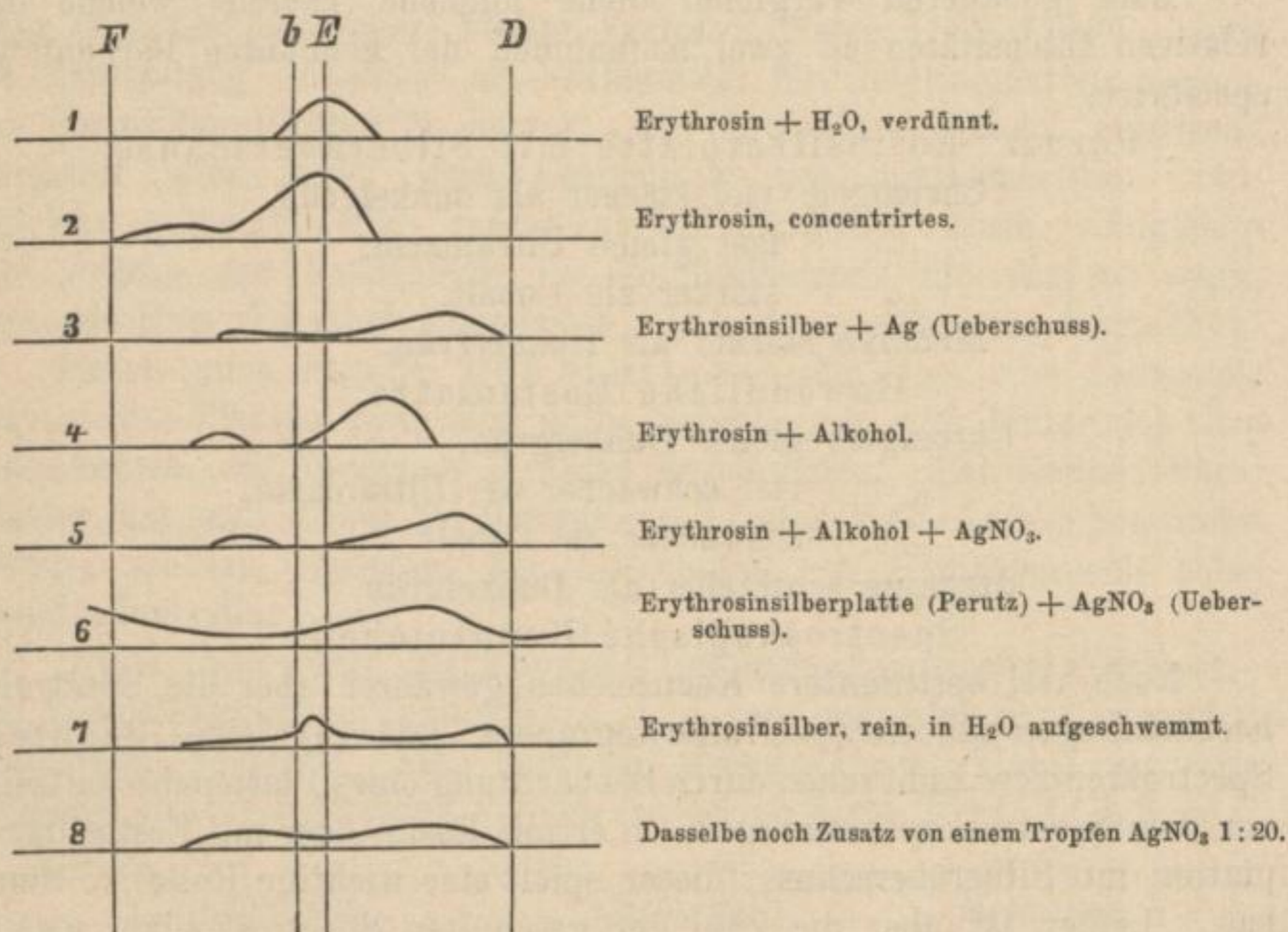
„Ich finde, dass die beiden Streifen von Erythrosin und Erythrosinsilber in wässriger Lösung übereinstimmen.“ Wie diese Behauptung der Wahrheit in's Gesicht schlägt, lehrt am besten ein Blick auf die beifolgenden Figuren No. 1, 2, 3, 7 und 8 Fig. 53, wo die Absorptionsspectren von Eosin und Eosinsilber durch Curven dargestellt sind, die sich um so höher erheben, je intensiver die Absorptionstreifen erscheinen.

*) Siehe die Farbentafel Band I, Tafel VIII und IX.

Da eine übersichtliche Zusammenstellung der Spectren von Jodeosin und dessen Silberverbindungen unter verschiedenen Umständen noch nicht erschienen ist, so ist solche getreu nach der Natur in beifolgender Figur gegeben.

No. 1 zeigt den Absorptionsstreifen der verdünnten wässrigen Jodeosinlösung. Hier erscheint nur ein Streifen, Maximum auf E (Wellenlänge 527), während die alkoholische Lösung (4) deutlich 2 Streifen liefert, die gegen die wässrige Lösung bedeutend nach Roth verschoben sind (Maximum-Wellenlänge 538).

Fig. 53.



Etwas concentrirtere Wasserlösungen zeigen zwar eine Ausdehnung der Absorption nach Grün hin, aber keinen sicheren zweiten Streifen (2).

Total anders wird nun (im Widerspruch zu Herrn Prof. Dr. Zettnow) die Reaction, wenn man zu ca. 3 ccm der oben erwähnten concentrirten Lösung einen Tropfen AgNO₃ 1:20 setzt.

Die Farbe wird dann schön violett und dunkler, die Absorption aber seltsamer Weise erheblich schwächer (siehe 3, wo die Höhe der Curve die Stärke der Absorption andeutet). Statt des Streifens auf E tritt zwischen E und D (Maximum-Wellenlänge 560) ein schwächerer auf, daneben ein Hof nach Grün hin, der in einen unsicheren Streifen links von *b* ausläuft.

Bei Alkokollösungen ist es ähnlich, doch liegt hier der Streifen D $\frac{1}{2}$ E merklich weiter nach Roth hin (Wellenlänge 565) und tritt der zweite Streifen viel deutlicher hervor (s. No. 5).

Hieraus erkennt man wiederum, wie stark das Medium die Lage und den Charakter der Absorptions-Streifen beeinflusst. Bei vorliegendem Experiment war ein, wenn auch nur kleiner Silberüberschuss gegenwärtig, ähnlich wie bei Eosinsilberplatten. Beobachtet man diese vor dem Spectroskop, so erkennt man trotz der starken Trübung durch das sich in Licht verwandelnde Bromsilber bei aufmerksamer Beobachtung das Spectrum 6, dessen Aehnlichkeit mit Spectrum 3 unverkennbar ist.

Damit ist aber unsere Kenntniss der Eosinsilberspectren noch nicht erschöpft. Wäscht man gefälltes Jodeosinsilber mit destillirtem Wasser aus, bis jede Spur Silberüberschuss entfernt ist, so giebt das reine Jodeosinsilber in Wasser aufgeschwemmt das Spectrum 7. Man braucht aber nur einen Tropfen einer verdünnten Silberlösung zuzusetzen, um das Spectrum 8 zu erhalten, dessen Analogie mit Spectrum 3 aus der Figur erhellt.

Die Unterschiede von Jodeosin- und Jodeosinsilber-Platten zeigen sich aber am deutlichsten, wenn man damit Spectralaufnahmen macht. Leider finden sich dazu passende Instrumente nur in sehr wenigen Händen, obgleich ein kleiner Spectrograph (s. folgendes Capitel) durch Schmidt & Haensch in Berlin sehr leicht zu beschaffen ist.

Hier zeigen Jodeosin- und Jodeosinsilber-Platten (mit Silberüberschuss) folgende Unterschiede:

| | Jodeosinplatte | Perutz'
Jodeosinsilberplatte
mit Silberüberschuss |
|---|--|--|
| Moment-Belichtung. | Blauwirkung fast ebenso stark wie Gelbgrünwirkung. | Nur Gelbgrünwirkung. |
| Längere Belichtung. | Zeigt die Linie D im Gelb nach 5 Secunden. | Zeigt die D-Linie nach 2 Sec. |
| Bei Belichtung bis 20 Sec.
(Januar) Mittag. | Die Blauwirkung schreitet gleichmässig mit der Gelbwirkung fort. Nach 20 Secunden erscheinen die Sonnen-Linien im Blau verschleiert. | Die Blauwirkung tritt erheblich gegen die Gelbwirkung zurück. Nach 20 Sec. sind die Linien im Blau noch vollkommen klar. |
| Vergleich von Grüngelb und Blauempfindlichkeit. | 1 Secunde giebt für Grüngelb dieselbe Intensität, wie 2 Secunden für Blau (Wellenlänge 450). | 1 Secunde giebt für Grüngelb dieselbe Intensität, wie 8 Secunden für Blau (Wellenlänge 450). |
| Maximalwirkung. | Bei Wellenlänge 555. | Bei Wellenlänge 565. |

Die chemischen Proben zum Nachweis von Eosinsilber resp. Silberüberschuss stehen den spectroskopischen und photographischen weit nach.

XXIII. Andere optische Sensibilisatoren.

Farbenempfindliche Chlorophyllplatten. Schon kurz nach H. W. Vogel's erster Publication der optischen Sensibilisatoren im Jahre 1873 machte Becquerel in Paris Versuche zur Prüfung der Richtigkeit des damals ganz allgemein angezweifelten Vogel'schen Princips, und war Becquerel der Erste, der dasselbe bestätigte.

Becquerel ging nun von dem Gedankengange aus, dass, wenn die Vogel'sche Anschauung richtig sei, das Chlorophyll, welches ein ausgezeichnetes Absorptionsspectrum mit mehreren Streifen zeigt, auch dementsprechend als optischer Sensibilisator mehrere Stellen stärkster Wirkung im Spectrum zeigen müsste. Insofern war Chlorophyll ein wichtiger Prüfstein für das „Absorptionsprincip“ bei Gegenwart fremder Substanzen. Becquerel's Versuch bestätigte die Voraussetzung. Chlorophyll gab mehrere photographische Maxima, entsprechend den Absorptionsstreifen I, II, III. Becquerel's Entdeckung fand einige Jahre später Beachtung, indem Gebrüder Ducos du Hauron eine Zeit lang Chlorophyll-Collodium für ihr photochromisches Verfahren (s. u.) verwendeten.

Gebrüder Ducos du Hauron gebrauchten hierbei zuerst Chlorophyll allein, dann Chlorophyll in Verbindung mit Eosin;* endlich liessen sie das Chlorophyll fallen, da dasselbe in den verschiedenen Jahreszeiten zu grosse Ungleichheiten zeigte und sich unter den Händen zersetzte.

Ives nahm das Chlorophyll um dieselbe Zeit auf, als Gebrüder Ducos du Hauron dasselbe verliessen, und erklärte das „Myrthenchlorophyll“ als für Chlorophyllplatten am besten geeignet. Er benutzte dasselbe für Collodiumplatten und beschrieb den Process.**)

Auf Gelatineplatten wurde das Chlorophyll zuerst von Eder versucht und erhielt er damit eine relativ schwache, aber doch deutliche Wirkung, indem er Epheublätter mit Alcohol auszog und die Lösung in ammoniakalisches Wasser goss (s. Photogr. Mittheil. XXII, pag. 25).

Neuerdings ist nun Ives mit neuen Versuchen, Chlorophyll auf Gelatineplatten anzuwenden, hervorgetreten. Man spricht von den Versuchen, als gäbe es bereits praktisch anwendbare Chlorophyllplatten. Wir wollen sehen, in wie weit diese Meinung berechtigt ist.

Ives sagt in seiner Originalpublication („Journal of the Franklin Institut“): Der Grad der Farbenempfindlichkeit der Chlorophyllplatten

*) Es ist dies wichtig, zu wissen, da Ives diese Verbindung vor mehreren Jahren ebenfalls benutzte und als neuen Fortschritt hinstellte.

**) Siehe Photographie farbiger Gegenstände, Berlin bei Oppenheim, pag. 79.

hängt von der gewöhnlichen Empfindlichkeit der Platte (für weisses Licht) ab. Man nehme die empfindlichste Sorte und übergiesse sie mit alkoholischer Chlorophylllösung, trockne rasch und weiche in Wasser wenigstens 5 Minuten; dann benutze man sie sogleich. Mit 2 sehr alten, aus passenden Blättern zur passenden Jahreszeit hergestellten Chlorophylllösungen, welche durch Zinkstaub conservirt waren, erhält man (nach Ives) Platten von der Empfindlichkeit im Handel befindlicher farbenempfindlicher Platten.*)

Nun sagt Ives: Aber die durch Chlorophyll gesteigerte Blauempfindlichkeit dieser Platten macht eine extra dunkle orangegelbe Scheibe nöthig!

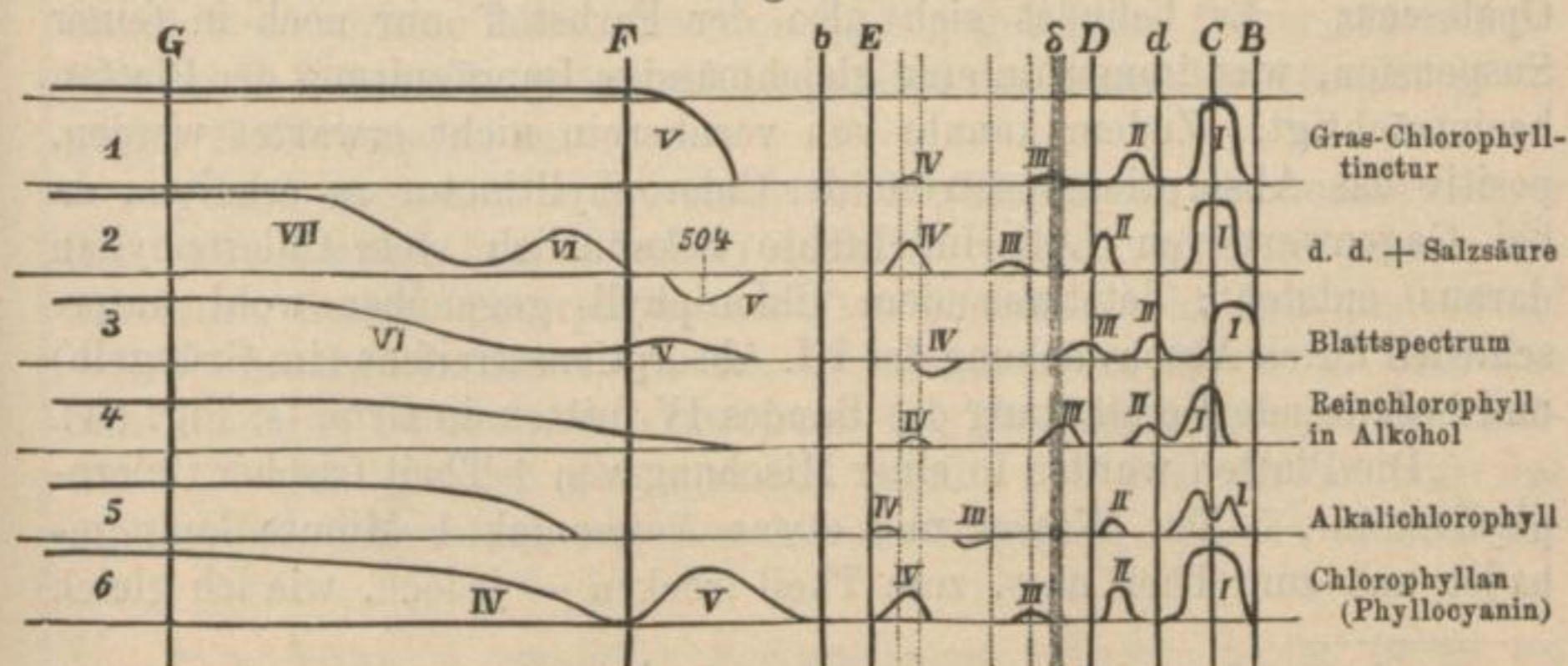
Hier liegt ein Uebelstand vor, der durch die vom Chlorophyll bewirkte Rothempfindlichkeit nicht aufgehoben wird. Ein noch grösserer Uebelstand ist aber, dass Chlorophyllplatten sich nicht halten, sondern frisch verbraucht werden müssen! Wir erhielten schon nach 2 Tagen auf Chlorophyllplatten starke Schleier. An Chlorophyllplatten für den Handel ist vorläufig noch nicht zu denken; eher dürfte eine Chlorophyll-Collodium-Emulsion Chancen haben.

Der Hauptübelstand der Anwendung des Chlorophylls ist die Unsicherheit der Zusammensetzung des angewendeten Farbstoffs selbst. Die alkoholische Lösung des Chlorophylls enthält kein Chlorophyll mehr, sondern Chlorophyllan neben Pflanzensäuren, Wachs etc. Wirkt Alkali darauf, so bildet sich Phyllocyanin.**)

*) Diese Angabe ist unsicher. Die Empfindlichkeit farbenempfindlicher Handelsplatten ist äusserst verschieden. Silbereosinplatten sind wohl zehn Mal empfindlicher als englische Eosinplatten.

**) s. Vogel, Praktische Spectralanalyse irdischer Stoffe, II. Aufl., pp. 412 bis 423. Nachfolgend geben wir die Absorptionscurven verschiedener Chlorophyllderivate.

Fig. 54.



Eine wissenschaftliche Untersuchung über diese verschiedenen Chlorophyllderivate und ihre photographische Wirkung ist durch Dr. Wollheim ausgeführt worden. Derselbe arbeitete 1889/90 über Chlorophyll an der Königl. techn. Hochschule im Auftrag des Unterrichts-Ministeriums, und hat derselbe auf ausdrücklichen Wunsch des Ministeriums auch die photographischen Eigenschaften der Chlorophyllderivate erforscht.

Als Hauptresultat kann gelten, dass die Phyllocyaninsäure der eigentliche Sensibilisator ist. Da nun die Darstellung derselben nach Wollheim keine Schwierigkeiten macht, so hätte man jetzt Gelegenheit, unabhängig von der Jahreszeit und vom Wetter und der Art der Pflanze, den optischen Sensibilisator in stets gleicher Qualität zu erhalten. Wollheim schreibt:*)

„Gelegentlich meiner Untersuchungen über den Chlorophyll-Farbstoff trat an mich auch die Aufgabe heran, das Spectrum desselben, sowie einiger seiner Derivate photographisch zu fixiren.

„Bei der Schwierigkeit, ein für alle Regionen des Spectrums zugleich empfindliches Sensibilisierungsmittel zu erhalten, beschränkte ich mich zunächst darauf, in Lösungen verschiedener Chlorophyllpräparate gebadete Bromsilbergelatineplatten (Obernetter) mittelst eines, mir von Herrn Professor H. W. Vogel gütigst zur Verfügung gestellten Spectrographen von mittlerer Dispersion dem directen Sonnenspectrum auszusetzen.

„Nun lässt sich eine Gelatineplatte nur schwer mit Chlorophyll imprägniren, da dasselbe sowohl in Wasser als in Ammoniak absolut unlöslich ist. Versetzt man einen frisch bereiteten alkoholischen Extract vorsichtig mit viel Wasser, so bleibt die Flüssigkeit allerdings scheinbar klar, behält auch ihr specifisches Absorptionsspectrum, fluorescirt jedoch im auffallenden Lichte nicht mehr, sondern zeigt deutliche Opalescenz. Es befindet sich also der Farbstoff nur noch in feiner Suspension, was immerhin eine gleichmässige Imprägnirung der Platten beeinträchtigt. Zudem konnte von vornherein nicht erwartet werden, positiv das Absorptionsspectrum der Chlorophylltinctur zu erhalten, da bei Gegenwart von Luft im Lichte bekanntlich stets Chlorophyllan daraus entsteht; letzteres dem Chlorophyll gegenüber wohl unterschieden durch Abschwächung des III. Absorptionsstreifens (im Grüngelb) und bedeutende Verstärkung des Bandes IV mitten in Grün (s. Fig. 54).

„Die Platten wurden in einer Mischung von 1 Theil frischer Chlorophylltinctur, 5 Th. Wasser und etwas Ammoniak 1 Minute lang gebadet und zum Theil nass, zum Theil trocken — jedoch, wie ich gleich

*) Photogr. Mittheilungen XXV, pag. 114.

bemerken will, mit gleichem Erfolge — exponirt. Bei kürzerer Expositionszeit erhielt ich nun stets allein ein tiefes und breites Maximum von D bis E, nach den Seiten gleichmässig verlaufend. Ausserdem natürlich gänzliche Absorption der blauen Spectralhälfte von $\frac{1}{2}$ F ab als Wirkung des Bromsilbers an sich.

„Bei längerer Exposition bis zu 18 Minuten wurden dann auch die übrigen Streifen des Chlorophyllanspectrums sichtbar: Bd. I von $\frac{1}{2}$ B bis C, II in der Mitte zwischen C und D und III dicht an D nach Blau zu gelegen. Da nun aber das Chlorophyllan keineswegs die stärkste Absorption in Grün besitzt, sondern, wie alle Chlorophyll-derivate, in Roth (Bd. I), so ist diese unregelmässige Wirkung des Lichtes allerdings auf die durch dieselbe zugleich hervorgerufene chemische Reaction (Umwandlung des Chlorophylls in Chlorophyllan),*) wodurch die Sensibilität des grünen Spectralbezirks unverhältnissmässig auf Kosten derjenigen der anderen Regionen gesteigert wird. Dazu kommt die relative Indifferenz der Gelatine gegenüber in Wasser unlöslichen Farbstoffe, welche die Anwendung derselben als Sensibilisator untauglich macht. Ich versuchte es deshalb mit den von mir neu dargestellten, sämmtlich in alkalischem Wasser sehr leicht löslichen Phyllocyaninpräparaten.

„Das Phyllocyanin (Phyllocyaninsäure Frémy's) zeigt in Alkohol oder in mit Wasser sehr stark verdünntem Ammoniakalkohol genau dasselbe Spectrum, wie das Chlorophyllan. Intensitätsscala der Bänder vom dunkelsten beginnend: I, IV, II, V, III (s. Fig. 54).

„Badete ich nun die Platten in einer Lösung von Phyllocyanin in 2 ccm Ammoniak, 20 ccm Alkohol und 80 ccm Wasser, so erhielt ich auf der nassen oder mässig getrockneten Platte genau jenes Phyllocyaninspectrum photographisch, d. h. die Absorptionsstreifen als Wirkungstreifen. Band V verdeckt von der durch Bromsilber an dieser Stelle ebenfalls bewirkten Absorption von $\frac{1}{2}$ F gegen Blau, ferner sämmtliche Bänder in Folge der grösseren Dispersion der Bromsilbergelatine etwas gegen Roth verschoben.

„Ganz trockene Platten, sowie solche, die blos in Ammoniakwasser (bei Abwesenheit von Alkohol) gebadet waren, ergaben jedoch ein Spectrum, dessen Absorptionsbänder — ebenfalls sehr klar und scharf — die Intensitätsscale I, II, III, IV besassen, in der That auch das individuell zu beobachtende Spectrum des Phyllocyanins in Ammoniakwasser. Das gleiche Photogramm ergab sich bei Anwendung des Zinkoxydphyllocyanins, welches in alkoholischer, wie in alkalischer

*) s. Vogel's praktische Spectralanalyse irdischer Stoffe, Berlin bei Oppenheim (Schmidt).

Lösung ein der frischen Chlorophylltinctur identisches Spectrum besitzt.

„Auf der Platte erscheint Band I von A bis C, II mitten zwischen C und D, III. dicht rechts von D, IV, als schmaler Streifen vor E. Die Alkohol-Phyllocyaninplatte unterscheidet sich hiervon nur dadurch, dass III schmaler, IV erheblich breiter auftritt, welcher Umstand diesen Körper event. allerdings allein anwendbar macht zur Sensibilisirung.

Acworth's Versuche mit verschiedenen Farbstoffen. Als jüngste Publication geben wir Acworth's Untersuchungen.*) Die Einleitung übergehen wir. Nur auf den Passus „H. W. Vogel hat gezeigt . . .“ (folgt Erwähnung von Vogel's Farbenabsorptionsgesetz, s. p. 206, I. Bd.) „— aber“ — sagt A. weiter — „er ging noch weiter, indem er annahm, dass Sensibilisationsmaximum und Absorptionsmaximum zusammenfallen.“ Dass diese Angabe Acworth's falsch ist, geht aus p. 210 des ersten Bandes, Anmerkung, hervor. Schon 1874 erkannte Schreiber dieses, dass ein genaues Zusammenfallen beider Maxima nicht stattfindet. (Berichte der d. chem. Ges. VII, pag. 978.)

Apparate und Methode. Zur Untersuchung der spectralen Absorption und der spectralen Sensibilität benutzte A. ein Spectroskop, das im wesentlichen nach dem Modell der Kirchhoff-Bunsen'schen Spectroskope gebaut war.

Das Prisma war aus Flintglas, die brechende Oberfläche war 600 qmm; die Linsen des Collimators und des Beobachtungsfernrohrs hatten 41 mm im Durchmesser und eine Brennweite von 32,5 cm. Die Rohre des Collimators und des Beobachtungsfernrohres konnten von 27 bis auf 39 cm ausgezogen werden. Das Collimator-, Beobachtungsfernrohr und Scalenrohr liessen sich ausser um die Axe des Apparates noch um eine horizontale Axe drehen und dadurch mehr oder weniger gegen die verticale Axe neigen. Durch möglichst solide Construction des Ganzen war die Gefahr der Verschiebung der einzelnen Theile des Apparates vermieden.

Cassette. Nahe dem Ocular war in dem Fernrohr ein Rahmen mit seitlichen Oeffnungen eingesetzt, in welchem eine Cassette von folgender Construction eingeschoben werden konnte.

Sie besteht (Tafel I, Fig. 1, perspectivische Ansicht, Fig. 2, Querschnitt) aus einem Messingrahmen A, A, A. B ist ein rechtwinkliger Ausschnitt in der Cassette, 37 auf 39 mm. C ist eine schmale Leiste, auf der die lichtempfindliche Platte ruht. D ist ein Schieber, der längs der Rückenwand der Cassette in einer Rinne sich bequem hin und her verschiebt. E ist ein anderer Schieber an der Vorderseite der Cassette, der sich ebenso in einer passenden Rinne leicht bewegen lässt. Sind die beiden Schieber eingesetzt, so ist die Cassette lichtdicht verschlossen. Um die Platte möglichst fest in ihrer Lage zu halten, wurde zwischen dem hinteren Theile der Platte und dem Schieber D eine aus einer dünnen Uhrfeder hergestellte Feder (Tafel I, Fig. 4), die passend gebogen war, eingesetzt. Um die Cassette immer genau an dieselbe Stelle im Apparate zu bringen, wurde sie mit einem kleinen Loch F versehen. Diesem entsprechend

*) Wiedemann's Annalen, Jahrg. 1890.

befand sich ein ähnliches kleines Loch in dem obenerwähnten Rahmen am Spectralapparat, durch beide Löcher wurde ein kleiner Stift gesteckt.

Sollte die Absorption bestimmt werden, so wurde eine in besonderer Weise sensibilisirte Platte in die Cassette eingesetzt. Vor den Spalt wurde die Platte gestellt, deren Absorption zu bestimmen war, und zwar entweder ein mit Farbstoff getränktes Gelatineblättchen oder die mit dem Farbstoff sensibilisirte Bromsilberplatte. Diese Platte, welche gewöhnlich ungefähr 27 mm breit war und verschiedene Längen hatte, wurde in einen Rahmen (Tafel I, Fig. 3) von folgender Construction gestellt: A ist die untere Seite eines dicken Holzklotzes; B, B und B stellen den oberen Theil und die Seiten eines Schlitzes vor, durch welchen die absorbirende Platte geschoben wird. C, C ist ein Schlitz, welcher ca. 1,5 mm breit, nämlich etwas breiter ist, als die Dicke der Platte, an welcher der Versuch gemacht werden sollte. D ist eine ca. 3 mm breite und ca. 20 mm hohe Oeffnung. Durch diese Oeffnung fällt das Licht durch die absorbirende Platte hindurch auf den Spalt. CD ist ungefähr 30 cm. Während eines Versuches wurde die Platte in kurzen Intervallen mit der Hand vorgeschoben, sodass beständig neue Theile vor den Spalt traten. War die Platte sehr lichtempfindlich, so wurde sie rascher bewegt.

Zur Bestimmung des Sensibilitätsmaximum wurden die Platten genau entsprechend den Dimensionen der Cassette ausgeschnitten.

Die Scalentheile der Millimeterscala wurden stets auf der Platte mit photographirt, wenn dieses entweder zur Aufnahme des Absorptions- oder des Sensibilitätsspectrums gedient hatte. Gewöhnlich wurden beide Aufnahmen zu gleicher Zeit gemacht. Um den oberen Theil der Platte für das Bild der Scala frei zu lassen, wurde die untere Hälfte des Spaltes bedeckt (vgl. Fig. 55).

Vorversuche ergaben die günstigste Expositionszeit.

Die Lichtquelle. — Um stets unter möglichst gleichen Bedingungen zu arbeiten, benutzte A. bei Versuchen mit einer oder zwei besonders erwähnten Ausnahmen nur eine Art von Lichtquelle, nämlich einen Gasbrenner nach Auer (s. o. p. 114).

Wird der Mantel durch Bunsenbrenner weissglühend gemacht, wie es bei dem Gasglühlicht der Fall ist, so glüht er mit einem Licht, das reich an blauen und violetten Strahlen ist. Acworth verwendete Gaskörper, die ein ausgezeichnetes weisses Licht gaben. In einigen Fällen dauerte die Exposition nur Sekunden; in anderen aber 5, 10 und sogar 20 Stunden, je nach der verwendeten Platte.

Die Milimeterscala war immer durch einen Fischschwanzbrenner beleuchtet.

Bestimmung der Wellenlängen mit Bezug auf die Millimeterscala. — Um die Wellenlängen zu bestimmen, die den verschiedenen Theilen der Scala entsprechen, welche an derselben Stelle blieb, wovon A. sich besonders überzeugte, photographirte er das Sonnenspectrum und die Scala auf derselben Platte. (Proben s. Fig. 55.)

Nachdem die Scalentheile bestimmt waren, die den verschiedenen Fraunhofer'schen Linien entsprechen, hatte er eine Curve gezeichnet, bei der als Abscissen die Scalentheile, als Ordinaten die Wellenlängen dienten. Aus derselben entnahm A. dann die einem beliebigen Scalentheile entsprechende Wellenlänge. Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Scalentheile und der entsprechenden Wellenlängen:

| | | | |
|----------|------------|----------|------------|
| 32A—7604 | 50D —5892 | 70 —4915 | 90 —4350 |
| 35 —7200 | 55 —5580 | 72F—4860 | 92,5G—4307 |
| 38B—6867 | 60 —5315 | 75 —4770 | 95 —4250 |
| 40 —6625 | 61,5E—5269 | 80 —4620 | 100 —4155 |
| 41C—6582 | 65 —5100 | 85 —4475 | 111H —3968 |
| 45 —6650 | | | |

Herstellung der Emulsionen. Die Emulsionen werden in folgender Weise hergestellt.

Sollte dieselbe Platte sowohl auf die Absorption als auch auf ihre eigene spectrale Empfindlichkeit untersucht werden, so musste die Emulsion möglichst durchscheinend sein, damit sie nicht zu viel Licht absorbiert; mit anderen Worten, die Emulsion musste „feinkörnig“ sein, dann sind aber die Platten sehr unempfindlich. *) Eder **) bemerkt gelegentlich über die Schwierigkeiten bei derartigen Versuchen: „Farbstofflösungen geben ganz andere Absorptionsspectra, als trockene Farbstoffe“ (s. o. p. 160 Fig. 50). Am besten hätten wohl gefärbte Bromsilberblättchen entsprochen; da jedoch diese schwer herzustellen sind, begnügte A. sich mit gefärbten Gelatinefolien.

Der Farbenzusatz musste in genügender Menge erfolgen, um eine sichtbare Absorption hervorzurufen. Dieses hatte häufig zur Folge, dass die allgemeine Sensibilität und zwar bedeutend erniedrigt wurde; besonders bei einigen Anilinfarben, bei denen ein Ammoniakzusatz nicht angewendet werden konnte, um die allgemeine Sensibilität zu erhöhen.

In vielen Fällen erfordert es ziemlich viel Uebung, um in jeder Hinsicht gute Resultate zu bekommen. Die Farbstoffmenge, welche im Verhältniss zu dem vorhandenen Silberbromid zugesetzt wurde, variierte bedeutend: von 0,5 bis 25 Gewichtsprocenten. In den meisten Fällen waren die Platten, welche für die Absorption gebraucht wurden, dünner mit der Emulsion überzogen, als jene, die auf ihre eigene spectrale Sensibilität untersucht wurden.

Um die Absorptionsspectra zu photographiren, musste eine Platte hergestellt werden, die ohne Unterbrechung vom Ultravioletten bis zum äussersten sichtbaren Roth, ohne Maxima und Minima der Sensibilität zu zeigen, empfindlich war. A. versuchte dies durch Zusatz verschiedener Stoffe — so von Chlorophyll, von verschiedenen gelben Farbstoffen und organischen Körpern, die verschiedene Farbstoffe enthielten, zu den Emulsionen zu erreichen, aber ohne Resultat. Dagegen ergaben sich die gewünschten Resultate bei Zusatz von Jaborandi Tinctur. (?) Die Tinctur enthält ausser dem Alkaloid eine beträchtliche Menge eines grünlich-gelben Farbstoffes. Sie kann zu der Bromsilbergelatine-Emulsion entweder vor oder nach Herstellung der Emulsion gesetzt werden. Die Gegenwart von Ammoniak ist nothwendig, sowie der kleinste mögliche Ueberschuss von Silbernitrat. Es gelang nicht immer, mit diesem Präparat gute Resultate zu erzielen. Von 9 oder 10 Emulsionen waren nur ungefähr 3 brauchbar. Eine solche Unsicherheit ist indessen bekanntlich bei vielen Emulsionen zu finden. Wird die Tinctur der Emulsion zugesetzt, gerade bevor man mit ihr die Platten überzieht, so muss man ausser Ammoniak noch etwas Silbernitrat hinzusetzen. Die so sensibilisirte Bromsilberplatte zeigt von F gegen das brechbarere Ende des Spectrums hin eine Empfindlichkeitscurve, wie gewöhnliches Bromsilber; von F bis B nimmt die Sensibilität ungefähr bis auf $\frac{1}{3}$, aber ganz gleichförmig ab.

*) Dieser Punkt ist zu beachten. Empfindliche Emulsionen zeigen oft merklich andere Resultate als unempfindliche. V.

**) Eder, Photographie mit Bromsilbergelatine p. 178.

Sie zeigt kein irgend erhebliches Maximum oder Minimum. Bei einigen Emulsionen zeigte sich ein ganz schwaches Maximum bei C, das aber bei anderen nicht zu beobachten war. Diese Platten wirken sehr langsam, ungefähr 100mal langsamer, wie die gewöhnlichen Platten des Handels.

Entwicklung der Negative. — Bei allen folgenden Versuchen wurde ein Hydrochinon-Entwickler benutzt. Er bestand aus:

| A | | B | |
|---------------|----------|--------------|----------|
| Hydrochinon | 18 g | Natronhydrat | 11,5 g |
| KBr | 3,5 " | Wasser | 1000 ccm |
| Natriumsulfit | 100 " | | |
| Wasser | 1000 ccm | | |

Gewöhnlich wurden von beiden Flüssigkeiten gleiche Volumina angewandt. Manchmal wurde — je nach den Umständen — etwas mehr von A mit Erfolg angewandt.

Zeichnungen. Nach den Aufnahmen werden dann die auf der Tafel I enthaltenen Zeichnungen entworfen. Dabei entspricht die Curve $E_1, E_2 \dots E_n$ stets der Empfindlichkeit, a der Absorption der mit dem Farbstoff allein getränkten Gelatineschicht, $a_1, a_2 \dots a_n$ der Absorption der mit Farbstoff und Bromsilber versetzten Gelatineschicht. a_1 und E_1, a_2 und $E_2 \dots$ beziehen sich jeweilig auf dieselbe Emulsion. Die kleineren Zahlen bezeichnen die laufende Nummer der der Zeichnung zu Grunde gelegten Platte. Bei der Reproduction der nach den Negativen hergestellten Positivs auf Fig. 55 ist zu beachten, dass eine helle Stelle im Empfindlichkeitsspectrum einem Maximum der Empfindlichkeit entspricht.

Acworth giebt folgende Beobachtungen:

Bromsilber-Emulsion. Die Bestimmung der spectralen Absorption war in Folge mehrerer Ursachen mit ziemlichen Schwierigkeiten verknüpft. Diese waren wesentlich dreierlei Art. 1. Das Maximum der Empfindlichkeit von AgBr erstreckt sich über einen ziemlich grossen Spectralbezirk und ist nicht sehr ausgeprägt. 2) Die Absorption ist in dem ganzen Bereich, in dem die Platte lichtempfindlich ist, sehr bedeutend. 3. Mangelt eine passend sensibilisirte Platte, um auf ihr die spectrale Absorption der Bromsilberemulsion zu photographiren.

No. 1 und 2 lassen sich nicht umgehen. Um einigermaassen von No. 3 herührende Irrthümer zu eliminiren, hat A. eine Reihe der Absorptionsspectra von AgBr aufgenommen (die Zeichnungen No. 1—3 rechts oben auf Tafel I) und zwar auf Platten von verschiedener spectraler Empfindlichkeit, so z. B. α) auf der AgBr-Platte selbst, β) auf einer AgBr, AgCl-Platte, γ) auf einer AgJ, AgBr, AgCl-Platte unter folgenden äusseren Bedingungen:

1. Die optischen Theile des Spectroskopes aus Glas erhielten das Licht von einem weissglühenden Welsbach'schen Gasbrenner. (Siehe Tafel I, 1. A bedeutet Absorption, E Sensibilität.)

2. Die optischen Theile des Spectroskops sind aus Glas, als Lichtquelle diente das durch einen Heliostaten reflectirte Sonnenlicht. Hier erhielt A. ähnliche Sensibilitäts- und Absorptionscurven wie in No. 1.

Bei 1. und 2. erscheinen die Sensibilitätsmaxima nach Roth hin gegen die Absorptionsmaxima verschoben.

3. Die optischen Theile des Spectroskops waren aus Quarz und erhielten das Licht von einer weissglühenden Zirkonplatte.

Bevor das Licht zur Bestimmung der Empfindlichkeit auf den Spalt fällt, geht es durch ein doppeltes Blättchen von Celluloid und Gelatine. Zur Be-

stimmung der Absorption stellte A., um Glas gänzlich zu vermeiden, ein Blättchen von Gelatinesilberbromid in folgender Weise dar: Eine Glasplatte wurde zuerst mit einer passenden Auflösung von Pyroxylin übergossen, dann getrocknet und hernach mit Bromsilber-Emulsion überzogen. Dann wurde sie wieder getrocknet (in der Dunkelkammer) und alsdann das ganze Häutchen vom Glase abgenommen. Bei der Untersuchung einer Reihe von Negativen auf verschiedenen Platten und bei verschiedenen Expositionsdauern erhielt A. Resultate, die den unter den Bedingungen 1 und 2 gewonnenen ähnlich sind.

Anilinfarben zeigen sehr geringes Bestreben, sich mit Silbersalzen zu verbinden und verringern die Empfindlichkeit beträchtlich. In vielen Fällen war es in Folge ihrer geringen Löslichkeit in Wasser oder in Wasser und Alkohol unmöglich, sie in gewisser Menge zu verwenden, um Resultate zu erhalten.

Alkaliblau. 6 B. Dieser Farbstoff löste sich leicht in Wasser oder in einem Gemisch von Wasser und Alkohol und gab einen theilweisen Niederschlag mit Silbernitrat. Ein mit einer kleinen Menge dieses Farbstoffes gefärbtes Gelatinehäutchen giebt ein Absorptionsmaximum bei D; bei grösserem Farbstoffzusatz beginnt die Absorption bei E und wächst fortwährend nach der weniger brechbaren Seite des Spectrums hin. Setzt man den Farbstoff zu einer feinkörnigen Bromsilberemulsion, so wird dadurch die allgemeine Sensibilität vermindert. A. fand, dass das beste Verhältniss des Farbstoffes zum Silberbromid ungefähr 2% war, um die allgemeine Sensibilität zu fördern, setzte A. 0,05 g AgNO_3 zu je 2 g des vorhandenen AgBr . Dieser Farbstoff sensibilisirt von A bis C mit einem Maximum bei B. Von C bis D nimmt die Sensibilität wieder ab, worauf sie wieder anwächst und ihr Maximum im Blau und jenseits desselben erreicht.

Die Absorption dieser Emulsion beginnt zwischen B und C, erreicht ein Maximum bei D, behält dieses bis F, wo sie plötzlich bis G zu einem breiten Minimum abnimmt, nach welchem sie wieder zunimmt.

Anilinblau ist löslich in Alkohol oder in einem Gemisch von Alkohol und Wasser und giebt keinen Niederschlag mit Silbernitrat. Die Absorption eines mit diesem Stoff gefärbten Gelatinhäutchens ist am intensivsten zwischen C und E und erreicht ungefähr bei D ein Maximum. Die besten Resultate mit diesem Farbstoff sensibilisirten Platten wurden dadurch erhalten, dass man auf je 2 g des verwendeten AgBr , 0,03 Anilinblau verwandte und 0,05 g AgNO_3 , um die Emulsion empfindlicher zu machen. Die Sensibilität beginnt bei C und erreicht ein Maximum bei D, nach welchem sie allmählich bis F abnimmt, wo die Sensibilität von neuem anwächst und bald ihr höchstes Maximum erreicht. Es ist bemerkenswerth, dass bei diesem Farbstoff das Sensibilitätsmaximum nahe mit seinem Absorptionsmaximum bei der gefärbten Gelatine zusammenfällt. Diese Erscheinung ist eine Ausnahme gegenüber der sonst festgestellten Thatsache, dass die sensibilisirende Wirkung eines Farbstoffs beträchtlich gegenüber dem Absorptionsmaximum nach dem rothen Ende verschoben ist.

Es ist kein anderer Farbstoff von A. untersucht worden, der eine so geringe Verschiebung des Sensibilisirungsmaximums gegen sein eigenes Absorptionsmaximum in Gelatine gezeigt hat. Sie scheinen fast identisch zu sein. Weitere Versuche will A. hierüber noch anstellen. Die Absorption der gefärbten Emulsion beginnt ungefähr bei B, steigt sehr langsam an und erreicht ungefähr bei F ein Maximum, nimmt dann wieder ab bis G, von wo an sie wieder wächst, wie aus der Zeichnung zu ersehen ist.

Safranin. $\text{C}_{21}\text{H}_{22}\text{N}_4\text{HCl}$. Dieser Farbstoff ist leicht in Wasser löslich, ohne eine Fluorescenz zu zeigen; er löst sich auch in Alkohol mit gelber

Fluorescenz, ist aber unlöslich in Aether. Er färbt sehr stark, und drückt die allgemeine Empfindlichkeit beträchtlich herunter, selbst wenn er in kleinen Quantitäten angewendet wird. AgNO_3 giebt einen theilweisen Niederschlag, der in Wasser unlöslich ist. Ein mit Safranin gefärbtes Gelatinehäutchen zeigt ein Absorptionsspectrum mit zwei Bändern; die Absorption beginnt bei $D \frac{1}{3} E$, erreicht ein Maximum gerade vor E, von da fällt sie rasch zu einem kleinen Minimum bei $E \frac{1}{3} F$ ab; von hier aus steigt sie zu einem zweiten Maximum etwas vor F, worauf sie rasch auf Null bei $F \frac{1}{2} G$ herabsinkt. Zur Erhöhung der Sensibilität war es am besten zu je 2 g AgBr, die in einer Emulsion enthalten waren, 0,025 g des Farbstoffes zuzusetzen und ausserdem 0,050 g AgNO_3 und 0,05 cc Ammoniak vom spec. Gew. 0,937. Diese Emulsion gab bei D ein etwas nach dem brechbaren Ende gelegenes Sensibilitätsmaximum, sie zeigte indessen eine Sensibilisirung durch das Grün, worauf die gewöhnliche AgBr Empfindlichkeit beginnt. Eder sagt: „Safranin ist ein guter Sensibilisator für grün, seine Wirkung erstreckt sich bei genügend langer Belichtung bis etwas über D. Die Wirkung im Grün stieg bei meinen Versuchen zu keinem starken Maximum an, sondern verläuft bis E, wonach die Curve der Wirkung gegen Blau rasch aufsteigt“ (s. p. 166 „Photographie mit Bromsilbergelatine“).

Aus Eder's Versuchen ergibt sich sicherlich eine Curve, die von der von A. gezeichneten verschieden ist.

Eine bemerkenswerthe Eigenschaft sensibilisierter Safraninplatten, welche sich bei allen seinen Resultaten zeigte, die auf dem gewöhnlichen Wege dargestellt und entwickelt wurden, ist die, dass an der Stelle, wo die spectrale Sensibilität endet, an der weniger brechbaren Seite zwischen C und D gegen das Ende des entwickelten Spectrums jenseits A, sich deutlich nicht bloß ein gänzlicher Mangel an Sensibilität zeigt, sondern auch eine bedeutende bleichende Wirkung. Platten, die dem Spectrum ausgesetzt waren, widerstanden absolut in dieser Gegend dem Entwickler, sie blieben hell und klar. Für diese Erscheinung findet Acworth keine Erklärung.

Obgleich der Farbstoff für ein Band allein sensibilisirt, zeigt die gefärbte Emulsion, sowohl photographisch wie unter blossen Auge, zwei Absorptionsbänder, die dem des Farbstoffs sehr ähnlich sind.

Anilinroth (Rosanilinchlorhydrat). Dieser Farbstoff ist sehr leicht löslich in Wasser, das etwas Alkohol enthielt. Zusatz von AgNO_3 verursacht leichtes Opalisiren und lässt die Farbe beträchtlich tiefer erscheinen. In einem mit Anilinroth gefärbten Gelatinehäutchen beginnt die Absorption bei D, steigt rasch zu einem Maximum an bei $D \frac{1}{3} E$; von da nimmt sie zuerst langsamer bis ungefähr gegen F ab. Als günstigstes Verhältniss des Farbstoffzusatzes zu dem vorhandenen AgBr fand Acworth 1 Proc. A. setzte auch etwas Ammoniak zu, doch anscheinend so wenig, dass die spectrale Sensibilisirungswirkung nicht beeinträchtigt wurde. Diese Emulsion gab ein Empfindlichkeitsband, das bei B begann, vor C ein Maximum erreichte und bei $D \frac{1}{3} E$ verschwand. Bei $D \frac{1}{2} E$ zeigt sich erneut geringe Sensibilität, bis in die Gegend der blauen und violetten Sensibilität. Die Absorption dieser Emulsion beginnt ungefähr bei D, und erreicht rasch ein Maximum bei $D \frac{1}{3} E$; von da fällt sie schwach bis $D \frac{1}{2} E$, von wo sie bis $F \frac{1}{3} G$ sich gleich bleibt; daselbst nimmt sie wieder etwas ab. Das Sensibilitätsmaximum der mit Anilinroth gefärbten Platte ist stark nach dem Roth gegen das Absorptionsmaximum verschoben.

Chrysanilin $\text{C}_{20}\text{H}_{17}\text{N}_5\text{HNO}_3$ löst sich recht gut in einem Gemisch von Alkohol und Wasser. Das mit ihm gefärbte Gelatinehäutchen zeigt eine Absorption, die bei $E \frac{1}{4} F$ beginnt und ein Maximum auf der brechbareren Seite

von F erreicht, von wo an es eine allgemeine Absorption bis gegen das Ende des Spectrums zeigt. Um die mit dem Farbstoff versetzte Emulsion möglichst empfindlich zu machen, benutzt man auf je 2 g AgBr ca. 0,07 g Chrysanilin; dazu wurde eine kleine Menge Ammoniak gesetzt. Diese Emulsion gab zwei Sensibilitätsbänder, ein schwaches bei C $\frac{1}{2}$ D, ein starkes bei F, zwischen beiden liegt ein Minimum bei D. Die Absorption dieser Emulsion beginnt bei D und erreicht bei F $\frac{1}{3}$ G ein Maximum, nach welchem sie allmählich schwächer wird bis G, von wo an sie wieder etwas zunimmt.

Aldehydgrün. Mit diesem Farbstoff erzielte A. nicht besonders gute Resultate. Er ist fast unlöslich in Wasser und nicht sehr löslich in Alkohol. A. verwendete ungefähr 0,005 g desselben auf je 2 g AgBr unter Zusatz von etwas Ammoniak. Die Absorption eines mit diesem Stoff gefärbten Gelatinehäutchens beginnt bei B, erreicht ein Maximum bei C $\frac{1}{5}$ D, von wo aus sie wieder abnimmt bis E $\frac{1}{2}$ F mit einem sehr schwachen Maximum bei D. Die gefärbte Emulsion zeigt ein einfaches Sensibilitätsband, das bei C $\frac{1}{3}$ D beginnt und bei C $\frac{3}{4}$ D ein Maximum erreicht; von da nimmt die Sensibilität rasch ab und zeigt bei E bis F gleiche Sensibilität, wo dann die gewöhnliche Sensibilität von AgBr für das Blau und Violett beginnt. Die Absorption dieser Emulsion bestimmte A. mit blossem Auge — es war dies der einzige Fall, in welchem dies allein geschah, sonst hat er dieselbe stets photographisch verfolgt. Im Roth zeigt sich allgemeine Absorption und ein Maximum bei D, ferner eine allgemeine Absorption bis über F $\frac{1}{2}$ G hinaus, wo sie beträchtlich zu steigen begann.

Malachitgrün, leicht löslich in Wasser. In Gelatine zeigt dieser Farbstoff ungefähr an derselben Stelle ein Absorptionsmaximum, wie Aldehydgrün. Das Band beginnt bei C und steigt rasch zu einem Maximum an, von wo es bis D abnimmt. Die Absorption im Blauen und darüber hinaus verhält sich ähnlich. Um Emulsionen zu erhalten, die nach Zusatz des Farbstoffes noch empfindlich sind, setzte A. denselben sowohl vor wie nach Herstellung der Emulsion hinzu und zwar mit gleichem Erfolge. Als bestes Verhältniss fand A. ungefähr 0,03 g des Farbstoffes auf je 2 g AgBr. In einem einzigen Falle setzte A. noch etwas Ammoniak zu, um die Sensibilität zu erhöhen (ein grösserer Zusatz bleicht die Farbe); in anderen Fällen verwendete A. Ammoniak und AgNO₃ zu demselben Zwecke mit gleichem Erfolge. Die Emulsionen gaben eine Sensibilitätscurve, die nahe mit der von Dr. Eder gezeichneten übereinstimmt, nämlich ein Maximum bei C, dann eine Lücke bis E, von wo die Sensibilität allmählich zunimmt und ein Maximum bei G erreicht. Die Absorption dieser Emulsion beginnt bei B $\frac{1}{2}$ C, wächst zu einem Maximum bei C $\frac{1}{3}$ D und nimmt allmählich gegen D hin ab; von hier aus bleibt sie schwach, steigt schwach an bis F, von wo aus sie zu einem zweiten Minimum bei G herabsinkt und hernach wie gewöhnlich steigt.

Jodgrün. Dieser Farbstoff ist leicht löslich in Wasser und giebt keinen Niederschlag mit AgNO₃. In Gelatine zeigte der Farbstoff zwei Absorptionsbänder — die Absorption beginnt bei B $\frac{1}{2}$ C, erreicht bei C ein Maximum, sinkt von hier aus zu einem Minimum bei C $\frac{2}{5}$ D herab, steigt hierauf wieder zu einem zweiten Maximum bei D an und nimmt bei E aber wieder ab. Dieser Farbstoff zeigt in Gelatine eine merkwürdige, zunächst nicht zu erklärende Erscheinung. Es kann nämlich auf derselben Platte, die mit dem gefärbten Häutchen überzogen ist, jedes von den zwei Bändern die grössere Absorption zeigen. Bevor A. diese Thatsache mit Sicherheit feststellte, glaubte er, bei einer Reihe von Messungen Fehler begangen zu haben, denn beim Vergleichen

seines Negatives mit dem gefärbten und direct spectroscopisch untersuchten Häutchen konnte er in dem letzteren überhaupt nur ein deutliches Band finden, während das negative Bild zwei zeigte. Als er einen anderen Theil desselben Häutchens untersuchte, sah er das fehlende Band und fand, dass es das erstere sogar an Intensität übertraf. Die Erscheinung könnte auf einer verschiedenen Beschaffenheit des Jodgrüns an verschiedenen Stellen der Platte beruhen.

Mit Jodgrün war es ausnehmend schwierig, einigermaassen gute Resultate zu erhalten. Der Farbstoff ist ein äusserst empfindlicher Körper hinsichtlich seiner Behandlungsweise, er setzt die Empfindlichkeit sehr herab; manchmal erhielt A. Sensibilitätsbänder, manchmal auch nicht. Obgleich der Farbstoff in Gelatine oft zwei Absorptionsmaxima zeigt, zeigt die gefärbte Emulsion in allen Fällen, die er untersucht hat, nur eines. Die Empfindlichkeit beginnt bei $C \frac{1}{3} D$, erreicht ein Maximum bei $C \frac{1}{2} D$, nimmt bis D wieder ab und behält denselben Werth bis $F \frac{1}{3} G$, wo sie wieder grösser wird und ein zweites Maximum bei $F \frac{2}{3} G$ erreicht. Die Bestimmung der Absorption ergab keine befriedigende Resultate. Aenderungen in der Intensität der zwei Absorptionsbänder kamen ebenso vor, wie bei dem gefärbten Gelatinehäutchen ohne Bromsilber. Jedoch dürfte die Absorption für durch Jodgrün sensibilisirte Emulsionen im Allgemeinen so verlaufen, wie sie die Figur Tafel I darstellt. Die Absorptionsbänder variiren zwar in ihrer Intensität je nach der Menge des vorhandenen Farbstoffes, aber die Lage derselben bleibt in allen Fällen die gleiche. Die Absorptionsbänder der Emulsion liegen an derselben Stelle, wie die Absorptionsbänder des gefärbten Gelatineblättchens. Bei dem ersteren findet aber eine bedeutende allgemeine Absorption von E bis F statt, welche bis zu einem Minimum bei $F \frac{2}{3} G$ abnimmt, bevor sie sich zum grössten Absorptionsmaximum bei h erhebt.

Coupiérblau (Sulfosäure des nach dem Nitrobenzolverfahren gewonnenen Violanilins) sensibilisirt für alle weniger brechbaren Strahlen von E bis in's Rothe hinein. Dieser Farbstoff löst sich sehr leicht in Wasser. Ein mit ihm gefärbtes Gelatineblättchen zeigte, dass die Absorption ungefähr bei a beginnt, bei C fängt sie an sehr rasch zu wachsen und zeigt bei D ein Maximum, nimmt bis $D \frac{1}{2} E$ ab, um allmählich bei G zu verschwinden. Zur Herstellung der gefärbten Bromsilbergelatineplatten fand er, dass ungefähr 0,010 g des Farbstoffes auf je 2 g des vorhandenen $AgBr$ das günstigste Resultat lieferten; grösserer Zusatz verzögerte die Wirkung der Platte beträchtlich und färbte sie auch zu dunkel.

Eder giebt an, dass dieser Farbstoff nur zwei Sensibilitätsbänder zeigt. Bei genauerer Untersuchung fand A., dass ausser dem gewöhnlichen Maximum im Blauen fünf andere Bänder in dem weniger brechbaren Theile des Spectrums liegen. Das erste beginnt auf der weniger brechbaren Seite von A , erreicht sein Maximum zwischen A und a ; das zweite Maximum erscheint bei C , das dritte bei $C \frac{1}{2} D$, das vierte bei $D \frac{1}{2} E$ und das fünfte gerade vor E ; je zwei Maxima werden durch ein Minimum getrennt. Das dritte oder mittlere dieser Maxima ist das intensivste. Die Absorptionsmaxima der gefärbten $AgBr$ -Emulsion in der Photographie erscheinen zu undeutlich, als dass sie mit Sicherheit gezeichnet werden könnten. Die Absorption beginnt bei a , von wo aus sie ziemlich regelmässig ungefähr bis D verläuft. Hier zeigt sie ein schwaches, nicht sehr deutliches Maximum, das wahrscheinlich dem Maximum des Empfindlichkeitsbandes bei $C \frac{1}{2} D$ entsprach; von D ist die Absorption wieder nahe constant, bis gerade vor E , woselbst sie wieder wächst und ungefähr bei E ein Maximum erreicht, das bis $F \frac{1}{2} G$ reicht, dann fällt sie wieder; bei G erreicht sie ein Minimum und nimmt unmittelbar hernach noch einmal zu.

Anilin Safrosin von Prof. O. F. Fischer. Er ist leicht löslich in Wasser; AgNO_3 bewirkt einen schweren Niederschlag, der in Wasser, das kein AgNO_3 enthält, löslich ist. In einem mit diesem Farbstoff gefärbten Gelatinhäutchen ergiebt sich das Absorptionsspectrum sehr nahe mit jenem von Eosin übereinstimmend. Die Absorption beginnt bei $D \frac{1}{2} E$ und erreicht ein Maximum bei $D \frac{3}{4} E$; von da sinkt sie zu einem Minimum ungefähr bei E herab und erhebt sich wieder zu einem zweiten kleineren Maximum, alsdann verschwindet sie gegen F zu. Auf den Negativen ist auch ein schmales Absorptionsband bei C zu sehen, doch ist A . über seine Existenz nicht absolut sicher.

Anilin Safrosin verzögert die Lichtempfindlichkeit einer AgBr -Emulsion in hohem Grade, wie das Safranin. Um die beste Sensibilisierungswirkung mit dem Farbstoff zu erzielen, setzte A . $\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$ Proc. desselben zu dem angewandten AgBr . — Die erstere Menge gab bessere Resultate. Sensibilitätsbänder sind drei vorhanden, das erste zwischen A und a , das zweite zwischen B und C , das dritte Hauptband erstreckt sich von $C \frac{1}{2} D$ aus und erreicht ein Maximum gerade vor D , bei $D \frac{1}{3} E$ verschwindet es. Ueber F hinaus beginnt die gewöhnliche Sensibilität für das Blau und Violett.

Dieser Farbstoff zeigt ebenso wie das Safranin die merkwürdige Erscheinung, dass er während der Entwicklung gebleicht wird an der weniger brechbaren Seite des Spectrums.

Das Absorptionsspectrum dieser Emulsion scheint zunächst aus einem Band bei $C - C \frac{1}{4} D$ zu bestehen (über dessen Existenz A . indess nicht ganz sicher ist); ein zweites Absorptionsband beginnt bei $D \frac{2}{5} E$ und erreicht ein Maximum bei $D \frac{3}{4} E$. — Von E aus nimmt die Absorption ab und endet bei $F \frac{1}{2} G$. Bei G beginnt die der Absorption von AgBr entsprechende Absorption, die bald ein Maximum erreicht.

Fuchsin, $\text{C}_{20}\text{H}_{19}\text{N}_3\text{HCl}$, ist leicht löslich in Wasser oder in einem Gemisch von Wasser und Alkohol. AgNO_3 giebt keinen Niederschlag. Die Absorption in einem mit Fuchsin gefärbten Gelatinehäutchen ist jener von Anilinroth sehr ähnlich. Das Maximum liegt bei $D \frac{1}{3} E$, es fällt jedoch nicht so steil auf der brechbareren Seite ab. Zu einer Emulsion, die mit diesem Farbstoff sensibilisirt werden sollte, setzte A . 0,05–0,10 g des Farbstoffes zu je 2 g des vorhandenen AgBr ; zu dieser Menge fügte er auch 0,050 AgNO_3 , aber kein Ammoniak. Die Emulsion gab ein ziemlich breites, aber intensives Sensibilitätsband bei $C \frac{1}{3} D$, welches vor D beinahe schwand und schwach bis zum Beginn der blauvioletten Sensibilität des gewöhnlichen AgBr blieb. Das Absorptionsmaximum erscheint gegen das Sensibilitätsmaximum bedeutend verschoben; es steigt steil zu einem Maximum bei $D \frac{1}{3} E$ an; bei $D \frac{2}{3} E$ verschwindet die Absorption fast gänzlich, bis nach G hin, woselbst sie wieder wächst, entsprechend der normalen Absorption des AgBr .

Die Anilinfarben, welche A . verwendete, zeigten durchaus wenig oder gar kein Bestreben, sich mit Silber zu verbinden; in mehreren Fällen drückten sie die Gesamttempfindlichkeit des AgBr herab und stets war es schwierig, wirklich gute Resultate für die Sensibilisierung und Absorption zu erzielen.

Magdalaroth (rothes Naphtol, Chlorhydrat des Rosanaphtylamin, $\text{C}_{30}\text{H}_{21}\text{N}_3\text{HCl}$) ist unlöslich in Wasser, aber löslich in einem Gemisch von Alkohol und Wasser. Ein mit diesem Stoff gefärbtes Gelatinehäutchen zeigt bei $D \frac{2}{3} E$ ein starkes Absorptionsmaximum; vor E nimmt die Absorption beträchtlich ab und verschwindet ganz bei F . Magdalaroth, das einer AgBr -Emulsion zugesetzt wird, sensibilisirt sehr stark für das Gelb, ohne zugleich die Gesamt-

empfindlichkeit so stark zu reduciren, wie das bei Anwendung der meisten Anilinfarben eintritt.

Auf je 2 g des vorhandenen AgBr in der Emulsion sind ungefähr 0,05 des Farbstoffes zuzusetzen, um eine gute Sensibilisierungs- und Absorptionswirkung zu erhalten. A. setzte auch ein wenig Ammoniak zu, um die Sensibilität zu erhöhen. Die Sensibilisierungswirkung beginnt bei $C \frac{2}{3} D$, wächst zu einem breiten Maximum auf beiden Seiten von D an (aber hauptsächlich auf der brechbareren), wird dann bedeutend kleiner bei $D \frac{1}{2} E$ und verschwindet ungefähr bei F ganz; die Emulsion zeigt geringe Sensibilität im Blauviolett, sogar bei sehr langer Exposition. Die Absorption dieser Emulsion beginnt bei $D \frac{1}{3} E$, steigt steil zu einem Maximum an bei $D \frac{2}{3} E$ und nimmt dann ab zu einem Minimum kurz vor E; dann wächst sie wieder auf der brechbareren Seite von E und weit darüber hinaus, welche mit dem AgBr entsprechende Absorption übereinstimmt.

Cyanin, $C_{29}H_{35}N_2J$. Der Farbstoff löst sich leicht in einem Gemisch von Wasser und Alkohol. In Gelatine beginnt die Absorption bei $C \frac{1}{3} D$, erreicht rasch ein Maximum, welches bis über D hinausgeht, bei $D \frac{1}{4} E$ sinkt sie zu einem Minimum; von da an steigt die Absorption zu einem zweiten Maximum an bei $D \frac{1}{2} E$, das aber nicht so intensiv ist, wie das erste, und darauf nimmt sie allmählich ab bis Null, ungefähr bei $E \frac{1}{2} F$. Hinsichtlich der Sensibilisierungswirkung erhielt A. mehrere nicht ganz übereinstimmende Resultate.

Eine erste Emulsion erhielt A. durch Hinzufügung von Cyanin zu einer fertigen Brom-Jodsilber-Emulsion mit Ammoniak, und zwar im Verhältniss von 1 mg Cyanin zu einem Gramm des gemischten Silbersalzes. Die Verschiebung der Sensibilisierungswirkung gegenüber der Absorptionswirkung des Farbstoffes selbst ist in diesem Falle nicht gross. Die Sensibilität beginnt bei C, erreicht bei $C \frac{1}{2} D$ ein Maximum und bei D ein Minimum, steigt dann zu einem zweiten grösseren Maximum bei $D \frac{1}{3} E$ an sinkt allmählich auf Null herab etwas jenseits E, worauf starke Sensibilität für das Blauviolett beginnt.

Dieses Resultat steht dem Eder's am nächsten.

Unter vielen anderen Versuchen, die meistens wegen des auftretenden Schleiers beim Entwickeln misslangen, erhielt A. mit Gelatine-Bromchlor-Silber Resultate, die ganz unerwartet waren (siehe No. 81). Die Sensibilitätsbänder werden beträchtlich getrennt.

Das weniger brechbare Band bleibt an derselben Stelle, dann folgt ein breites Minimum, das sich bis $D \frac{1}{3} E$ ausdehnt, woselbst es steil zu einem Hauptmaximum bei $D \frac{2}{3} E$ ansteigt; dann nimmt die Absorption wieder rasch ab und verschwindet gänzlich etwas jenseits von E. Das brechbarere Maximum, welches bei Brom-Jodsilber das kleinere war, und jetzt das Hauptmaximum geworden ist, zeigt gegenüber der Lage der Absorptionsstreifen und der Emulsion das normale Verhalten, d. h. es ist nach dem Roth verschoben. Gegenüber der Lage der Absorptionsstreifen des Farbstoffes in Gelatine allein, ist es aber nach dem Blau verschoben, es ist dies der einzige Fall, in dem ich eine solche Verschiebung constatiren konnte. Die Absorption dieser farbenempfindlichen Emulsion beginnt bei $C \frac{1}{2} D$ und steigt rasch zu einem Maximum bei $C \frac{3}{4} D$ an, welches durch D hindurch constant bleibt; nimmt dann ab zu einem nicht sehr tiefen Minimum bei $D \frac{1}{4} E$ und erhebt sich dann zu einem zweiten Maximum bei $D \frac{2}{3} E$, hierauf fällt die Absorption und wird jenseits E unbestimmt.

Die meisten der A.'schen Versuche wurden mit AgBr angestellt; bei dem einen (Zeichnung No. 144) wurden 0,04 g Cyanin zu je 2 g des vorhandenen

AgBr gesetzt, ausserdem wurden noch 0,045 AgNO₃ und 0,25 Ammoniak (0,937) verwendet. Dieser Versuch gab ein Resultat, das von den anderen wieder ganz verschieden war.

Die Sensibilisierungswirkung erstreckt sich wahrscheinlich wegen der Anwendung einer grösseren Farbstoffmenge weiter nach beiden Seiten, aber besonders gegen das Rothe hin. Das weniger brechbare Band beginnt bei B und erreicht etwas jenseits C ein breites Maximum; hierauf nimmt die Sensibilität zu einem breiten Minimum ungefähr bei C ²/₃ D ab und wächst wieder zu einem zweiten breiten Maximum ungefähr bei D ¹/₂ E an, worauf sie rasch gegen E hin abnimmt. Die Absorption dieser Emulsion ist jener der Bromjod-Emulsion sehr ähnlich, obwohl hier ein bedeutender Unterschied in der gesammten Sensibilität vorhanden ist. Das dem weniger brechbaren Band entsprechende Absorptionsband ist gegen den brechbareren Theil des Spectrums hin beträchtlich verschoben; bei dem brechbareren Band ist die Verschiebung, wenn überhaupt eine solche vorhanden ist, ganz gering.

Es erfordert grosse Sorgfalt, um beim Sensibilisiren mit grossen Quantitäten von Cyanin das Auftreten von Schleiern zu verhüten.

Bei No. 20 war Cyanin und Ammoniak zu einer gewöhnlichen Bromjodemulsion vor dem Giessen gesetzt wurden. No. 81 war eine Brom-Chlorsilber-Emulsion, zu welcher Cyanin allein zugesetzt wurde; No. 144 war eine Bromsilber-Emulsion, zu welcher Cyanin mit AgNO₃ und Ammoniak gesetzt wurden. (S. a. Cap. XXIV.)

[Eder empfiehlt statt des gewöhnlichen Cyanins (Jodcyanins) das Chlorcyanin, welches man aus gewöhnlichem Cyanin durch Abdampfen mit verdünnter Salzsäure erhält. Das Absorptionsspectrum desselben und die Stelle der Farbensensibilisation ist mit der des Jodcyanins identisch, doch ist die Empfindlichkeit einer Chlorcyaninplatte merklich geringer als die einer Jodcyaninplatte, die Chlorcyaninplatten arbeiten jedoch reinlicher. V.]

Weiter untersuchte A. die Farbstoffe der Eosinreihe.*)

Fluoresceïn, C₂₀H₁₂O₅, löst sich in einem Gemisch von Alkohol und Wasser und bildet nur schwer einen Niederschlag mit AgNO₃. In Gelatine zeigt die Farbe eine bedeutende Absorption durch das ganze sichtbare Spectrum hindurch. Sie scheint bei a zu beginnen und bleibt klein bis D ²/₃ E. Bei E beginnt sie zu steigen und erreicht das grösste Maximum beiderseits von F, dann nimmt sie wieder gegen das brechbare Ende des Spectrums hin langsam ab, ohne Maxima und Minima zu zeigen. Um eine AgBr-Emulsion mit Fluoresceïn zu sensibilisiren, verwendete A. Mengen von in Alkohol und Wasser aufgelöstem Fluoresceïn, die von 0,03 bis 0,200 g auf je 2 g des anwesenden AgBr variirten. Ammoniak wurde in allen Fällen zugesetzt. Die Sensibilisierungswirkung entspricht bei dem geringsten Farbstoffzusatz zunächst einem schwachen Band gerade vor D, verschwindet dann beinahe ganz, steigt hernach wieder rasch zum grössten Maximum der Sensibilisierungswirkung bei D ⁴/₅ E; von E nimmt sie allmählich ab bis F und wird bei F ³/₄ G Null. Ueber G hinaus zeigt sich nur geringe Empfindlichkeit in dem brechbareren Theile des

*) Aus den Angaben der Bezugsquelle von A. geht hervor, dass nicht alle seine Eosinfarbstoffe rein gewesen sind, und insofern sind E. Vogel's Untersuchungen über Eosine (s. o. p. 166), die mit gereinigten Farbstoffen angestellt sind, ausschlaggebend.

Spectrums. Die Absorption dieser Emulsion beginnt bei D, sie bleibt andauernd klein bis etwas nach E, wo sie ziemlich rasch zu steigen beginnt und ein Maximum bei F erreicht; dann sinkt sie wieder zu einem Minimum ungefähr bei G herab, woselbst sie wieder zu steigen beginnt.

Wird mehr Farbstoff einer Emulsion zugesetzt, so ändert sich natürlich das Aussehen des Absorptionsspectrums etwas. Bei Zusatz von 10 Proc. des Farbstoffs zu AgBr bleibt das schwache Band im Gelb so ziemlich dasselbe, aber das starke Band im Grün bei $D \frac{3}{4} E$ wird auf beiden Seiten steiler und jenseits von $E \frac{1}{3} F$ herrscht nur geringe Sensibilität in dem brechbareren Theile des Spectrums. Die Absorption dieser Emulsion ist im Wesentlichen dieselbe in Bezug auf die Lage des grossen Absorptionsmaximums wie diejenige einer Emulsion, welche weniger Farbstoff enthält; hier erscheint indessen ein beträchtliches Anwachsen der Absorption gerade vor F, dann wird sie etwas geringer, wächst aber hernach wieder, wie aus der Zeichnung zu ersehen ist. Die Verschiebung des Maximums der Sensibilisierungswirkung gegenüber ihrer eigenen Absorption ist bei diesem Farbstoff sehr bedeutend. A.'s Farbensensibilisierungscurven lassen sich nicht mit den von Eder angegebenen vergleichen, weil A. mehr Farbe als jener bei seinen Versuchen verwendete.

Uranin, Fluoresceïnatrium, $C_{20}H_{10}O_5Na_2$, ist in Wasser leicht löslich und giebt mit $AgNO_3$ einen orangefarbigem, leicht löslichen Niederschlag. Wird ein Gelatinehäutchen nicht zu stark damit gefärbt, so beginnt die Absorption ungefähr bei E, steigt dann auf einmal rasch zu einem Maximum bei $E \frac{1}{2} F$ an, beginnt dann zu fallen, wird bei $F \frac{1}{2} G$ fast Null und ist bis an's Ende des brechbareren Theiles des Spectrums schwach. Wird ein Häutchen intensiver gefärbt, so beginnt die Absorption bei $D \frac{1}{2} E$ und steigt rasch zu einem Maximum an, welches bis an's Ende des brechbareren Theiles des Spectrums andauert.

Zum Zwecke des Sensibilisirens benutzte A. Quantitäten von Uranin, die von 0,1 bis 0,3 g auf je 2 g des in der Emulsion enthaltenen AgBr variirten. No. 110 stellt die Sensibilitätscurve dar, bei welcher der erste Betrag verwendet wurde. Die Sensibilisierungswirkung gleicht der von Fluoresceïn. Die Sensibilität beginnt bei $C \frac{2}{3} D$ und erreicht ein sehr kleines Maximum gerade vor D; von da sinkt sie zu einem kleinen Minimum bei $D \frac{1}{4} E$ herab, worauf sie plötzlich zu einem breiten Maximum bei $D \frac{2}{3} E$ sich erhebt, das bis jenseits E reicht, von wo aus die Sensibilität rasch abnimmt bis F, wo sie fast ganz verschwindet; darüber hinaus zeigt sich eine nur schwache Sensibilität für das Blau und Violett. Die Absorption beginnt bei $C \frac{2}{3} D$ und wächst erst langsam an bis D, von da rascher zu einem Maximum auf beiden Seiten von F, dann nimmt sie wieder zu einem breiten Minimum ungefähr bis G ab, hierauf steigt sie wie gewöhnlich.

Bei grösserem Zusatz von Uranin, z. B. von 0,3 g zu je 2 g des vorhandenen AgBr wird die spectrale Sensibilität etwas verändert, bei kurzer Exposition steigt die Sensibilität plötzlich bei $D \frac{1}{4} E$ zu einem breiten intensiven Maximum an, nimmt aber dann wieder von E sehr rasch zu einem Minimum ab, dem ein zweites Maximum bei F folgt, welches rasch auf Null zwischen F und G herabsinkt. Darüber hinaus zeigt sich nur geringe Sensibilität. Bei einer längeren Exposition ist das Resultat ein ähnliches, die Sensibilität erstreckt sich jedoch weiter nach der weniger brechbaren Seite des Spectrums fast bis C. Das Absorptionsmaximum der stärker gefärbten Emulsion ist ausgesprochener und gleicht eher dem des Farbstoffes in Gelatine.

[Faint, illegible handwriting in a cursive script, possibly a historical manuscript or ledger, covering the majority of the page.]

wieder verschwindet. Im Blauen und Violetten und darüber hinaus ist die spectrale Sensibilität sehr schwach.

Das Absorptionsspectrum dieser Emulsion gleicht sehr stark dem des reinen Eosins ohne Bromsilber in Gelatine. Es besteht aus zwei Bändern; das erste und grösste beginnt bei $D \frac{2}{3} E$ und erreicht bei $D \frac{2}{3} E$ ein Maximum, das demjenigen des Eosins selbst sehr ähnlich ist. Weiter hinaus ist geringe Absorption im Violetten vorhanden, wie es in der Figur wiedergegeben ist.

Erythrosin (Tetraiodfluoresceïn $C_{20}H_6O_5J_4K_2$) ist wohl von allen Eosinstoffen derjenige, der am eingehendsten auf seine farbensenibilisirende Kraft untersucht wurde.

In Gelatine ist seine Absorption durch ein intensives Band charakterisirt, das an derselben Stelle wie jenes von Tetrabromfluoresceïn liegt; auf der brechbareren Seite scheint jedoch das kleinere Band zu fehlen. Von E fällt die Absorption rasch ab bis $E \frac{1}{3} F$, dann verschwindet sie bis etwas über F hinaus. Auf der weniger brechbaren Seite des grossen Absorptionsbandes ist die Absorption schwächer als bei Eosin. Das Silbersalz des Tetraiodfluoresceïn ist unlöslich in Wasser, das $AgNO_3$ enthielt. A. stellte diese Verbindung her, indem er Silbernitrat zu einer Lösung von Eosin setzte, dann den Niederschlag auf ein Papierfilter brachte und ihn so lange auswusch, bis er frei von Silber war. Dann löste er ihn in destillirtem Wasser und fügte ihn zu Gelatine, die sorgfältigst mit destillirtem Wasser ausgewaschen worden war. Die Silbererythrosin-Gelatine zeigte eine spectrale Absorption, die mit jener des Farbstoffes selbst übereinstimmte.

Um farbenempfindliche Emulsionen zu gewinnen, verwendete er verschiedene Mengen des Farbstoffes von 5—25 Proc. von dem Gehalt des vorhandenen AgBr.

No. 40 stellt die Sensibilitätscurve einer Emulsion dar, die mit 5 Proc. Erythrosin des verwendeten AgBr sensibilisirt wurde. Die Sensibilität beginnt bei $C \frac{2}{3} D$ und steigt auf einmal zu einem Maximum an; bei D fällt sie wieder zu einem schwachen Minimum, dann erhebt sie sich wieder zu einem zweiten Maximum bei $D \frac{1}{3} E$, fällt hierauf wieder bei $D \frac{1}{2} E$ beinahe auf Null gerade vor E; hernach erhebt sie sich wieder zu einem geringeren Maximum bei $E \frac{2}{3} F$ und fällt wieder nach F ab. In dem brechbareren Theile des Spectrums zeigt diese Emulsion nur geringe Sensibilität. Die Absorption scheint auf beiden Seiten von D mit einem matten Band zu beginnen. Die Hauptabsorption beginnt bei $D \frac{2}{3} E$ und erreicht rasch ein Maximum; bei E sinkt sie rasch. Etwas jenseits F erhebt sie sich wieder zu einem zweiten schwachen, aber breiten Maximum, dann kommt die Stelle der geringsten Absorption vor G, worauf sie wieder wächst.

No. 103 stellt die Sensibilitätscurve dar, die einer Emulsion entspricht, die man erhält, wenn man 25 Proc. Erythrosin und Ammoniak zu dem verwendeten AgBr hinzusetzte. Das Hauptband speciell scheint etwas mehr gegen das weniger brechbare Ende verschoben — es beginnt ungefähr bei $C \frac{2}{5} D$, wächst rasch zu einem Minimum an und fällt wieder plötzlich gerade vor D zu einem Minimum, dann erhebt es sich schwach zu einem zweiten Maximum bei $D \frac{1}{3} E$ und sinkt auf Null herab bei $D \frac{3}{4} E$. Für die Strahlen jenseits des Blau-Violetten zeigt diese Emulsion keinerlei merkliche Sensibilität. Die Absorption scheint mit einem unsicheren matten Band auf beiden Seiten von D zu beginnen. Die Hauptabsorption beginnt bei $D \frac{1}{2} E$ und steigt steil zu einem Maximum an; bei E fällt sie wieder plötzlich und hernach verläuft sie allmählich abnehmend bis kurz vor F.

No. 121 stellt die Sensibilitätscurve einer Emulsion dar, bei welcher Erythrosin (5 Proc.) und 0,06 g AgNO_3 auf je 2 g des vorhandenen AgBr zugesetzt wurden und zwar ohne Ammoniak. Diese Curve ist jener von 40 sehr ähnlich; das Maximum, welches gerade vor F liegt, ist jedoch schwächer. In diesem Falle erscheint noch weniger Sensibilität im Blau und Violett vorhanden zu sein. Die Absorption dieser Emulsion hat auch Aehnlichkeit mit der Absorption von No. 40 (No. 58).

No. 123 war ein Theil derselben AgBr -Emulsion, wie sie für No. 121 verwendet wurde. Hier wurde indessen kein freies AgNO_3 zugesetzt, sondern statt dessen 0,05 cc Ammoniak zu je 2 g des vorhandenen AgBr . Zwischen dieser Emulsion und No. 121 ist nur ein sehr kleiner Unterschied. Derselbe erscheint beim dritten schwachen Maximum an der Stelle von $E \frac{1}{3} F$, welches rasch auf Null bei $E \frac{2}{3} F$ herabsinkt; alsdann zeigt sich eine Lücke vor dem Beginn der Sensibilität im Blau und Violett, welche indessen gering ist. Die Absorption ist auch ein wenig von jener in No. 121 (No. 171) verschieden. Bei 157 beginnt die Absorption bei $D \frac{1}{4} E$, dann wächst sie zu dem gewöhnlichen Maximum an. Das zweite Maximum gerade vor F ist ausgeprägter und dies steht wahrscheinlich in Zusammenhang mit dem dritten farbensensitiven Band bei $E \frac{1}{3} F$.

A. findet auch, dass wenn zu einer ausgereiften Bromjod-Emulsion Erythrosin im Betrage von 5 Proc. des vorhandenen AgBr hinzugefügt wird, diese Emulsion in drei Theile getheilt wird und zum ersten Theil nichts beigefügt, zum zweiten Theil 0,25 cc Ammoniak zu je 2 g des vorhandenen AgBr , zum dritten Theil 0,25 cc Ammoniak und 0,08 g KBr zu je 2 g des vorhandenen AgBr , dass in Bezug auf ihre qualitative spectrale Sensibilität kaum ein Unterschied vorhanden ist, wohl aber in Bezug auf ihre allgemeine Sensibilität.

Setzt man die Sensibilität von No. 2 = 1, so ist die von No. 1 = $\frac{1}{3}$ und die von No. 3 = $\frac{1}{6}$.

Die Bilder von Spectren würden bei den entsprechenden Expositionsdauern ganz ähnlich sein.

Bengal-Roth (Tetraioddichlorfluoresceïn-Kalium $\text{C}_{20}\text{H}_4\text{Cl}_2\text{O}_5\text{J}_4\text{K}_2$) gleicht hinsichtlich seiner Löslichkeit in Wasser dem Eosin und Fluoresceïn. Sein Silbersalz ist abweichend von dem Verhalten des entsprechenden Salzes des Eosin und Erythrosin unlöslich in Wasser. In Gelatine beginnt die Absorption der Farbe bei $D \frac{1}{6} E$ und erhebt sich auf einmal zu einem breiten Maximum, fällt dann wieder plötzlich zu einem Minimum bis $D \frac{2}{3} E$ herab; bei E steigt sie wieder zu einem kleineren Maximum an gerade vor F, worauf sie rasch auf Null herabsinkt. Sein Silbersalz zeigt in Gelatine eine bedeutende Verschiebung der Absorption gegen das weniger brechbare Ende des Spectrums. Diese beginnt bei $C \frac{2}{3} D$ und wird bei D bis $D \frac{1}{4} E$ ein Maximum, das zweite Maximum erscheint gerade vor E.

Zum Zweck des Sensibilisirens setzte ich 0,02—0,1 g des Farbstoffes zu je 2 g des verwendeten AgBr und fügte in beiden Fällen Ammoniak hinzu, sowie genügend viel freies Silbernitrat, um sich mit dem Farbstoff zu verbinden. No. 104 stellt eine Sensibilitätscurve für den grössten Zusatz des Farbstoffes dar. Das Hauptsensibilitätsband beginnt ungefähr bei $C \frac{1}{3} D$ und wächst rasch zu einem Maximum an, dem wieder ein Minimum von D bis $D \frac{1}{3} E$ folgt; dann erhebt sich die Sensibilität wieder zu einem zweiten kleinen Maximum bei $D \frac{2}{3} E$, von welchem aus sie auf Null in dem Blauvioletten herabsinkt. Die Absorption beginnt bei $C \frac{2}{3} D$ und erhebt sich schnell zu einem Maximum bei D, fällt dann zu einem Minimum bei $D \frac{2}{3} E$ herab und erhebt sich wieder zu einem Maximum bei E, worauf sie bei $E \frac{1}{3} F$ beinahe ganz verschwindet;

darüber hinaus zeigt sich nur geringe Absorption. Das Absorptionsband dieser Emulsion ist sehr intensiv, seine Verschiebung ist gegenüber dem Sensibilitätsband nicht sehr gross; dagegen ist sie bedeutend, wenn wir sie mit der Absorption des gefärbten Gelatinehäutchens vergleichen.

No. 113 (kurze und lange Expositionen) zeigt die Sensibilisierungswirkung bei Zusatz von 1 Proc. des Farbstoffes zu dem vorhandenen AgBr. Es zeigen sich einige kleine Unterschiede zwischen der Farbensensibilität dieser Emulsion und einer, die mehr Farbe enthält. Bei kürzerer Exposition beginnt die Sensibilität bei $C \frac{2}{3} D$, wächst zu einem schmalen Maximum an gerade vor D und fällt von D aus in zwei breiten Stufen auf Null bei $E \frac{1}{3} F$; darüber hinaus zeigt sich nur schwache Sensibilität im Violett. Bei längerer Exposition beginnt die Lichtwirkung bei $C \frac{1}{3} D$, erhebt sich rasch zu einem breiten Maximum bei D und fällt allmählich bis $D \frac{1}{2} E$, und von da wieder durch eine breite Stufe bei $E \frac{1}{3} F$ fast auf Null bei F. Hier bemerkt man, dass die Verschiebung des Farbensensibilitätsmaximums gegen das weniger brechbare Ende des Spectrums nicht so gross ist, als wenn mehr Farbstoff vorhanden ist. Die Absorption dieser Emulsion ist jener der intensiver gefärbten Platte sehr ähnlich, nur sinkt die Absorption auf der brechbareren Seite von E allmählicher zu einem breiten Minimum bei G, nach welchem sie wieder wächst. Diese Abweichung scheint sehr nahe der Sensibilitätscurve derselben gefärbten AgBr-Emulsion zu entsprechen.

Phloxin (Tetrabromdichlorfluoresceïn $C_{20}H_4Cl_2Br_4O_5K_2$) ist in seinem physikalischen Verhalten dem Bengala-Roth sehr ähnlich. Es ist in Wasser leicht löslich und bildet mit $AgNO_3$ einen nicht sehr leicht löslichen Niederschlag.

In einem Gelatinehäutchen zeigt es zwei Absorptionsbänder; das erste beginnt bei $D \frac{1}{4} E$ und erreicht ein Maximum bei $D \frac{1}{3} E$; von da sinkt es zu einem Minimum bei $D \frac{1}{2} E$ und steigt wieder zu seinem Hauptmaximum ungefähr bei $D \frac{3}{4} E - E$, dann fällt die Absorption anfangs rasch und hernach langsamer gegen F hin. Tetrabromdichlorfluoresceïnsilber zeigt in Gelatine eine kleine Verschiebung des Hauptabsorptionsbandes gegen das weniger brechbare Ende des Spectrums, aber nicht in dem Maasse, wie bei Bengala-Roth.

Beim Sensibilisiren geben 0,1 Phloxin auf je 2 g des in der Emulsion enthaltenen AgBr vortreffliche Resultate. Die Emulsion sensibilisirt für drei Gegenden. Die wenigst brechbare, der bei Weitem die stärkste Sensibilisierung entspricht, beginnt bei $C \frac{1}{2} D$, von hier erhebt sich die Sensibilisierung rasch zu einem Maximum, bei $D - D \frac{1}{5} E$ wird sie ein Minimum. Das zweite Maximum beginnt bei $D \frac{1}{4} E$ und erreicht den höchsten Punkt bei $D \frac{1}{2} E$, von da tritt ein Minimum der Sensibilisierungswirkung ein, die auf einer Strecke constant bleibt. Der dritte, indess nur schwach sensibilisirende Bereich liegt zwischen E und F. Diese Emulsion zeigt Sensibilität im Blau und Violett nur in geringem Maasse. Die Absorption zeigt zwei Hauptmaxima. Das weniger brechbare mit dem Maximum bei D ist gegenüber dem Sensibilitätsmaximum, dem es entspricht, nur wenig verschoben. Die Hauptabsorption beginnt bei $D \frac{1}{3} E$, erreicht rasch ein Maximum und fällt wieder bei E gegen G hin, zuerst rasch, aber hernach langsamer; dann steigt sie wieder.

Das Band des Absorptionsmaximums stimmt keineswegs mit dem Band des Maximums der Sensibilisierungswirkung überein. Für das am wenigsten brechbare Band ist die Sensibilisierung bei Weitem am grössten; dagegen entspricht das entsprechende Absorptionsband einer mittleren Absorption.

Rhodamin zeigt eine enge Verwandtschaft mit der Eosin-Gruppe, denn es ist ein Dimethylamidphtaleïn. Rhodamin ist leicht löslich in Wasser, auch

das Silbersalz löst sich leicht, und zwar noch viel leichter als das entsprechende Eosinsalz.

Ein mit diesem Stoff gefärbtes Gelatinehäutchen zeigt ein intensives Absorptionsband im Gelben und Grünen; im Vergleich mit dem entsprechenden des Eosin liegt es weiter gegen den weniger brechbaren Theil des Spectrums zu. Die Absorption beginnt etwas jenseits D; ein wenig auf der brechbareren Seite von D erhebt sie sich auf einmal zu einem Maximum bis jenseits $D \frac{2}{3}$ E, dann fällt sie zuerst rasch und dann langsam und endet gerade vor F.

Zu sensibilisirenden Zwecken benutzte A. Mengen des Farbstoffes, die von 0,05 bis 0,2 g auf je 2 g des verwendeten AgBr variirten, Ammoniak wurde zugesetzt. No. 41 stellt die Sensibilitätscurve einer Emulsion vor, welche fast 10 Proc. des Farbstoffes in dem vorhandenen AgBr enthielt. Die Sensibilität beginnt bei $C \frac{1}{2}$ D und erreicht ein auf beiden Seiten von D gleich starkes Maximum. Ueber D hinaus fällt sie zuerst rasch und hernach langsamer und endet bei F. Jenseits von F zeigt sich nur wenig blauviolette Sensibilität. Die Absorption dieser Emulsion (No. 51) beginnt bei $D \frac{1}{5}$ E und steigt rasch zu einem Maximum beiderseits von $D \frac{1}{2}$ E an. Hierauf nimmt sie zuerst wieder rasch ab, hernach langsamer und endet gänzlich bei F; jenseits F beginnt im Blauen die Absorption wieder. Mit einer Emulsion, die weniger Farbstoff enthält (ungefähr 5 Proc.), bekam Acworth eine sehr ähnliche Curve für die Sensibilität (No. 47) und für die Absorption (No. 54).*)

Corallin. Es ist löslich in Alkohol; $AgNO_3$ giebt keinen Niederschlag. In einem Gelatinehäutchen ist Corallin durch eine starke Absorption im Blauen charakterisirt (in Alkohol und Wasser liegt diese zwischen dem Gelben und Grünen). Die Absorption beginnt ungefähr bei D und erhebt sich nicht besonders bis E; hernach wird sie allmählich grösser und erreicht ihr Maximum bei F, dann sinkt sie langsam bis ungefähr G. Darüber hinaus zeigt sich eine gewisse continuirliche Absorption. Die Acworth'schen Negative zeigen scheinbar deutlich eine schwache Wirkung im Rothen zwischen a und B.

Zum Sensibilisiren mit diesem Farbstoff benutzte ich 0,05 bis 0,2 g desselben auf je 2 g des vorhandenen AgBr. Die Sensibilisirungswirkung erstreckt sich auf ein starkes Band, das sich auf beiden Seiten von D ausdehnt. Auf der einen Seite fällt sie rasch bis $D \frac{2}{3}$ C und auf der anderen Seite zuerst rasch bis $D \frac{1}{2}$ E, aber hernach langsamer bis Null gerade vor F. Ueber F hinaus beginnt die Sensibilität für das Blauviolett und variirt im umgekehrten Verhältniss zu der vorhandenen Farbstoffmenge.

In mit Corallin gefärbten Emulsionen sind die Maxima der Absorption und der Sensibilisirungswirkung sehr weit gegeneinander verschoben. Man darf annehmen, dass die Absorption erst bei D beginnt und ihr Maximum nicht viel vor F erreicht; jenseits F bleibt sie sich ziemlich constant bis zum Ende des sichtbaren Spectrums.

Mit Resorcinblau machte A. einige wenige Versuche. Ein Sensibilitätsmaximum reichte von a bis ungefähr $B \frac{1}{2}$ C. Eine Absorption war unmöglich zu beobachten.

Von den sogenannten Azofarbstoffe experimentirte A. mit Azoblau, es ist leicht löslich in Wasser und giebt keinen Niederschlag mit $AgNO_3$.

*) Rhodamin hat den Vortheil die Empfindlichkeit für Blau stärker herabzudrücken als Chinolinroth, aber der Wirkungstreif der letzteren s. II. Fig. 56 p. 201 reicht weiter ins Roth als der der Rhodaminplatte, selbst der mit Silberlösung gebadeten. (Curve III. Fig. 56.) V.

In einem Gelatinehäutchen zeigt dieser Farbstoff ein breites, aber nicht sehr dunkles Absorptionsband hauptsächlich im Gelben des Spectrums. Die Absorption beginnt bei $C \frac{1}{3} D$ und erreicht etwas vor D ein Maximum. Von $D \frac{1}{4} E$ an wird sie allmählich geringer und etwas nach E Null.

Zu farbensenibilisirenden Zwecken ist ungefähr 0,05 bis 0,1 g auf je 2 g des vorhandenen AgBr zu verwenden. A. setzte auch 0,05 AgNO₃ zu, um die Sensibilität zu fördern, aber kein Ammoniak. Die spectrale Sensibilität beginnt auf der weniger brechbaren Seite von A, steigt jedoch bis *a* nicht stark; bei B erreicht sie ein Maximum, von welchem an sie fast auf Null bei D herabsinkt, dann bleibt sie constant bis zum Beginn der Sensibilität im Blau, wo sie rasch zum Hauptmaximum ansteigt. Die Absorption dieser Emulsion beginnt gerade vor C, steigt allmählich bis D, worauf sie ziemlich constant bleibt bis nahe an das Ende des brechbaren Theiles des Spectrums, wo sie wieder steigt.

Von natürlichen Farbstoffen hat A. nicht sehr viele untersucht.

Bei Chlorophyll erhielt A. sehr unsichere Resultate.*) Eines von den erfolgreicherem ist in der Zeichnung unter (*a*₁) gegeben, welche die Sensibilitätscurve darstellt. No. 2 entspricht der Absorptionscurve derselben Emulsion. Die Sensibilitätscurve besteht wenigstens aus drei Bändern, die in dem weniger brechbaren Theile des Spectrums liegen. Das erste und hauptsächlichste beginnt bei B und wächst zu einem Maximum bei C an, dann fällt die Absorption zu einem Minimum bei $C \frac{1}{2} D$. Das zweite Maximum erscheint gerade vor D und das dritte zwischen D und E. Auf der brechbaren Seite von E zeigt sich wieder ein Anwachsen der Sensibilität, welche sich jenseits von F rasch zum Hauptmaximum erhebt, wobei sich die blauviolette Sensibilität zeigt.

Die Absorption dieser Emulsion ist, was das Haupt- und weniger brechbare Band betrifft, deutlich ausgeprägt. Dieses beginnt etwas vor C, erreicht bei $C \frac{1}{3} D$ ein Maximum, jenseits desselben ist die Absorption nicht hinlänglich scharf zu verfolgen, um sie genau zeichnen zu können.

Ausser den bereits beschriebenen hat Acworth, obgleich erfolglos, noch mit Methylblau experimentirt:

Dasselbe zeigt intensive Bänder, das eine im Orange, das andere im Roth. Trotz aller Mühe konnte Acworth mit diesem Farbstoff keine Resultate erhalten, er versuchte zu diesem Zweck jedes Mittel, aber ohne Erfolg. Stets bildeten sich Schleier und A. konnte keinen Weg auffinden, um dies zu vermeiden. Die Quantitäten des angewendeten Farbstoffes variirten von 0,02 bis 0,05 g auf je 2 g des in der Emulsion vorhandenen AgBr. Die meisten dieser Emulsionen zeigten schöne Absorptionsspectren.

Resultate. Zur leichteren Vergleichung der vorhergehenden Resultate hat A. sie tabellarisch zusammengestellt. Die Zahlen beziehen sich in der ersten Tabelle auf die Millimeterscala (Fig. 55). Aufgeführt sind alle Sensibilitätsbänder ihren Maximis, die Absorptionsbänder sammt ihren Maximis sowohl für die sammt reine mit dem Farbstoff gefärbte Gelatine, als auch für die gefärbte Silberbromid Emulsion.

$x_1 x_2 x_3$ sind die Sensibilitätsbänder unter „Sensibilität“
und die Absorptionsbänder unter „Absorption“
 $y_1 y_2 y_3$ sind die Sensibilitätsmaxima unter „Sensibilität“
und die Absorptionsmaxima unter „Absorption“.

*) Hier hat Autor die mannigfachen Umsetzungen, welche Chlorophyll erleidet, nicht beachtet, ebenso wenig wie Ives. Zu grundlegenden Resultaten ist erst Wollheim gekommen, der als gründlicher Kenner des Chlorophylls die einzelnen Zersetzungsproducte zu finden wusste s. o. p. 178. V.

Tabelle I. (Lagen der Streifen nach der Scala.)

| Name | Absorption in | | | | | | Empfindlichkeit | | | | | | | | | | |
|------------------|-------------------------------|-------|-------|----------------------------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|------|--------|----|-------|
| | reiner Gelatine mit Farbstoff | | | Bromsilbergelatine mit Farbstoff | | | | | | | | | | | | | |
| | x_1 | y_1 | x_2 | y_2 | x_3 | y_3 | x_1 | y_1 | x_2 | y_2 | x_3 | y_3 | | | | | |
| Alkaliblan | 40—59 | 49 | — | — | — | — | 42—80 | 60 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Anilinblau | 40—61 | 50 | — | — | — | — | 43—85 | 70 | — | — | — | — | 32—47 | 39 | — | — | — |
| Safranin | 53—63 | 59 | 64—80 | 69,5 | — | — | 54—63 | 59 | 63—80 | 69,5 | — | — | 43—56 | 51 | — | — | — |
| Anilinroth | 51—57 | 54,5 | — | — | — | — | 52—59 | 55 | — | — | — | — | 45—57 | 51 | — | — | — |
| Chrysanilin | — | — | 64—83 | 75 | — | — | — | — | — | — | — | — | 39—54 | 45 | — | — | — |
| Aldehydgrün | 37—48 | 44 | 48—54 | 50 | — | — | — | — | 54—90 | 75 | — | — | 42—48 | 44 | 52—110 | 70 | — |
| Malachitgrün | 42—48 | 44,5 | — | — | — | — | — | — | 47—53 | 50 | — | — | — | — | 43—53 | 48 | — |
| Jodgrün | 40—46 | 43 | 46—53 | 50 | — | — | 40—50 | 45 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Bleu Coupier | 40—58 | — | — | — | — | 50 | 40—47 | 43 | 47—53 | 50 | — | — | 39—44 | — | 41 | — | — |
| Anilin-Saftrosin | 41—43? | 42? | 56—64 | 59 | 64—72 | 66 | — | — | — | — | — | — | 30—35 | 33 | 44—51 | 47 | — |
| Fuchsin | 51—57 | 55 | — | — | — | — | 41—43? | 42? | — | — | — | — | 38—40*) | 39 | 38—42 | 40 | 43—49 |
| Magdalaroth | 54—61 | 58 | — | — | — | — | 52—57 | 55 | — | — | — | — | 41—50 | 45 | 46—54 | 50 | — |
| Cyanin | 44—53 | 49 | 53—60 | 56 | — | — | 45—52 | 48 | 52—65 | 57 | — | — | 47—57 | 52 | — | — | — |
| Fluorescein | — | — | 61—80 | 72 | — | — | — | — | 62—80 | 72 | — | — | 38—49 | 43 | 50—65 | 57 | — |
| Uranin | — | — | 62—77 | 66 | — | — | — | — | 61—83 | 71 | — | — | 47—50 | 49 | 52—70 | 60 | — |
| Erythrosin | — | — | 63—67 | 60 | — | — | — | — | 57—67 | 61 | 69—80 | 75 | 47—51 | 49 | 53—70 | 60 | — |
| Eosin | 56—64 | 60 | 68—72 | 70 | — | — | 55—65 | 60 | 66—74 | 70 | — | — | 47—58 | 53 | 66—70 | 68 | — |
| Bengal-Roth | 52—60 | 56 | 60—69 | 63,5 | — | — | 48—56 | 52 | 56—64 | 60 | — | — | 45—51 | 47,5 | 53—62 | 58 | — |
| Phloxin | 53—57 | 54,5 | 58—66 | 61 | — | — | 47—54 | 50 | 54—66 | 60 | — | — | 45—51 | 48 | 52—59 | 56 | 61—68 |
| Rhodamin | 51,5—60 | 55,5 | — | — | — | — | 52—60 | 55,5 | — | — | — | — | 46—54 | 50 | — | — | — |
| Corallin | 50—57 | 53 | 58—80 | 72 | — | — | 50**) | — | — | — | — | — | 46—60 | 51 | — | — | — |
| Azoblan | 43—63 | 52 | — | — | — | — | 40**) | 44 | — | — | — | — | 35—47 | 39 | — | — | — |
| Chlorophyll | — | — | — | — | — | — | 40—47 | — | — | — | — | — | 38—46 | 41 | 46—52 | 49 | 53—60 |

*) vor dieser Bande liegt noch eine andere bei 33—35, mit dem Maximum bei 34.
 **) Wächst zu einem Maximum an.

Tabelle II. Wellenlängen der Streifen.

| Name | Absorption in Bromsilbergelatine mit Farbstoff | | | | | | Sensibilität | | | | | |
|-----------------|--|-------|-----------|-------|-----------|-------|--------------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| | x_1 | y_1 | x_2 | y_2 | x_3 | y_3 | x_1 | y_1 | x_2 | y_2 | x_3 | y_3 |
| Alkaliblauf | 6470—4620 | 5315 | — | — | — | — | 7604—6090 | 6750 | — | — | — | — |
| Anilinblauf | 6380—4535 | 4920 | — | — | — | — | 6380—5515 | 5825 | — | — | — | — |
| Safranin | 5635—5180 | 5865 | 5180—4620 | 4935 | — | — | 6225—5465 | 5825 | — | — | — | — |
| Anilinroth | 5760—5865 | 5575 | — | — | — | — | 6750—5635 | 6225 | — | — | — | — |
| Chrysanilin | — | — | 5635—4350 | 4770 | — | — | 6470—6025 | 6300 | 5760—3980 | 4920 | — | — |
| Aldehydgrün | — | — | 6090—5695 | 5890 | — | — | — | — | 6380—5695 | 6025 | — | — |
| Malachitgrün | 6650—5890 | 6225 | — | — | — | — | 6750—6300 | 6562 | — | — | — | — |
| Jodgrün | 6650—6090 | 6380 | 6090—5695 | 5890 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Bleu Coupier | — | — | — | — | 6025—5760 | 5890 | — | — | 6300—5825 | 6090 | — | — |
| Anilin-Safrosin | 6562—6380? | 6470? | 5515—5100 | 5865? | — | 5890 | 7860—7200 | 7470 | 6867—6470 | 6650 | 6380—5960 | 6155 |
| Fuchsin | 5760—5465 | 5575 | — | — | — | — | 6867—6650*) | 6750 | 5155—5635 | 5892 | — | — |
| Magdalaroth | 5635—5315 | 5465 | — | — | — | — | 6562—5892 | 6225 | — | — | — | — |
| Cyanin | 6225—5760 | 6025 | 5760—5225 | 5465 | — | — | 6090—5465 | 5760 | — | — | — | — |
| Fluorescein | — | — | 5225—4620 | 4860 | — | — | 6867—5960 | 6380 | 5892—5100 | 5465 | — | — |
| Uranin | — | — | 5270—4535 | 4890 | — | — | 6090—5892 | 5960 | 5760—5315 | 5315 | — | — |
| Erythrosin | — | — | 5465—5020 | 5270 | 4950—4620 | 4770 | 6090—5825 | 5960 | 5695—5315 | 5315 | — | — |
| Eosin | 5575—5100 | 5315 | 5060—4800 | 4920 | — | — | 6090—5415 | 5960 | 5060—4920 | 4985 | — | — |
| Bengal-Roth | 6025—5515 | 5760 | 5515—5140 | 5315 | — | — | 6225—5825 | 6060 | 5695—5225 | 5415 | — | — |
| Phloxin | 6090—5635 | 5890 | 5635—5060 | 5315 | — | — | 6225—5825 | 6025 | 5760—5865 | 5515 | 5270—4985 | 5100 |
| Rhodamin | 5760—5315 | 5550 | — | — | — | — | 6155—5635 | 5892 | — | — | — | — |
| Corallin | 5892**) | — | — | — | — | — | 6155—5315 | 5825 | — | — | — | — |
| Azoblau | 6650**) | — | — | — | — | — | 7200—6090 | 6750 | — | — | — | — |
| Chlorophyll | 6650—6092 | 6300 | — | — | — | — | 6867—6225 | 6562 | 6155—5760 | 5960 | 5695—5315 | 5515 |

*) Vor dieser Bande liegt noch eine andere bei 7460—7200 mit dem Maximum bei 7330.

**) Wächst zu einem Maximum an.

In der zweiten Tabelle sind die Wellenlängen aufgeführt für die Sensibilitätsbänder mit ihren Maximis und die Absorptionsbänder sammt ihren Maximis für die gefärbte Silber-Emulsion.

Vergleichen wir die Zahlen für die Absorptionsmaxima und für die Sensibilitätsmaxima, so finden wir: die Lagen der Sensibilitäts- und Absorptionsmaxima, die an derselben Platte, bestimmt werden, stimmen nicht überein, die letzteren sind gegen den brechbareren Theil des Spectrums hin verschoben.

Zu beachten sind die folgenden besonderen Fälle:

1. In einigen wenigen Fällen ist die Verschiebung sehr gering, so bei Aldehydgrün, Phloxin, Bengal-Roth und bei einem der Cyaninbänder; in anderen Fällen ist sie sehr bedeutend, so bei Fluoresceïn, Fuchsin etc.

2. Wenn zwei Sensibilitätsmaxima und auch zwei Absorptionsmaxima existiren, kann sich die Anordnung der Intensität in ersteren bei den letzteren umkehren, wie z. B. beim Cyanin.

3. Kommen zwei oder mehrere Absorptionsmaxima vor, so kann für eins oder mehrere derselben kein entsprechendes Sensibilitätsmaximum vorhanden sein, wie bei Jodgrün, Safranin etc.

4. Die Verschiebung ist für die verschiedenen Absorptions- und Sensibilitätsmaxima sehr verschieden, wie oben angeführt wurde, und ebenso für das Maximum der Sensibilisierungswirkung des nämlichen Farbstoffes selbst, wie bei Cyanin, wenn er Emulsionen verschiedener Silberhaloidsalze zugesetzt wird.

Das oben aufgestellte allgemeine Endresultat steht, wie es scheint, in naher Beziehung zu dem freilich manchen Ausnahmen unterworfenen Gesetz von Stokes für die Fluorescenzerscheinungen, so wie zu den von H. Ebert u. a. constatirten einseitigen Verbreiterungen der Spectrallinien nach dem Roth.

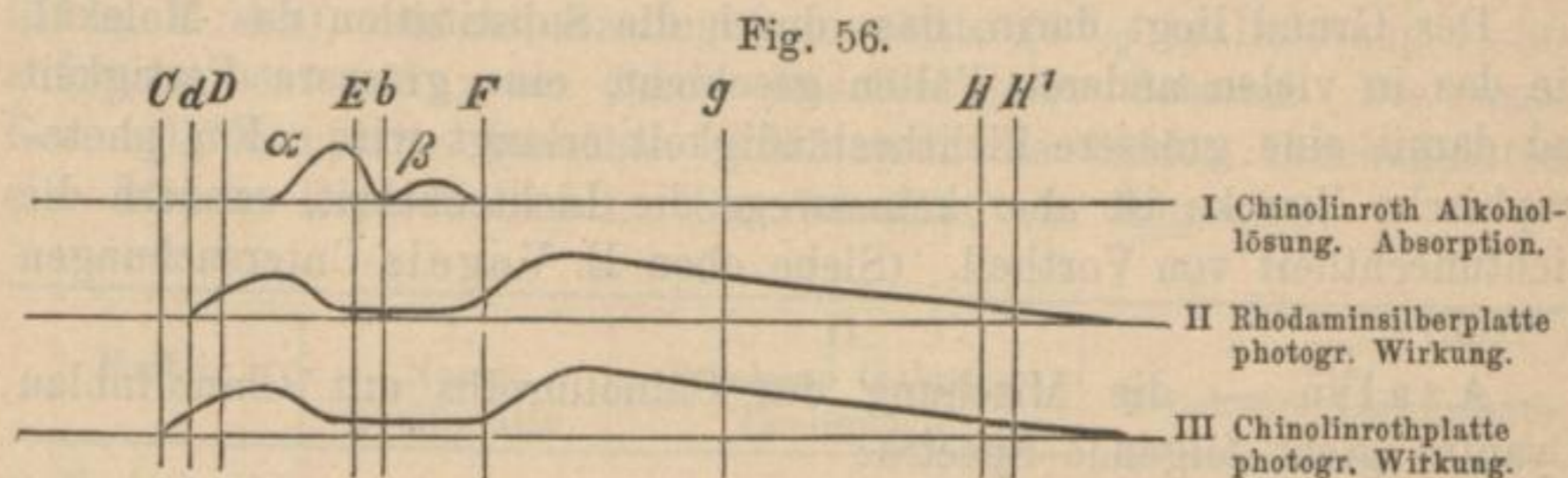
Die Verschiebung des Maximums der Empfindlichkeit (Sensibilität) gegen das Maximum der Absorption hat nicht ihren Grund in der grösseren Dispersion oder Dichte der Bromsilberplatten, sondern findet ihre vollständige Erklärung in der von E. Wiedemann gegebenen, theoretischen Entwicklung. (Vergl. E. Wiedemann, Eders Jahrbuch 1890, p. 219 u. o. p. 165).

Chinolinroth und Azalin. Chinolinroth, von Dr. Jacobsen entdeckt, fiel Verfasser dieses 1884 wegen seiner hohen Lichtempfindlichkeit auf, die der des Cyanins am nächsten kommt,*) daneben zeigte der Farbstoff eine vorzügliche Absorption in 2 Streifen in Gelbgrün und Grün. (Fig. 57, I.) Beide Eigenschaften liessen darauf schliessen, dass er ein vortrefflicher Sensibilisator sei. Die ersten Experimente missglückten zuerst völlig. Der Farbstoff in Collodium angewendet, erwies sich noch als äusserst unrein, wirkte verderblich auf die Schicht, veranlasste Schleierbildung und erst als der Farbstoff mehrfach umkrystallirt und dadurch gereinigt wurde, stellte sich seine vorzügliche optische Sensibilisation zunächst bei Gelatinplatten heraus.

*) Noch lichtempfindlicher als die beiden sind freilich viele Blumen- und Blätterfarbstoffe, darunter auch Chlorophyll. Die Zersetzung, welche dieselben bald in der photographischen Schicht erleiden, machen deren Anwendung in der Praxis leider fast unmöglich.

Freilich stand der Farbstoff gegenüber den Eosinfarbstoffen insofern im Nachtheil, als er die Empfindlichkeit des Blau keineswegs so bedeutend herabdrückte wie diese s. Fig. 56, III., so dass zur Herabminderung desselben bei Chinolinrothplatten stets eine gelbe Scheibe angewendet werden muss. Dagegen trat der Vortheil hervor, dass die Empfindlichkeit der Chinolinrothplatten wesentlich weiter ins Roth reichte, so dass die Chinolinrothplatte sich zur Aufnahme von Oelgemälden mit vielem Roth als ganz unschätzbar erwies. Um diese Rothempfindlichkeit noch zu steigern, setzte Verfasser dem Farbstoff $\frac{1}{10}$ Chinolinblau (Cyanin) zu, dessen Absorptionsstreif weiter nach Roth hin liegt. So entstand das Azalin. Die ersten Azalinplatten kamen 1884 in den Handel, und fanden für Oelgemälde-Aufnahmen bald allgemeinen Anklang. Erst später wurde ihre Zusammensetzung bekannt gegeben.*)

Die Absorption des Chinolinroths in Alkohol stellt sich dar wie in Curve I, die photographische Wirkung von Chinolingelatineplatten wie in Curve III Fig. 56. Die Wirkungstreifen des Chinolinroths auf der Seite Gelb, Grün, Roth, der Wirkungstreif in Blau, Violett etc. gehört der Eigenabsorption des Bromsilbers an.



Nach Hofmann haben wir zwei Arten von Chinolinroth zu unterscheiden, das gewöhnliche und das Isochinolinroth, letzteres ist das kräftiger wirkende; die oben gegebenen Spectren beziehen sich auf Isochinolinroth.

*) Mallmann & Scolik versuchten, nachdem sie sich grössere Mengen des Farbstoffs via Newyork verschafft hatten, nach der damals eben erschienenen Witt'schen Vorschrift zur Analyse organischer Farbstoffe, in welcher zufällig Chinolinroth und Cyanin obenan stehen, eine Analyse des Farbstoffs und beanspruchten daraufhin die Priorität als Entdecker des Azalins. Quidde sen. antwortete ihnen darauf: Gesetzt den Fall, die Bestandtheile des Schiesspulvers wären noch nicht bekannt, M. & Sc. analysirten dasselbe, um darauf zu behaupten, sie hätten das Pulver erfunden. Würde ihnen das Jemand glauben?

Es sei hier darauf hingewiesen, dass auch Beyer-Caro's Eosin ein Jahr im Handel war, ohne dass die Zusammensetzung bekannt gegeben wurde. Erst Prof. A. W. v. Hofmann analysirte den Farbstoff und veröffentlichte seine Zusammensetzung. Er hat aber nie den Anspruch erhoben, der Entdecker des Eosins zu sein, das er schon als fertige Handelswaare vorfand.

Die auffallende Verschiebung des Absorptionsstreifs gegen den Wirkungsstreif bei Chinolinroth tritt durch Vergleichung an I und III deutlich hervor. Das Absorptionsmaximum des Hauptstreifs des Chinolinroths liegt bei 530 in wässriger Lösung*), das Maximum des photographischen Wirkungsstreifs liegt bei 565; es ist nur ein einfacher Streif mit daran sich schliessenden Hof (s. Fig. 57).

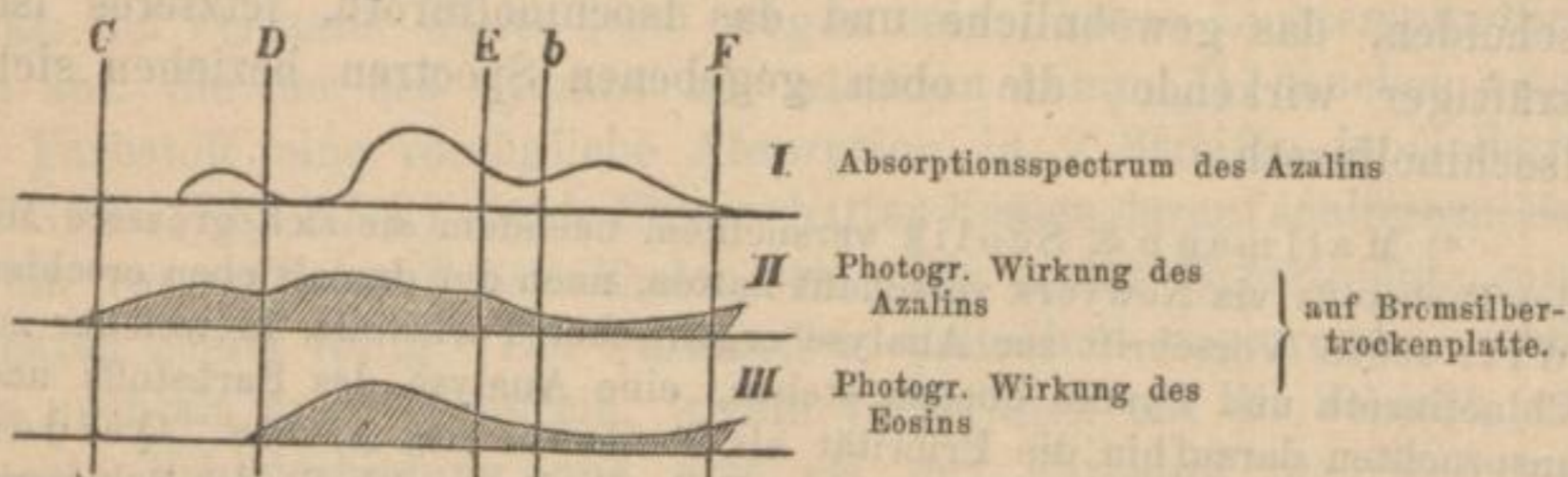
Sehr auffallend tritt die Streifenverschiebung des Chinolinroth hervor, wenn man in wässrigen Chinolinrothlösungen einen geringen Niederschlag von Chlorsilber hervorruft, der die Lösung milchig aber nicht undurchsichtig macht. Es rückt dann der Streif, der in einfacher Wasserlösung auf 530 Wellenlänge liegt, auf 562.

Verfasser hat auch Derivate des Chinolinroths z. B. Chinolinviolett, Chinolinroth-Sulfosäure, bromirtes Chinaldinrot, Paratoluchinolinroth untersucht; alle zeigten Absorptionsstreifen, die mehr nach Roth hin lagen und photographisch die grössten Hoffnungen erweckten. Leider zeigten sich alle minder empfindlich als das Chinolinroth mit Ausnahme des Paratoluchinolinroths. (Siehe H. W. Vogel, pract. Spectralanalyse, II. Aufl., Berlin bei Oppenheim p. 365.)

Der Grund liegt darin, dass durch die Substitution das Molekül, wie das in vielen anderen Fällen geschieht, eine grössere Festigkeit und damit eine grössere Lichtbeständigkeit erlangt wird. Für photographische Zwecke ist aber keineswegs die Lichtecktheit, sondern die Lichtunecktheit von Vortheil. (Siehe oben E. Vogels Untersuchungen p. 166.)

Azalin — die Mischung des Chinolinroths mit Chinolinblau (Cyanin) giebt folgende Spectra:

Fig. 58.



Man ersieht aus der Figur, dass Azalinplatten gelbempfindlicher sind, als die Eosinplatten, die mehr grüngelbempfindlicher sind und das

*) Die Lage desselben ist von der des Hauptstreifs in Alkohol (532) wenig verschieden. Der zweite Streif bei F erscheint in wässrigen Lösungen viel undeutlicher.

Grün zu stark wiedergeben. Dann aber besitzen sie eine sehr merkliche Rothempfindlichkeit, die den Eosinplatten fehlt.

Dazu kommt, dass Azalin weniger empfindlich gegen Säure ist als Eosin, und die Gesamtempfindlichkeit nicht so stark beeinträchtigt. Im Uebrigen ist der Farbstoff den Eosinen ähnlich und genügt 2 % einer gesättigten Lösung desselben, um Gelatineemulsionen zu färben.

Seit Juli 1884 werden Azalinplatten von Berlin und München aus in den Handel gebracht und werden auch im Auslande verwendet. Der einzige Einwand, den man denselben machen kann, ist, dass sie scheinbar etwas zur Schleierung neigen. Meist ist aber diese Schleierung nur Folge von Ueberexposition, von unvorsichtiger Behandlung mit rothem Licht bei der Entwicklung, oder aber ein Farbstoffrückstand, den man fälschlich für Schleier hält.

Um zu constatiren, in welcher Weise verschiedene farbenempfindliche Platten, namentlich Eosin- und Azalinplatten, die Farben wiedergeben, wurde dieselbe Farbentafel mit Eosincolloidium bekannter Zusammensetzung, mit Eosinemulsionsgelatineplatte (mit 2 % Eosinlösung 1 : 400) und mit Azalingelatineplatte (1 % Azalinlösung 1 : 30) aufgenommen und zwar durch dieselbe gelbe Scheibe. Die nasse Eosincolloidiumplatte brauchte 4 Minuten, die beiden Trockenplatten eine Minute Expositionszeit. Das Resultat war folgendes:

| Farbe | I.
Nasse
Eosinplatte | II.
Trockene Gelatine-
Eosinplatte | III.
Trockene Azalinplatte |
|-----------------|----------------------------|--|--------------------------------|
| a) Neapelgelb | | am hellsten | |
| b) Chromgelb | | ein wenig dunkler wie | Neapelgelb |
| c) Mennige . . | schwarz | schwarz | grau |
| d) Dunkelroth | schwarz | schwarz | schwarz |
| e) Rosa | dunkler wie
Chromgelb | wie Chromgelb | etwas dunkler wie
Chromgelb |
| f) Hellgrün . | wie Chromgelb | heller wie Chromgelb | dunkler wie Chromgelb |
| g) Dunkelgrün | grau | grau | dunkelgrau |
| h) Cobalt . . . | dunkelgrau | wie Chromgelb | dunkelgrau |
| i) Ultramarin | schwarz | wie Chromgelb | schwarz |

Danach wirkte in der nassen wie in der trocknen Eosinplatte die grüne Farbe zu stark. Hellgrün, welches dunkler wie Chromgelb erscheint, wurde in der Photographie heller. Ferner wirkt Mennige auf Azalinplatte vortrefflich, in beiden Eosinplatten aber ganz ungenügend, das Rosa in der Eosingelatineplatte besser als in der nassen. Sehr auffällig war aber der Unterschied der beiden Eosinplatten für Blau; dieses kam in der nassen Platte entschieden dunkel, in der trockenen (trotz gelber Scheibe) so hell wie Chromgelb.

Die nasse Collod-Eosin-Platte giebt somit die Farbenverhältnisse richtiger wieder als die trockene. Ueberlegen ist aber beiden die Azalintrockenplatte, nicht allein durch ihre Empfindlichkeit für Gelbroth, sondern auch durch die richtige Abstimmung des Blau und des Grün. Combinationen von Azalin mit anderen Farbstoffen hat Verfasser nur zum Theil versucht.

XXIV. Ueber die Wirkung einfacher und gemischter optischer Sensibilisatoren auf die Empfindlichkeit.

Empfindlichkeitsverminderung. Es ist eine Thatsache, dass durch die Färbung einer Platte mit irgend welchem Farbstoff die Gesamtempfindlichkeit derselben für Tageslicht mehr oder weniger herabgedrückt wird. Diese Herabdrückung rührt zum Theil daher, dass die zugesetzten Farben nicht nur die Farben ihres Absorptionsstreifens, sondern auch einen Theil der übrigen absorbiren. Dann tritt aber auch eine partielle Herabdrückung der Wirkung einzelner Farben neben der Verstärkung der Wirkung anderer statt. So geht aus den vorstehenden Capiteln hervor, dass Eosin und noch viel besser Eosinsilber die Wirkung des Gelbgrün ganz bedeutend erhöht, dagegen die Wirkung des Blau sehr wesentlich herabdrückt.

Da nun in jeder farbenempfindlichen Platte das blauempfindliche Bromsilber bei der Gesamtempfindlichkeit mitwirkt, so würde eine Verminderung der Blauempfindlichkeit eine Verminderung der Gesamtempfindlichkeit der Platte nach sich ziehen. Zuweilen wird diese durch die Hebung der Gelbgrünempfindlichkeit, welche ja bei gewöhnlichen Platten gar nicht vorhanden ist, compensirt, so z. B. erscheint eine nicht zu stark gefärbte Eosinplatte bei Tageslicht ebenso empfindlich als eine gewöhnliche. Noch deutlicher ist das bei Eosinsilberplatten der Fall, selbst wenn dieselben sehr stark gefärbt sind.

Bei Chinolinroth ist die Herabdrückung der Blauempfindlichkeit viel geringer. Die Gesamtempfindlichkeit*) ist der einer gewöhnlichen Platte gleicher Emulsion bei mässiger Färbung (Bad 2 ccm Chinolinroth 1:500, 2 ccm Ammoniac, 100 Wasser) gleich.

Cyanin benachtheiligt die Gesamtempfindlichkeit der Platten sehr stark, sie verringert dieselbe bis auf $\frac{1}{5}$ oder $\frac{1}{10}$, während sie die

*) Es muss hier nochmals darauf hingewiesen werden, dass die Gesamtempfindlichkeit der gefärbten Platte nicht durch das an und für sich total fehlerhafte Warnerkesensitometer gemessen werden darf. Denn dieser zeigt nur die Empfindlichkeit für blaues Licht, nicht die Empfindlichkeit für Grün, Gelb und Roth.

relative Empfindlichkeit mehr als um das Hundertfache steigert (Eder Sitzungsber. d. Wien. Akad. XCII Dec. 84.) Unter relative Empfindlichkeit ist hier das Verhältniss von Blauempfindlichkeit zu der durch den Farbstoff geweckten Gelb- oder Rothempfindlichkeit verstanden. Wie aus Dr. E. Vogel's Tafel p. 168 u. 169 hervorgeht, bestimmt man dieselbe dadurch, dass man bei gleichmässigem Licht mit der gefärbten Platte Spectralaufnahmen in $\frac{1}{4}$, 1, 2, 5, 10, 15, 20 Secunden macht, entwickelt und die Intensität der Gelbwirkung in dem Spectrum mit der Intensität der Blauwirkung in einem der Spectra vergleicht. Ist z. B. die Gelbwirkung bei 1 Secunde Exposition ebenso intensiv als die Blauwirkung (Linie F $\frac{1}{2}$ G) bei 5 Secunden Exposition, so sagt man, die relative Wirkung des Gelb sei 5 mal grösser als die des Blau. Proben solcher Spectraufnahmen zeigt Tafel X Bd. I. dieses Lehrbuches.

Farbstoffgemische. Nach Eder*) zeigen „Farbstoffgemische im Spectrographen nicht die reine Wirkung eines jeden einzelnen. Der eine beeinträchtigt die Wirkung des anderen. Mit Cyanin + Eosin gefärbte Emulsion besitzt eine geringere Rothempfindlichkeit als die mit Cyanin allein gefärbte; in dem Gemisch der beiden ist die Empfindlichkeit für Gelbgrün gleichfalls geringer geworden. Trotzdem kann durch Mischung von Farben die relative Empfindlichkeit für die weniger brechbaren Strahlen auf eine grössere Anzahl verschiedener Farben des Spectrums ausgedehnt werden, indem man das Minimum der Wirkung des einen Farbstoffes durch Zusatz eines anderen Farbstoffes zum Verschwinden bringt, der daselbst sein Maximum hat. Meine Versuche berechtigen zu der Hoffnung, dass man auf diese Weise eine gleichmässige Empfindlichkeit des Bromsilbers für das ganze Spectrum erreichen könne.“ Diese Hoffnung ist wohl nur zum kleinen Theil in Erfüllung gegangen.

Wir besitzen zwar eine ganze grosse Reihe optischer Sensibilisatoren, mit welchen wir die Strecke hellblau bis dunkelroth des Spectrums empfindlich machen können, aber leider ist die relative Empfindlichkeit derselben zu different. So steigert nach E. Vogel das Jodeosinsilber die Gelbgrünelbempfindlichkeit auf das Fünffache (wir haben sogar eine Steigerung auf das Zehnfache bemerkt, siehe Tafel X Bd. I dieses Buches).

Dabei zeigt sich aber eine lichte Stelle im Blaugrün. Diese auszufüllen hat man Fluorescein oder Fluoresceinsilber empfohlen, welches seine Wirkungstreifen an betreffender Stelle hat. Leider erreicht man dadurch den Ausgleich nur unvollkommen, weil die Fluoresceinplatte merklich weniger empfindlich ist als die Eosinsilberplatte.

*) Sitzungsbericht der Wiener Akademie XCII Dec. 1884.

So muss man nach E. Vogel für Fluoresceinsilber 5 mal länger für Grünblau exposiren, um dieselbe Schwärzung hervorzubringen als für Blau ($G \frac{1}{2} F$). Dagegen erfordert Jodeosin nur $\frac{1}{5}$ der Exposition um in Gelbgrün dieselbe Wirkung hervorzubringen wie in Blau (s. Tabelle p. 168). Dennoch müsste man zur Ausfüllung des Minimums in Grün durch Fluoresceinsilber eine 25 mal längere Exposition anwenden als für Jodeosinsilber nöthig ist. In dieser Zeit würde das Jodeosinsilber total überexponiren.

Auch bei der Mischung von Eosin und Cyanin ist die Gelbwirkung schon fertig, ehe die Rothwirkung des Cyanins anfängt und exponirt man weiter, so tritt Ueberwirkung des Gelb ein, wodurch der gesammte Charakter des Bildes geschädigt wird. In sofern ist die Mischung von Chinolinroth mit Cyanin erheblich besser, in dem hier der Unterschied der Empfindlichkeiten geringer ist (s. ob. p. 202). Leider sind recht sehr viele Farbstoffe im unreinen Zustande untersucht worden, z. B. Cyanin (s. p. 189), das fast immer nach Chinolin riecht. Dass solche Beimengungen sehr erheblich auf die Gesammtempfindlichkeit wirken, ist selbstverständlich.

Bei vielen Publikationen über Farbensensibilisation erkennt man sofort, dass die Autoren mit unreinen Farbstoffen experimentirt haben. Wir gehen über diese Arbeiten lieber hinweg.

Im Allgemeinen hat es nur dann einen Zweck, Farbensensibilisatoren von geringer Empfindlichkeit mit denen grosser Empfindlichkeit zu mischen, wenn man die auf letztere wirkenden Strahlen durch einen sie abschneidenden Strahlenfilter in ihrer Wirkung theilweise herabdrückt.*)

Mischt man Farbstoffe, so hat man sich auch darüber Rechenschaft zu geben, ob die Farbstoffe selbst nicht chemisch aufeinander wirken, wodurch das Resultat total verändert werden kann.

XXV. Strahlenfilter.

Es ist bereits gesagt worden, dass die meisten gefärbten Platten für sich allein angewendet, das Blau vermöge der Eigenabsorption des Bromsilbers ebenso hell, ja öfter noch heller zeichnen als das Gelb.***) Bei einfachen Eosinplatten merkt man von einer überlegenen Hellwirkung überhaupt wenig (s. Bd. I d. B. Tafel X u. XI). Da man nun aber das Blau dunkler verlangt, so schwächt man letzteres durch

*) Wir haben noch eine ganze Reihe von Farbstoffen als Sensibilisatoren erkannt, ihre Wirkung ist jedoch so schwach, dass sie nur theoretisch von Interesse ist.

**) Siehe Tafel VIII u. IX, Bd. I dieses Buches.

Einschaltung einer gelben Scheibe, die man vor oder hinter das Objectiv setzt. Natürlich wird dadurch die Exposition verlängert. Wie weit, hängt ganz von der Intensität der gelben Scheibe ab. Verfasser benutzt zwei Arten, eine helle und eine dunkle, je nach der Intensität des Blau im Original.

Bei den hellgelben Glasscheiben muss die Belichtung auf das dreifache, bei dunkelgelben Scheiben oft auf das sechsfache gesteigert werden, so dass man bei letzteren 18—20 mal so lange exponiren muss, wie mit gewöhnlicher ungefärbter Platte.

Die dadurch nöthig werdende längere Exposition lässt sich durch Anwendung von Sonnenlicht bei Reproduction von Gemälden, Teppichen etc. erheblich abkürzen. Bei Aufnahme mit gewöhnlichen Platten schätzt man bei Reproductionen die Belichtungsdauer im Sonnenlicht acht- bis zehnmal kürzer, als im diffusen Licht. Für Aufnahmen mit farbenempfindlichen Platten gestaltet sich dieses Verhältniss noch günstiger. Nach Versuchen im neuen Atelier der technischen Hochschule, welches mit Leichtigkeit Aufnahmen mit resp. ohne Sonne gestattet, verlangte bei Douzette's Mitternachtssonne, in welcher die rothen Töne eine grosse Rolle spielen, die Aufnahme mit Azalinplatten ohne Sonne 70 Minuten, die Aufnahme mit Sonne Anfang November, Nachmittags 2 Uhr, $5\frac{1}{4}$ Minuten durch dunkelgelbes Glas. Dabei war die Aufnahme mit Sonne noch etwas überexponirt und zeigte die Sonderung der violettrothen und rothen Töne viel besser als die Aufnahme im Himmelslicht.

Der Versuch wurde bei getrübtem Sonnenlicht am 20. November, Mittags $12\frac{1}{2}$ Uhr wiederholt; hier ergaben sich 18 Minuten als die richtige Expositionszeit.

Aurantiascheiben. Ein Uebelstand, der in der Masse gefärbten gelben Glasscheiben ist, dass sie trotz aller Bemühungen von den Glasfabrikanten in sehr ungleicher Qualität geliefert werden, bald zu hell, bald zu dunkel, bald mehr grünlich, bald mehr gelblich in der Farbe, und dieser Umstand beeinflusst die Wirkung der Azalinplatten erheblich. Obernetter hat in Folge dessen als Ersatzmittel mit Curcuma versetztes Collodium versucht, andere nahmen statt dessen Methyloorange. Verfasser fand als besten Farbstoff Aurantia, der in Collodium gelöst und auf Glas getragen, eine Schicht liefert, die sogar die besten Gläser in Wirkung erheblich übertrifft, indem sie das Grün, Gelb und Roth viel besser durchlässt als diese. Es ist für Unkundige in hohem Grade überraschend, dass die farbigen Gläser selbst das ihrer Farbe entsprechende Licht nur in sehr geschwächtem Grade hindurchlassen. So prüfte Verf. das durch ein

gelbes Glas gegangene Licht spectralphotometrisch. Es wurden durchgelassen:

| | grünes Licht
(Gegend des
Eosinstreifens) | orange gelbes
Licht dicht bei
der D-Linie | rothes Licht
bei der
Lithiumlinie. |
|--|--|---|--|
| Vor einer älteren dunkelgelben
Spiegelscheibe | 36,5% | 57,6% | 64% |
| Vor zwei hellen grünlichgelben
Scheiben, zusammengelegt . | 25,2% | 40 % | 56% |

Die letzteren schwächen das Licht demnach stärker als erstere. Bei Proben mit der Farbentafel ergab sich auch in der That, dass für das dunkelgelbe Glas eine Exposition von 15 Secunden genügt, wenn für die Doppelscheibe 20 Secunden nöthig war.

Die Aurantiaschicht erwies sich dagegen für's Auge sehr merklich heller und dabei doch feuriger gelb, als das dunkelgelbe Glas. Verglichen mit jener, erschien letzteres graugelb. Eine Messung mit dem Photometer ergab, dass die Aurantiaschicht 84,4 % orangefarbenes Licht*) hindurchliess, die dunkelgelbe Glasscheibe dagegen nur 67,25 %. Hier war also der Unterschied zu Gunsten der Aurantiaschicht ganz evident.

Noch schlagender bethätigt sich derselbe bei Aufnahme einer Farbentafel. Während in einem Falle dunkelgelbes Glas bei grauem Wetter 16 Secunden Exposition auf Azalin beanspruchte, genügte bei Aurantiaschicht eine Exposition von 10 Secunden.

Freilich ist eine Aurantiacollodschicht nicht so dauerhaft, als eine Glasscheibe. Es lässt sich aber die Schicht, sobald sie gelitten haben sollte, mit leichter Mühe durch einen frischen Ueberzug ersetzen. Der Hauptvorthail aber ist, dass die Schicht immer von genau gleicher Färbung hergestellt werden kann. Ihre Lichtempfindlichkeit ist auch kein Hinderniss, denn man bringt die gelbe Scheibe zweckmässig innerhalb der Camera hinter dem Objectiv an, wo sie in Zeiten der Nichtbenutzung vor Licht geschützt ist.

Zur Herstellung eines passenden Gelbcolloidiums setzt man zu 100 ccm Collod mit $1\frac{3}{4}$ Wollwolle etwa 0,2 bis 0,4 g Aurantia und schüttelt um, bis die Lösung gesättigt ist. Dann lässt man absetzen und benutzt das Klare, indem man damit die gereinigte und geputzte Spiegelscheibe überzieht.

*) Gegend des ersten Calciumstreifens.

Auswahl der Gläser. Wichtig ist die Auswahl der Glasscheiben. Ebenes Spiegelglas ist unbedingt nothwendig.

Die im Handel befindlichen Spiegelplatten sind aber selten völlig eben. Zur Prüfung auf Ebenheit hält man die Scheibe 10 cm vor das Auge und bewegt sie in ihrer Ebene, indem man dabei eine Schrift durch die Scheibe liest. Zittern die Buchstaben bei der Bewegung der Scheibe, so ist dieselbe nicht brauchbar.

Manche schützen die Aurantiaschicht durch eine aufgelegt ebene weisse Spiegelscheibe; dieselbe wird ringsum angekittet. Sehr schwierig ist die Auswahl von Filterscheiben für das Naturfarbendruckverfahren. Hier muss den höchsten Anforderungen in Bezug auf Ebenheit genügt werden. Eine Spiegelscheibe ist oft statt parallelfächig, sehr schwach prismatisch geschliffen. Das macht sie für Schwarzphotographen keineswegs unbrauchbar, wohl aber für die Aufnahmen für Farbendruck, bei welchem drei völlig stimmende Negative nöthig sind. Die dazu nöthigen Strahlenfilter werden durch Glasscheiben mit verschiedenen Ueberzügen hergestellt, worüber in dem Capitel über photographischen Dreifarbendruck die Rede sein wird.

XXVI. Instrumente zum Studium der Farbenempfindlichkeit photographischer Schichten.

Photographische Praktiker pflegen sich gar zu gern über das, was man Theorie nennt, hinwegzusetzen.

Die im I. Bande gegebene historische Darstellung zeigt aber zur Genüge, dass man die Entdeckung der farbenempfindlichen Verfahren wesentlich der Theorie und den darauf gegründeten Spectraluntersuchungen verdankt. Als Schreiber dieses seine ersten Spectraluntersuchungen veröffentlichte, herrschte in Fachkreisen für das Spectrum und für den Zusammenhang zwischen Absorption und photographischer Wirkung noch sehr geringes Verständniss. Lea glaubte die Resultate, die der Verfasser mit dem Spectrum erhalten hatte, widerlegen zu können durch Versuche ohne Spectrum, und Abney verfocht sogar eine Zeitlang den Satz, dass nicht die absorbirten, sondern die durchgehenden Strahlen auf die photographische Schicht wirkten.*) Heute ist es endlich anders und das zuerst von Draper 1854 aufgestellte Absorptionsgesetz ist zum allgemein gültigen Naturgesetze geworden.

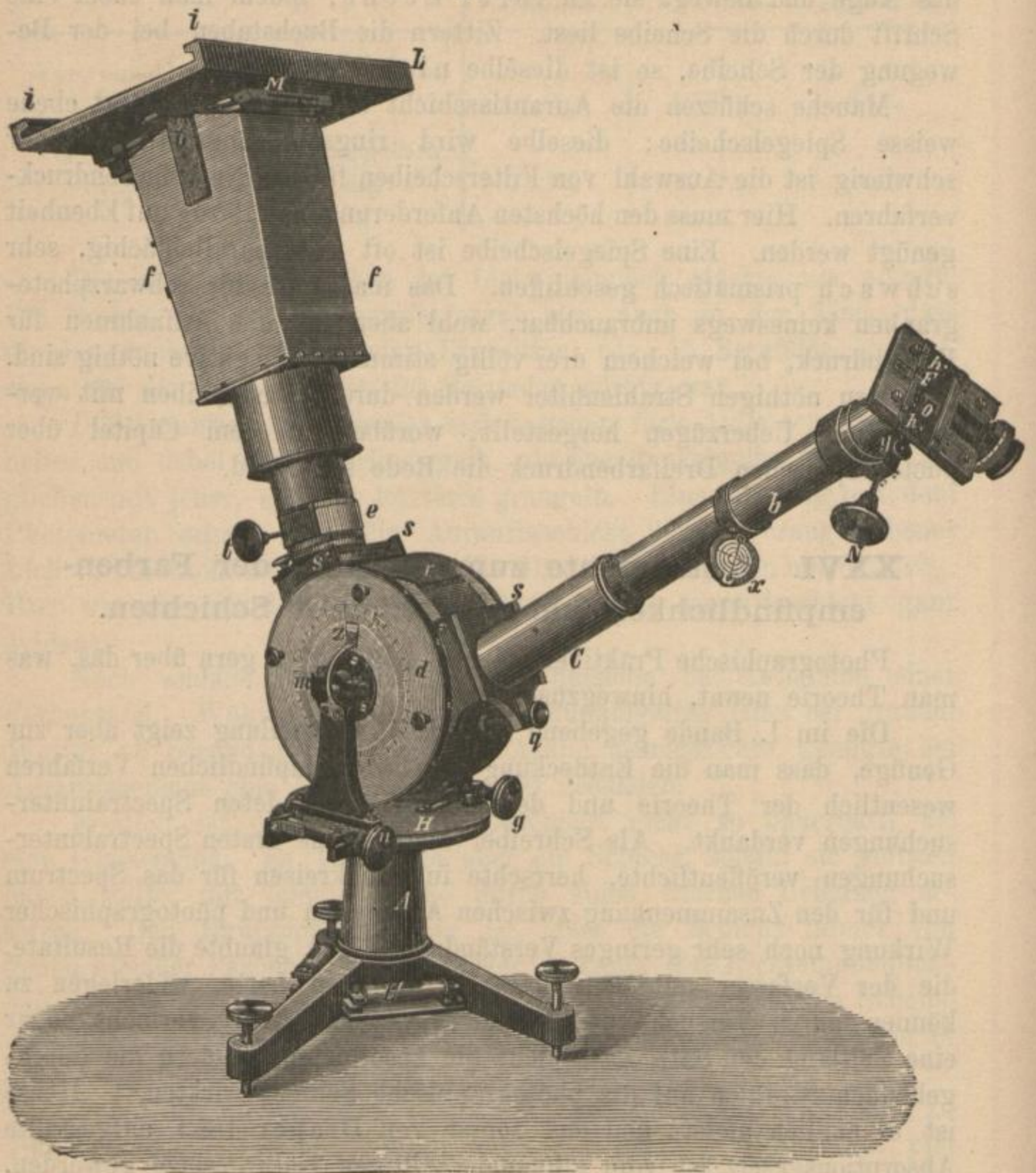
Waterhouse, Abney, Eder, Schumann u. s. w. machen eifrige Studien mit dem Spectrum, um Klarheit zu gewinnen über die Farbenempfindlichkeit der Stoffe.

*) S. phot. Mittheil. Jahrg. XIII, S. 19.

Vogel, Handbuch der Photographie. 4. Aufl. II.

Das Spectrum gewährt hier den ersten Anhalt; die Aufnahme einer Farbentafel den zweiten. Verfasser hat zur Photographie der Spectren zwei Apparate construiert. Die vollkommensten Resultate

Fig. 58.

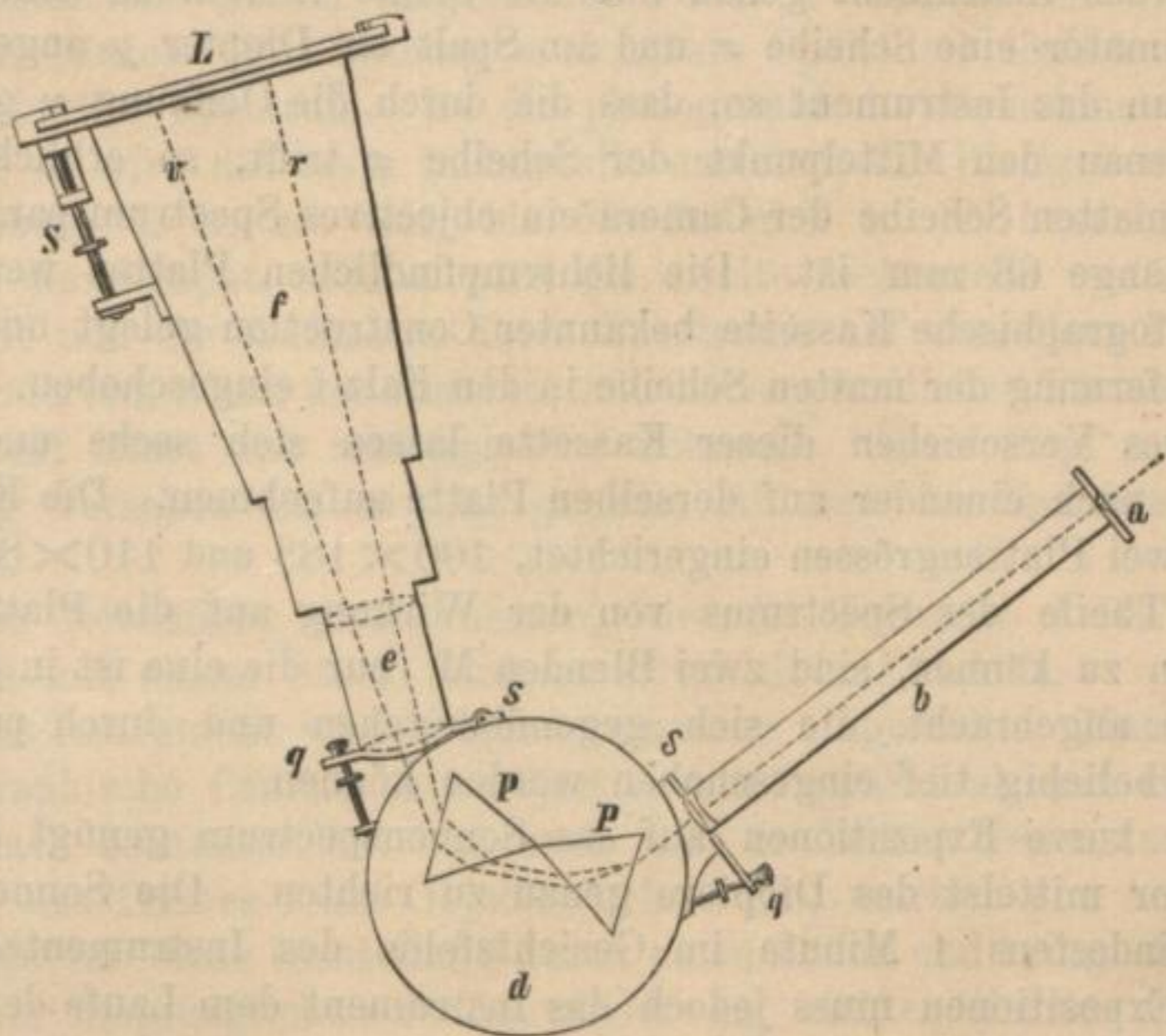


liefert der erstere (der grosse Spectrograph), aber für die meisten Fälle genügt der kleinere, der ganz bedeutend billiger ist.

a) H. W. Vogel's älterer grosser Spectrograph, construiert von Schmidt & Haensch in Berlin. Zweck des Instruments, welches

nach Angaben des Urhebers für die Sammlung der Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1874 ausgeführt und 1880 beschrieben wurde,*) ist die photographische Aufnahme lichtschwacher oder chemisch wenig wirksamer Theile lichtstarker Spectren, die Prüfung der Empfindlichkeit photochemischer Präparate gegen das Sonnenspectrum und die Untersuchung der Schwankungen der chemischen Wirkung in verschiedenen Tages- und Jahreszeiten. Das Instrument (Fig. 58, S. 210) stellt im Princip einen Spectralapparat mit zwei Prismen, jedoch mit horizontaler brechender Kante dar und ist so eingerichtet, dass das Collimatorrohr *b* leicht auf die Sonne oder jede beliebige andere Lichtquelle gerichtet werden kann. Zu diesem Zwecke ist das Instrument um eine vertikale Achse *A* und eine horizontale *m* drehbar. Diese Vorrichtung erspart die Anwendung eines Heliostaten und den dabei unvermeidlichen Lichtverlust durch Spiegelreflexion.

Fig. 59.



Die beiden Flint-Prismen *P* von 60° (Fig. 59) befinden sich in der Metalltrommel *d*. Die Trommel trägt einerseits das Collimatorrohr *b* mit dem Spalt *a*, andererseits (an Stelle des Fernrohrs des gewöhnlichen Spectralapparats) eine photographische Camera *f*,

*) S. Bericht über die wissensch. Instrumente der Berliner Gewerbeausstellung. Berlin, bei Springer. S. 380.

deren Objectiv eine Steinheil'sche Aplanatdoppellinse in der Fassung e ist. Der kastenförmige Ansatz aus Blech trägt am oberen Ende ein Brett L von Holz, in dessen Falz i (Fig. 59) eine Kassette mit lichtempfindlicher Platte oder eine matte Scheibe zu objectiven Beobachtungen eingeschoben werden kann. Das Brett L ist um eine Achse O drehbar, kann aber durch eine seitliche Schraube S (Fig. 60) in jeder Lage festgehalten werden. Diese Vorrichtung erlaubt eine Neigung der Bildebene gegen die einfallenden Strahlen und es wird dadurch die scharfe Einstellung verschiedener Theile des Spectrums ermöglicht, deren Focus ungleich lang ist. Camera und Collimator ruhen auf Lagern r , die um die Peripherie der Trommel d etwas verschoben werden können, beide sind ferner um horizontale Achsen s drehbar und mit Hülfe von Schrauben q (in Fig. 59 an der Camera nicht sichtbar) feststellbar. Dadurch ist die bequeme Einstellung auf das Minimum der Ablenkung für jeden Strahl ermöglicht.

Um das Instrument genau auf die Sonne richten zu können, ist am Collimator eine Scheibe x und am Spalt ein Diopter y angebracht. Stellt man das Instrument so, dass die durch die Oeffnung y gehende Sonne genau den Mittelpunkt der Scheibe x trifft, so erblickt man auf der matten Scheibe der Camera ein objectives Spectrum parallel ii , dessen Länge 66 mm ist. Die lichtempfindlichen Platten werden in eine photographische Kassette bekannter Construction gelegt und diese nach Entfernung der matten Scheibe in den Falz i eingeschoben. Durch successives Verschieben dieser Kassette lassen sich sechs und mehr Spectren nach einander auf derselben Platte aufnehmen. Die Kassette ist für zwei Plattengrößen eingerichtet, 100×183 und 110×80 . Um gewisse Theile des Spectrums von der Wirkung auf die Platte ausschliessen zu können, sind zwei Blenden M (nur die eine ist in Fig. 58 sichtbar) angebracht, die sich gegenüberstehen und durch passende Schlitze beliebig tief eingeschoben werden können.

Für kurze Expositionen auf das Sonnenspectrum genügt es, den Collimator mittelst des Diopters genau zu richten. Die Sonne bleibt dann mindestens 1 Minute im Gesichtsfelde des Instrumentes. Für längere Expositionen muss jedoch das Instrument dem Laufe der Sonne folgen; solches geschieht durch zeitweises Drehen der Schrauben ohne Ende n und g (Fig. 59), die in die Zähne eingreifen, welche einerseits an der Peripherie der Trommel d , andererseits an der drehbaren Horizontalplatte H angebracht sind.

Ein getheilte Kreisbogen auf der Trommel d und ein Index z erlauben die Höhe der Sonne jederzeit abzulesen, nachdem das Instrument mittelst der beiden Fusslibellen horizontal gestellt ist.

Für Prüfung lichtempfindlicher Substanzen verschiedener Art

dient ein keilförmiger Spalt, der an einem Ende 0,2 mm weit ist und sich am andern Ende allmähig bis auf 0 verengert. Er giebt ein Spectrum, dessen Linien auf der einen Seite unscharf und hell, auf der andern Seite scharf und lichtschwach sind. In der Photographie erstrecken sich diese Linien um so weiter nach der dunklen Seite hinüber, je heller der betreffende Theil des Spectrums ist oder je empfindlicher die zu prüfende Substanz für die betreffenden Strahlen ist. Man kann demnach aus der Länge der Linien einen Schluss auf die Helligkeit des untersuchten Spectraltheils einerseits, auf die Empfindlichkeit der geprüften Substanz andererseits machen.

Gilt es Spectren verschiedener Lichtquellen photographisch neben einander aufzunehmen, so wird ein besonderer Spalt angewendet, der in Fig. 59 mit abgebildet ist. Dieser 25 mm lange Spalt ist durch eine verschiebbare Platte h mit Handgriffen gedeckt, in der eine Oeffnung o von 5 mm Breite ausgeschnitten ist und die durch eine in kleine auf ihr vorgesehene Löcher eingreifende Feder F festgehalten wird.*)

Der durch die Oeffnung o sichtbare Spalttheil liefert ein etwa 5 mm breites Spectrum. Ist die photographische Aufnahme desselben erfolgt, so wird die erste Lichtquelle entfernt, die Platte h um 5 mm verschoben, d. h. so weit, bis die Feder F in das benachbarte der Löcher einschnappt, sodann wird die zweite Lichtquelle vor den Spalt gebracht und die Aufnahme ihres Spectrums auf derselben Platte bei unverändertem Stand der Kassette mit der empfindlichen Platte bewirkt. Den Spalt öffnet und schliesst eine Schraube, deren Kopf mit Kreistheilung versehen ist, so dass genaues Ablesen der Spaltbreite möglich ist.

Um Nebenlicht abzuschliessen, wird die Trommel d des Spectrographen mit einem Stück Sammet sorgfältig umwickelt.

Das Instrument wird folgendermaassen eingestellt. Man löst die photographische Camera mit Objectiv vom Apparat ab und stellt dieselbe nach bekannter Art auf einen weit entfernten Gegenstand durch Drehen des Triebes t am Objectiv scharf ein, markirt den Auszug des Objectivs für diese Einstellung durch einen Strich und bringt das Ganze an seiner ursprünglichen Stelle wieder an, richtet alsdann das Collimatorrohr des Spectrographen auf die Sonne und stellt mittelst des Triebes N den Spalt, bis die Linien auf der matten Scheibe hinreichend scharf erscheinen. Gut ist es, die matte Scheibe vorher mit Oel durchsichtiger zu machen. Noch besser als eine matte Scheibe ist eine

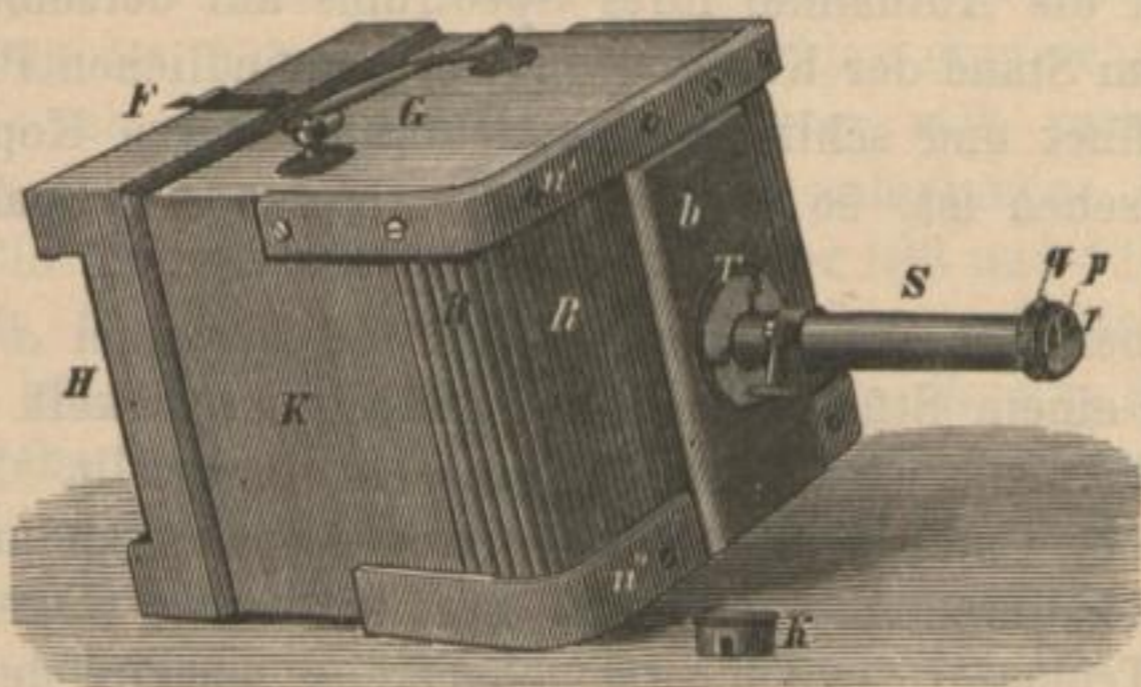
*) In Fig. 58 ist diese Spaltvorrichtung zur besseren Uebersicht der Details in einer dem Leser mehr zugekehrten Lage dargestellt; selbstverständlich muss der Spalt in seiner richtigen Stellung parallel den brechenden Kanten der Prismen liegen.

gewöhnliche mit Jodcollodium überzogene gesilberte und gewaschene photographische Platte. Selbstverständlich sind nicht alle Linien gleichzeitig scharf zu erhalten. Will man den Punkt höchster Schärfe für ein gewisses Liniensystem, so stellt man zunächst mit dem Auge auf die betreffende Linie scharf ein, bringt dann eine empfindliche Platte in den Apparat, macht eine Aufnahme bei der gegebenen Einstellung, verschiebt die Kassette innerhalb des Falzes *i* um 1 cm, dreht den Trieb N so, dass das Collimatorrohr um die Breite eines Zahnes seiner Zahnstange verlängert oder verkürzt wird, macht eine erneute Aufnahme auf derselben Platte und wiederholt dieses mit veränderter Einstellung des Collimatorrohrs noch mehrmals. Die Platte wird alsdann photographisch entwickelt und die Spectra mit der Lupe verglichen. Es ist dann leicht zu erkennen, für welche Einstellung die betreffenden Linien am schärfsten erscheinen.

Mit diesem Apparate wurden folgende Untersuchungen ausgeführt:

„Ueber die Beziehung zwischen Lichtabsorption und Chemismus (Sitzungsberichte der Berl. Akademie der Wissenschaften 1875, p. 82); über das Spectrum der Sell'schen Schwefelkohlenstofflampe (Berichte d. d. chem. Gesellsch. VII, p. 1522); über die photographische Aufnahme

Fig. 60.



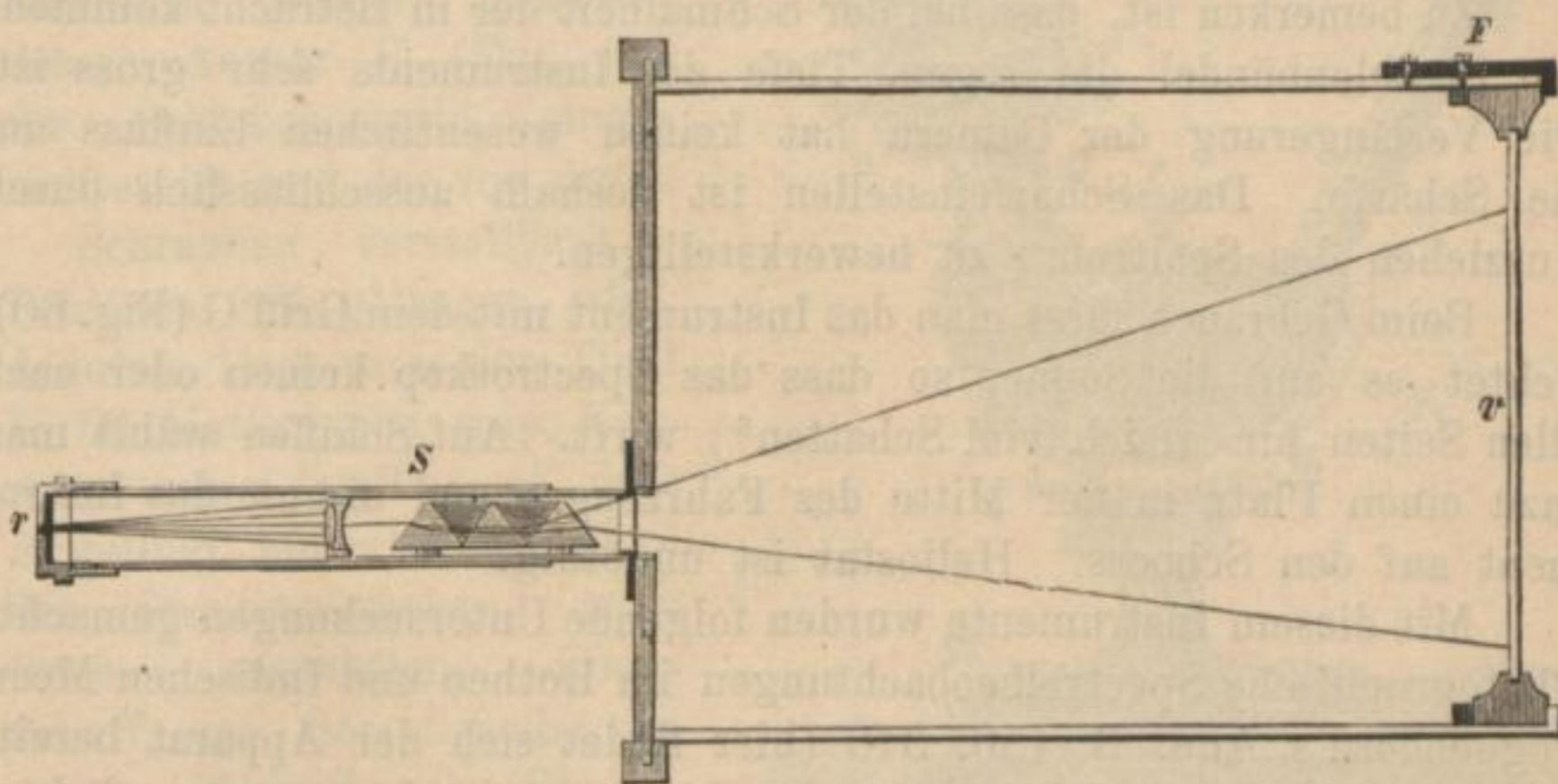
von Spectren der in Geisslerröhren eingeschlossenen Gase (Monatsber. d. Ak. d. Wiss. z. Berlin 1879, p. 116); über die Spectren des Wasserstoffs, Quecksilbers und Stickstoffs (ebenda 1879, p. 586), sowie die sämtlichen neueren Untersuchungen des Autors, welche in diesem Buche näher besprochen worden sind.

b) Steinheil's Spectrograph ist ähnlich dem Vorigen construirt; er enthält nur noch eine Scala, die mit photographirt werden kann. Dagegen fehlt der Verticalkreis zur Bestimmung der Sonnenhöhe (Bericht der Wiener Akad. XC., p. 1104).

c) H. W. Vogel's kleiner Spectrograph. Dieser Apparat hat denselben Zweck wie der vorher beschriebene grosse Spectrograph, er unterscheidet sich von diesem durch seine Einfachheit, compendiöse Form und Handlichkeit, so dass es möglich ist, mit Hülfe desselben Studien über das Sonnenspectrum selbst auf Reisen, sogar auf schwankenden Schiffen zu machen. Das Spectrum, welches dieser Apparat liefert, ist in seinen Linien bedeutend weniger scharf als das des grossen Spectrographen und deshalb für exacte Untersuchungen, in welchen es auf scharfe Liniendefinition ankommt, nicht geeignet, dagegen ist es genügend scharf für Studien über die chemische Wirkung des Spectrums auf Platten verschiedener Art, für Beobachtungen über die Schwankungen der chemischen Wirkung des Sonnenspectrums u. s. w.

Den Apparat bildet eine photographische Camera K (Fig. 61, p. 214) aus Holz, 17 cm lang, 13 cm breit und 10 cm hoch, ohne Auszug, die bei H eine matte Scheibe *v* (vgl. Fig. 62) trägt, welche mit einer Kassette bekannter Einrichtung vertauscht werden kann. Der Vordertheil der Camera besteht aus einer beweglichen Jalousie R (Fig. 60), die innerhalb der Culisse *n' n''* läuft und in der Mitte

Fig. 61.



ein Brettchen *b* trägt, in welches das Spectroskop *S* mit horizontalem Spalt *r* eingeschraubt ist. Die Achse des Spectroskops liegt 2 cm unterhalb der Achse der Camera.

Die Jalousie erlaubt das Spectroskop seitlich zu verschieben, und man ist dadurch im Stande auf einer kleinen Platte von 11×8 cm fünf senkrecht stehende Spectren nach einander aufzunehmen, falls man den Spalt nicht zu lang nimmt.

Der Spalt des Instruments liegt der Richtung der Jalousiebewegung parallel und ist nicht parallelrandig, sondern keilförmig. Dadurch wird ein Spectrum erzeugt, welches an der einen Langseite dunkel, an der andern hell ist und dessen Zweck oben S. 213 erörtert ist. Die eine Spaltseite ist fest, die andere wird durch die Platte *p* (Fig. 60) gebildet, welche um eine Schraube drehbar und durch diese feststellbar ist. Dadurch kann man den Winkel, den beide Spaltseiten mit einander bilden und die Helligkeitsunterschiede der beiden Spectrumseiten verändern. Die Schraube *q* regulirt die Entfernung der beiden Spaltkanten.

Eine Objectivlinse fehlt gänzlich. Die Collimatorlinse vertritt die Stelle derselben (siehe den Durchschnitt in Fig. 62). In der That erscheint ein objectives Spectrum auf der matten Scheibe, wenn man den Apparat auf eine Lichtquelle richtet und das Spaltrohr des Instruments hinreichend weit auszieht; die Collimatorlinse entwirft alsdann bei monochromem Lichte ein objectives Bild des Spalts auf der matten Scheibe, bei Anwendung von Sonnenlicht eine Folge von Spaltbildern, d. h. ein objectives Spectrum. Obgleich dieses System optisch nicht vollkommen ist, gelingt es leicht, die Hauptsonnenlinien darin zu erkennen.

Zu bemerken ist, dass bei der Schmalheit der in Betracht kommenden Strahlenbündel die sogen. Tiefe des Instruments sehr gross ist. Die Verlängerung der Camera hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Schärfe. Das Scharfeinstellen ist deshalb ausschliesslich durch Ausziehen des Spaltrohrs zu bewerkstelligen.

Beim Gebrauch fasst man das Instrument mit dem Griff *G* (Fig. 60), richtet es auf die Sonne, so dass das Spectroskop keinen oder nach allen Seiten hin gleich viel Schatten*) wirft. Auf Schiffen wählt man dazu einen Platz in der Mitte des Fahrzeuges und nimmt das Instrument auf den Schooss. Heliostat ist unnöthig.

Mit diesem Instrumente wurden folgende Untersuchungen gemacht: Photographische Spectralbeobachtungen im Rothen und Indischen Meer, Poggendorff's Ann. B. 156, 319 (hier findet sich der Apparat bereits beschrieben); chem. Wirkungen des Lichts auf reines und gefärbtes Bromsilber, Ber. d. d. chem. Gesellsch. 1875, 1635; neue Beobachtungen über die Lichtempfindlichkeit des Bromsilbers, ebenda 1876, 667 und fotogr. Mittheil. XIII, 30.

Auch Cpt. Waterhouse in Kalkutta hat das Instrument zu seinen Spectralbeobachtungen benutzt (siehe Waterhouse Spectralversuche, fotogr. Mittheil. XIII, 16, 197, 223).

*) Um den Schatten gut beobachten zu können, ist die Platte *E*, auf welche das Spectroskop geschraubt ist, weiss lackirt.

Die Lichtdrucke (Tafel X, Bd. I) sind Copien nach Aufnahmen, die mit dem älteren grossen Spectrographen genommen wurden.

Wie schon bemerkt, können mit diesen Apparaten mehrere Spectren nach und nebeneinander aufgenommen werden. Verfasser belichtet bei Gelatineplatten das erste momentan, das zweite eine, das dritte zwei, das vierte fünf Secunden, die folgenden 10—20—50 Secunden.

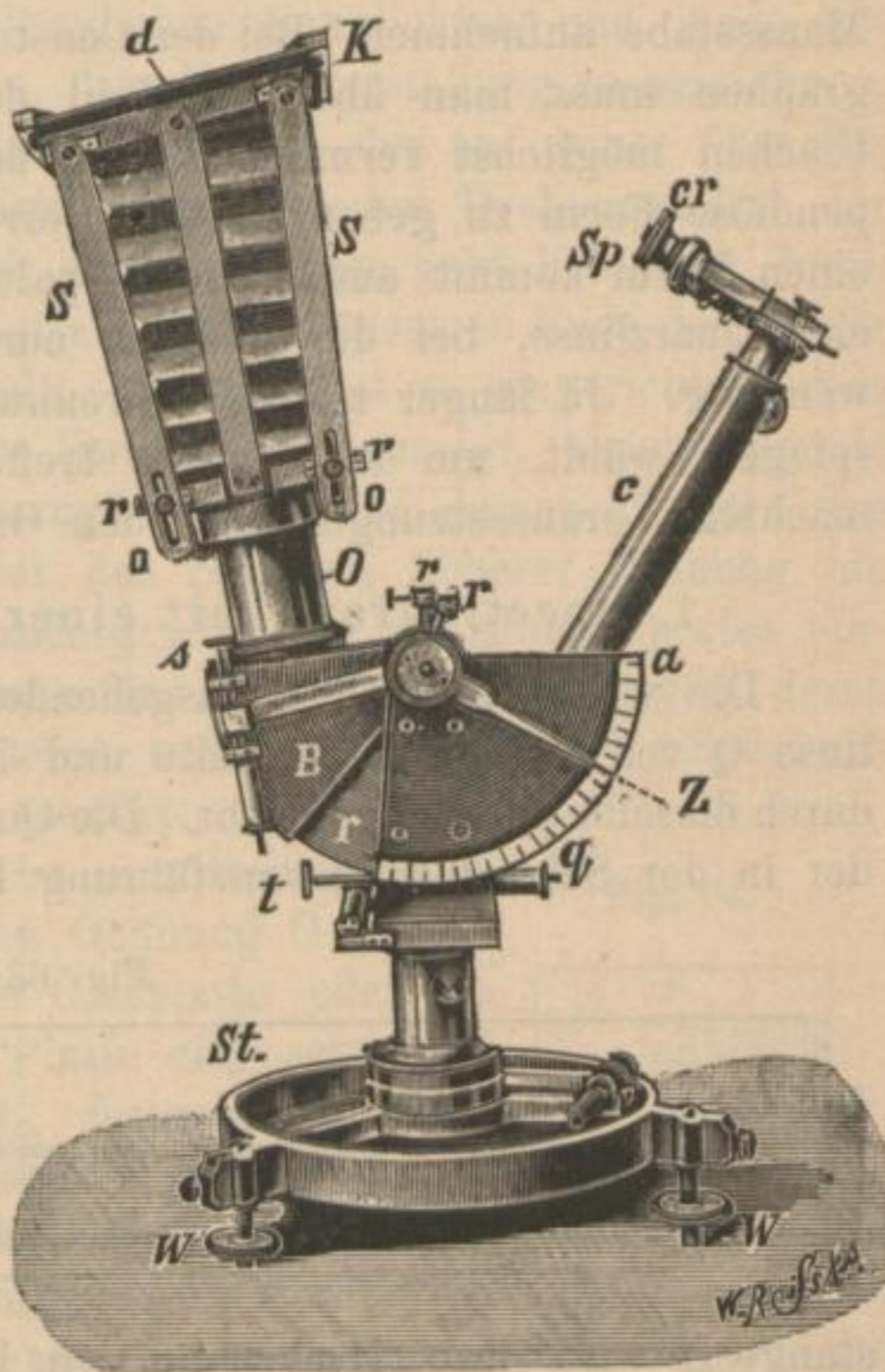
Der neue grosse Spectrograph nach H. W. Vogel, construirt von Schmidt & Haensch. Die Unbequemlichkeit, den alten grossen Spectrograph auf das „Minimum“ der Ablenkung zu bringen, in dem man die am wenigsten verzerrten Spectren und die schärfsten Sonnenlinien erhält, ferner das grosse Gewicht des alten Instrumentes sind die Veranlassung, dass Verfasser eine Verbesserung vornahm, die von Schmidt & Haensch praktisch durchgeführt wurde.

Beifolgende Figur 62 zeigt den so entstandenen neuen grossen Spectrographen. Die Einrichtung desselben ähnelt dem alten s. oben p. 210 ff. An Stelle des Blechkastens *ff* (Fig. 58) ist aber ein leichter Balgen getreten, dessen Ansatz *K* (Fig. 62) für Schiebekassette eingerichtet ist und der von durch

Schrauben verstellbare Schienen *SS* getragen wird, dadurch lässt sich der Theil *K* für Mattscheibe resp. Kassette schief stellen, so dass es gelingt, einen grossen Theil der Spectrumsfarben, trotz ihres ungleichen Focus scharf auf der Scheibe zu sehen. Objectiv *O* (Steinheil Aplanat), Collimator *c*, Spaltrohr *Sp* mit Schraube *cr* ähneln den gleichen Vorrichtungen des älteren

Apparats (s. oben). Die runde Trommel ist jedoch durch eine halbkreisförmige ersetzt, welche getheilt ist, so dass das Stück *B r* sich innerhalb des rechten Stückes bewegen lässt. Diese Bewegung erlaubt eine Einstellung auf das „Minimum der Ablenkung“. Ist diese erreicht, so wird

Fig. 62.



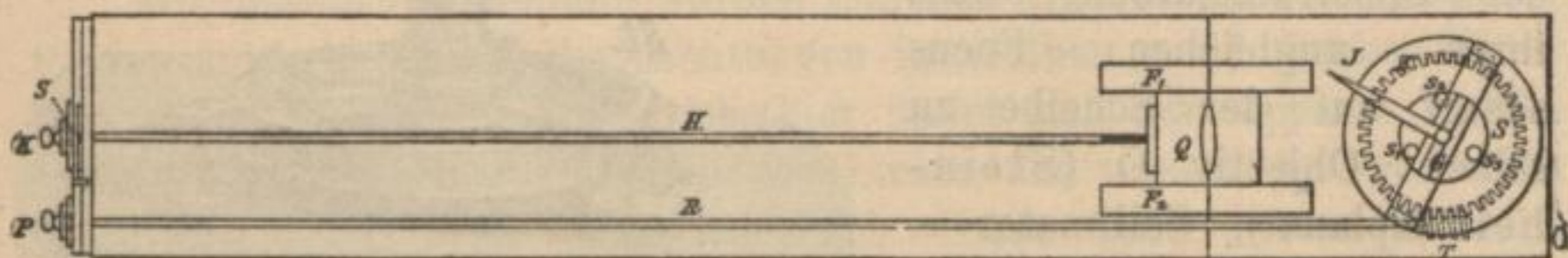
die hintere Schraube r angezogen und dadurch die beiden Trommelhälften innerhalb welcher die Prismen liegen, mit einander verbunden. Durch Lockerung der vorderen Schraube r lässt sich der Apparat zweckmässig gegen die Sonne neigen, wozu, wie beim älteren Apparat (s. oben) ein Diopter dient. Die Schrauben t und q erlauben der Sonne zu folgen, die Kreistheilung a nebst Zeiger Z giebt die Sonnenhöhe an. Die übrigen Theile sind aus der Erklärung des älteren Apparates unmittelbar verständlich. Der Apparat hat sich seit 1889 ausgezeichnet bewährt und diente Dr. E. Vogel zu seinen zahlreichen neuen oben beschriebenen Untersuchungen.

Der Beugungsspectrograph von Hermann Ebert. Verbindet man ein ebenes Gitter mit Linsen und Hohlspiegeln von grosser Brennweite zu einem Spectrographen, so erhält man Spectra von sehr grosser Länge und kann die einzelnen Theile derselben direct auch in grösserem Maassstabe aufnehmen. Bei der Construction solcher grösserer Spectrographen muss man aber die Zahl der brechenden oder spiegelnden Flächen möglichst vermindern, um dem Ganzen eine möglichst compendiöse Form zu geben. Ebert erreichte dies wie folgt. Bei der einen Form kommt ausser dem Spalt und dem Flachgitter nur noch eine Quarzlinse, bei der anderen nur noch ein Hohlspiegel zur Verwendung. Je länger man die Brennweite der Linse, resp. des Hohlspiegels wählt, um so genauer treffen die bei der Construction gemachten Voraussetzungen über den Gang der Strahlen zu.

1. Spectrograph mit einer Quarzlinse (Fig. 63).

Die von dem Spalt S ausgehenden Strahlen fallen auf die Quarzlinse Q von 140 cm Brennweite und 7 cm freier Oeffnung und werden durch dieselbe parallel gemacht. Die Quarzlinse ruht auf einem Schlitten, der in der Schwalbenschwanzführung $F_1 F_2$ gleitet. Durch die Trieb-

Fig. 63.



stange H wird durch Drehen an dem Kopfe K die Linse in die Brennweitenentfernung der aufzunehmenden Strahlengruppe gebracht.

Die die Quarzlinse verlassenden parallelen Strahlen fallen auf das ebene Spiegelgitter G von $3\frac{1}{2} \times 4\frac{1}{2}$ cm getheilte Fläche; die Linien des Gitters verlaufen parallel zur Spaltrichtung. Das Gitter löst das auffallende Lichtbündel so auf, dass die nach den verschiedenen Rich-

tungen hin reflectirten Strahlenbündel für eine bestimmte Wellenlänge im Spectrum derselben Ordnung unter sich parallel sind. Eine Reihe dieser Strahlen fällt abermals auf die Quarzlinse Q und wird durch diese in der Spaltebene zu einem scharfen Bilde vereinigt, wo ihre Aufzeichnung auf die empfindliche Platte erfolgt.

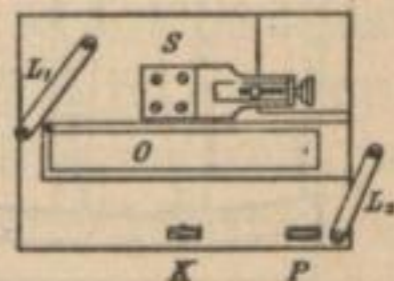
Um der Reihe nach alle Theile der Spectren der verschiedenen Ordnungen (Ebert konnte bei der hier getroffenen Anordnung bis zu solchen fünfter Ordnung aufsteigen) durch die Linse führen zu können, ist das Gitter G auf der Drehscheibe S aufgestellt, und zwar so, dass seine Vorderfläche gerade durch die Drehungsachse geht. Zur genauen Einstellung dienen die drei Fusschrauben s_1, s_2, s_3 . Die Scheibe S wird mittelst des auf ihrer Unterseite befestigten Zahnrades Z, der Schraube ohne Ende T und der Stange R durch Drehen an der Flügelschraube P bewegt.

Das Ganze ist in einen länglichen lichtdichten und innen geschwärzten Kasten eingeschlossen. Um die Gitterstellung zu bezeichnen, ist auf der Scheibe S ein Rahmen befestigt, der auf seiner über das Gitter hinweggehenden Querleiste genau in der Drehungsachse der Scheibe einen cylindrischen Stab trägt. Dieser geht lichtdicht durch den Deckel des Kastens und trägt auf seinem äusseren Ende den Zeiger J, der über einer Theilung spielt. Dieselbe ist so eingerichtet, dass der Zeiger die Wellenlänge der Strahlungen anzeigt, welche gerade durch die Mitte der Linse gebeugt werden und demnach gegen den Spalt hin zurückgehen. Da bei den Spectren höherer Ordnung ein immer complicirteres Uebereinandergreifen der einzelnen Spectra eintritt, sind die Wellenlängen längs fünf Kreisbögen aufgetragen, deren Radius von innen nach aussen wächst, und von denen jeder das Spectrum einer bestimmten Ordnung repräsentirt.

Die Vorderwand (Fig. 64) ist unmittelbar unter dem Spalte von einer länglichen Oeffnung O durchbrochen, in welcher die matte Glasplatte oder die Kassette mit der empfindlichen Platte eingesetzt und durch die Vorreiber L_1 und L_2 festgehalten wird. Ebert benutzte eine Plattengrösse von 21×3 cm.

Dass Spalt und Visirscheibe auf derselben Seite des Apparates und so nahe aneinander liegen, stört bei der Einstellung nicht, wenn man die Lichtquelle durch eine Quarzlinse auf den Spalt projicirt und entweder etwas von der Seite her auf die matte Glasplatte blickt, oder über dieselbe ein gebrochenes Ablesefernrohr hinführt. Man sieht dann alle Theile der sichtbaren Spectra sehr gut und kann durch Drehen an der Schraube K scharf einstellen. Zu gewissen Zwecken empfiehlt es sich, einen unter 45° gegen die Vorderseite des Apparates geneigten

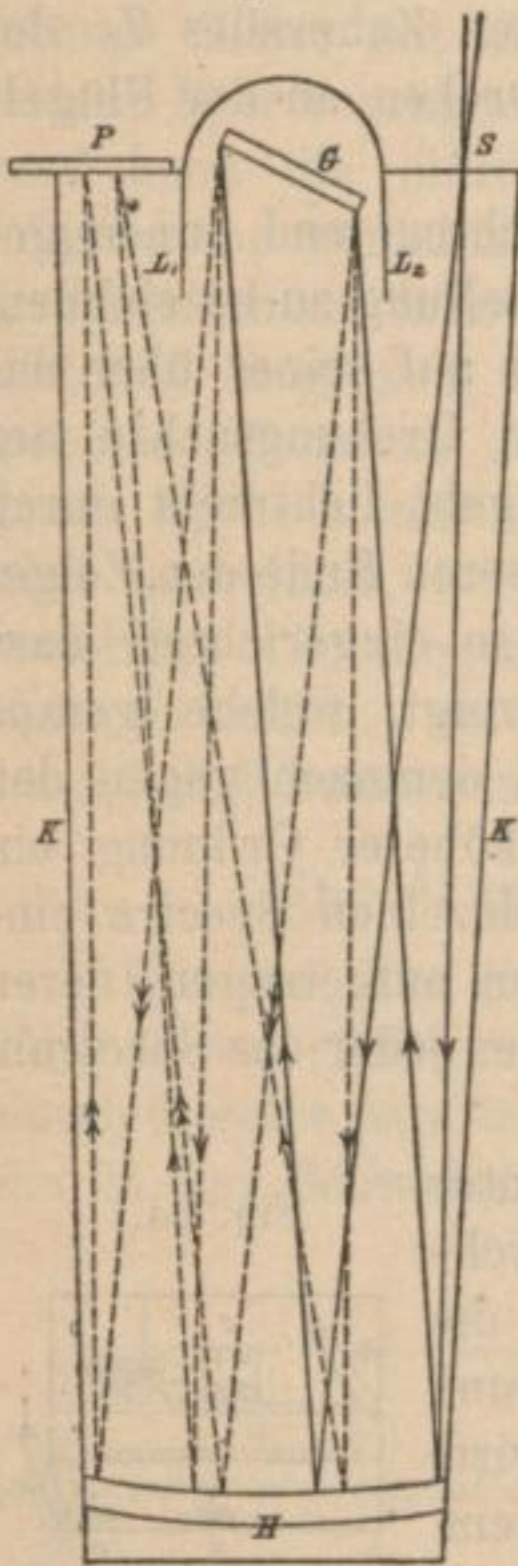
Fig. 64.



Spiegel vor dem Spalte zu befestigen und die Lichtquelle seitlich aufzustellen, z. B. wenn man den Apparat zu directen Ocularbeobachtungen benutzen will, wobei bei O eine das Ocular tragende Platte eingesetzt wird.

Mit diesem Apparate hat Ebert auf Obernetter'schen Emulsionsplatten das ultraviolette Spectrum zweiter Ordnung des Kohle- und Eisenbogens in fünf Secunden, das Spectrum erster Ordnung in drei Secunden mit allen Einzelheiten erhalten mit Hülfe eines sehr schönen Hrn. Professor E. Wiedemann gehörigen Gitters.

Fig. 65.



An der Vorder- und Rückfläche der Linse wird ein Theil der auffallenden Strahlen reflectirt und gelangt als diffuser Lichtschein auf die Platte. Dieser an sich geringe reflectirte Antheil der gesammten einfallenden Lichtmenge vertheilt sich indessen in der Entfernung der Platte von der Linse über eine grosse Fläche, während die von dem Gitter durch die Linse geworfenen Strahlen der einzelnen Linien auf einen relativ sehr geringen Raum zusammengedrängt werden. Daher stört das an der Linse reflectirte Licht, namentlich bei kurzen Expositionszeiten, nicht. Die geringste Wirkung des reflectirten Lichtes erhält man, wenn man eine concavconvexe Quarzlinse anwendet, welche ihre relativ stark gekrümmte convexe Seite dem Spalte und der Platte zukehrt, weil dann das reflectirte Strahlenbündel am weitesten zerstreut wird.

2. Spectrograph mit einem Hohlspiegel (Fig. 65).

Bei der Benutzung des ebenen Spiegelgitters zur Zusammenstellung eines grossen Spectralapparates erhöht man die Leistungsfähigkeit dieses Hilfsmittels, wenn man die Anwendung von Linsen vermeidet; denn einmal macht man sich frei von der Absorption des Linsenmaterialies, andererseits umgeht man die Schwierigkeiten, welche durch die chromatische Abweichung der brechenden Medien bei der Handhabung des Spectrographen verursacht werden. Man hat sich daher ausschliesslich der Verwendung von Reflexionen an Hohlspiegeln zugewendet. W. de W. Abney hat einen Spectrographen mit einem ebenen Gitter und zwei

Spiegeln construirt. Indessen ist es möglich, einen sehr wirksamen Spectrographen schon aus einem Hohlspiegel, der mit dem Spiegelgitter verbunden ist, zu construiren, und zwar in folgender Weise (Fig. 65):

Das von dem Spalte S kommende Licht fällt auf den Hohlspiegel H, der, um die Brennweite von S entfernt, in dem das Ganze einschliessenden Kasten K befestigt ist. Der von Ebert verwendete Spiegel hatte 120 cm Brennweite und 15 cm Durchmesser. Die von dem Spiegel H reflectirten parallelen Strahlen gelangen auf das ebene Gitter G und werden hier gebeugt. Eine Reihe der unter sich parallelen gebeugten Strahlen bestimmter Wellenlängen fallen so auf den Hohlspiegel, dass sie in Punkten der Platte P wieder vereinigt werden. Hier entsteht demnach ein reelles, scharfes Spectralbild. Bei P wird die Fixirscheibe resp. die Kassette mit der empfindlichen Platte eingesetzt; G ist ebenso wie in Fig. 64 aufgestellt und durch Drehen an der Achse der Drehscheibe zu bewegen. Eine der vorhin beschriebenen analoge Theilung zeigt an, welche Wellenlängen und welche Spectra sich gerade in der Mitte der photographischen Platte befinden. P, G und S sind durch die vorspringenden Schirme L_1 und L_2 vor Nebenlicht geschützt.

Diese Spectrographen, bei denen die Zahl der Bestandtheile auf ein Minimum herabgesetzt ist, können ausser zu directen Ocularbeobachtungen verwendet werden:

a) zur photographischen Aufnahme aller Theile des Spectrums. Schliesst man die Spaltöffnung des zweiten Apparates durch eine aufgeklebte Quarzplatte luftdicht ab, so kann man, da der Apparat leicht so hergestellt werden kann, dass er überall hermetisch schliesst, ihn auspumpen und sich dadurch auch von der Absorption durch die Luft frei machen. Dieses Arbeiten im evacuirten Raume empfiehlt sich bei Verwendung von Hohlspiegeln von sehr grosser Brennweite.

b) zur Demonstration der Spectra. Schiebt man an Stelle der Platte die matte Glasplatte in den Kassettenrahmen, so erblickt man auf derselben die Linien, bei diesen Apparaten z. B. schon im Spectrum erster Ordnung die D-Linien des Sonnenspectrums Millimeter weit getrennt. Ersetzt man die Fixirscheibe durch eine Uranglasplatte, so kann man auch die Ausdehnung des ultravioletten Spectrums einem weiteren Kreise zeigen.

c) als Illuminator. Man bringt an Stelle der Platte eine Spaltvorrichtung an, blendet durch diese eine beliebige Linie aus dem Spectrum heraus und verwendet das homogene Licht derselben zur Beleuchtung irgend eines anderen Apparates. Dabei ist die compendiöse Gestalt der Apparate, die in einer einfachen Röhre Platz finden, sowie bei der Anordnung 2 der Umstand von wesentlichem Vortheil, dass sich beim

Uebergang von einer Linie zu irgend einer anderen die Focusirung nicht ändert.

Die beschriebenen Apparate werden in ausgezeichneter Weise von dem Mechaniker des Erlanger physikalischen Instituts, J. G. Böhner, ausgeführt.

Die Farbentafel als Prüfungsmittel für farbenempfindliche Schichten. Sonnenlicht steht für Prüfung farbenempfindlicher Schichten leider nicht immer zur Disposition. Es gewährt auch keinen direkten Schluss auf die praktischen Resultate bei Aufnahme farbiger Körper, deren Farben ja nie rein, sondern immer gemischt sind (s. o.).

Als willkommenes Aushülfsmittel für den Praktiker hat daher Verfasser die p. 172 erwähnte Farbentafel empfohlen und solche Tafel, aus mattfarbigen Papieren geschnitten, dem ersten Bande dieses Lehrbuches beigelegt, auch Beilagen in Lichtdruck hinzugefügt, welche die Wirkung solcher Farbentafel auf gewöhnliche, Eosin- und Eosinsilberplatten zeigen, wenn man die Tafel mit gedachten Platten photographisch aufnimmt.

Diese Tafel hat sich auch höchst nützlich erwiesen zur Erkennung der wechselnden Farbenhelligkeit der Atmosphäre. Von dieser ist schon wiederholt die Rede gewesen. Es ist z. B. klar, dass das hauptsächlich Blau reflectirende Ultramarin am stärksten wirken wird, wenn die Atmosphäre besonders reich an blauen Strahlen ist, ebenso das Gelb am stärksten, wenn die Atmosphäre besonders reich an gelben Strahlen ist. Solche Fälle sind faktisch beobachtet worden nicht bloß beim Sonnenlicht, sondern auch beim diffusen Licht. Specielleres weiter unten.

XXVII. Prüfung von Farbstoffen und photographischen Schichten auf Farbenempfindlichkeit.

Die Prüfungen photographischer Platten auf Farbenempfindlichkeit mittelst Spectrographen, erfordert keine anderen Vorbereitungen als gewöhnliche photographische Aufnahmen.

Welches Interesse dahinzielende Untersuchungen haben, geht u. A. daraus hervor, dass mit Hülfe des Spectrographen der wesentliche Unterschied zwischen dem Bromsilber der Collodiumtrockenplatten und dem der Gelatinetrockenplatten zuerst vom Verfasser sicher festgestellt wurde (photogr. Mittheil. XX S. 99), und dass Schumann damit die höhere Farbenempfindlichkeit der jodsilberhaltigen Bromgelatineplatten nachgewiesen hat.

Unter höherer Farbenempfindlichkeit ist hier stets die Steigerung der Empfindlichkeit für die schwächer brechbaren Strahlen (Grünblau, Grün, Gelb und Roth, s. Fig. 44, S. 134) verstanden.

Den Unterschied der Farbenempfindlichkeit zwischen nassem Jodsilber- und Jodbromsilbercollodium hat zuerst J. Müller in Freiburg untersucht (vergl. p. 139).

Ehe man nun die Wirkung irgend eines Farbstoffes auf Bromsilber prüft, wird es sich stets empfehlen, zuerst die Bromsilber- oder irgend eine andere zum Versuch dienende Platte für sich (ungefärbt) zu prüfen. Hierbei zeigt sich stets die der Eigenabsorption der empfindlichen Platte entsprechende Wirkung. Diese bleibt auch bei dem nachherigen Zusatz des Farbstoffes nicht aus und muss gleichsam von dessen Wirkung abgezogen werden. Wir pflegen fast immer die Rohplatte neben der gefärbten gleichen Materials zu prüfen mit Rücksichten auf die schwankende chemische Wirkung des Sonnenspectrums (s. o.). Da solche Expositionen nach einander gemacht werden müssen, so kann es vorkommen, dass in der Zwischenzeit schon Aenderungen im Sonnenspectrum stattfinden. Schumann vermied diesen Fehler dadurch, dass er einen langen Spalt anwendet, der ein breites Spectrum gab und die zu versuchenden Platten zuschnitt und dicht nebeneinander legte, so dass jede von der Hälfte des Spectrums getroffen wurde. So entdeckte er, dass ein kleiner Zusatz von Jodsilber zum Bromsilber die Empfindlichkeit der Emulsionen für Grün steigert.

Man begeht hierbei gewöhnlich den Fehler, die chem. Wirkung des Sonnenlichts an einem heitern Tage bei Mittagshöhe als gleich zu betrachten. Bei Prüfung desselben Präparats an verschiedenen Tagen resp. Tageszeiten ergaben sich oft verschiedene Resultate, da die Durchsichtigkeit der Atmosphäre für verschiedene Farben schwankt. Verfasser machte bereits 1874 darauf aufmerksam (Ber. d. d. chem. Gesellsch. VII, 88). Diese Schwankungen sind im Winter sehr stark, im Sommer dagegen unter gleichen Umständen gering. Ferner ist aber auch das Instrument von Einfluss. So sind die älteren Prismenkörper auf Prismen für Violett und Ultraviolett wenig durchsichtig. Daher üben diese Farbenstrahlen mit diesem Instrumente eine viel geringere Wirkung aus als bei dem grossen Spectrographen mit seinen weissen Flintglasprismen. Viel besser sind die neuen dreifachen Prismenkörper. Der grosse Spectrograph des Autors besitzt Prismen aus ganz weissem Flintglas. Alle Behauptungen, dass des Autors Prismen als Strahlenhalter wirken, sind daher hinfällig. Proben solcher Aufnahmen mit gedachtem Instrument zeigt Bd. I, Tafel X.

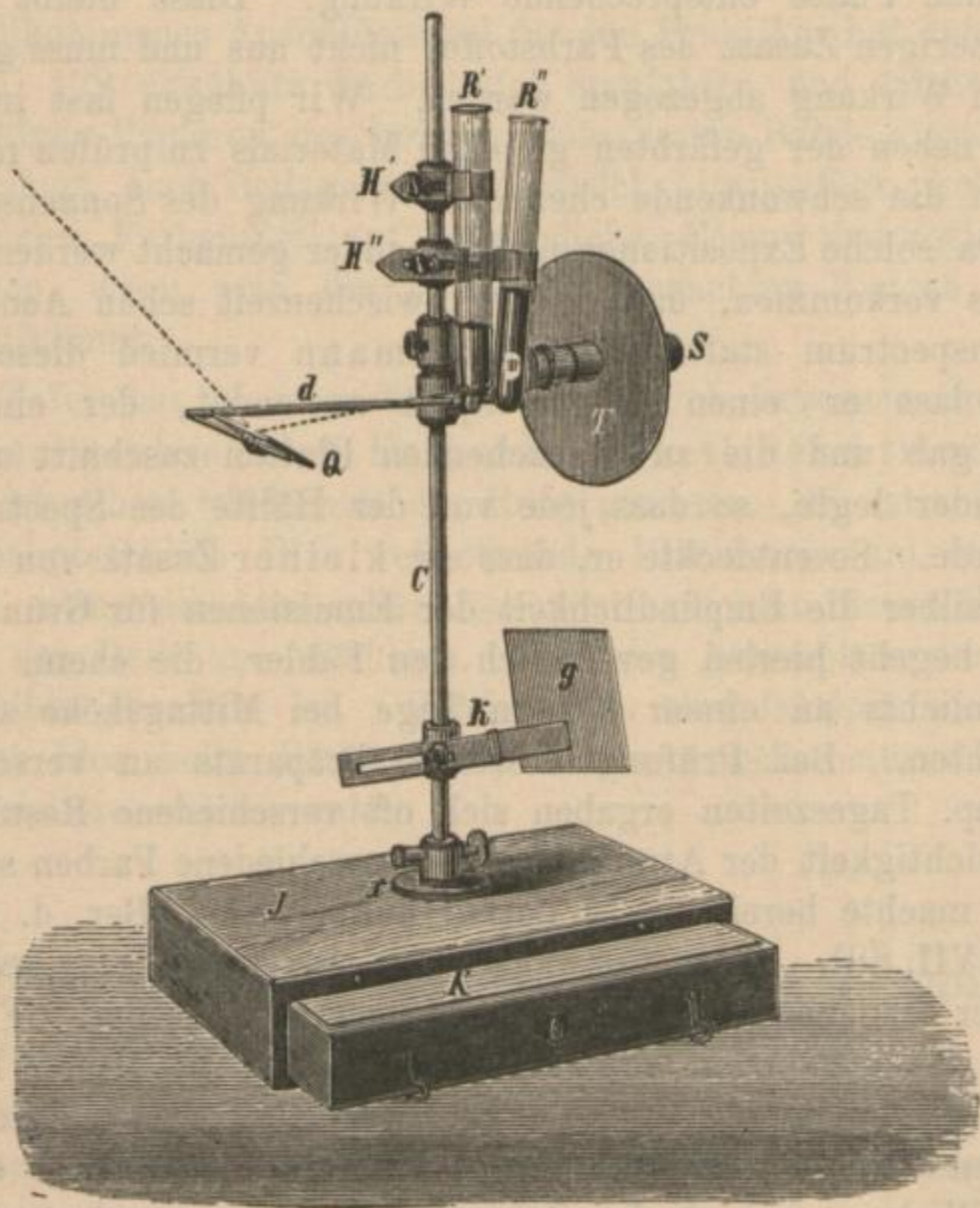
Wie total die Wirkung des Spectrums auf Chlorsilber durch Farbenzusatz verändert wird, zeigt Curve II, wo durch Naphtalinroth-

zusatz das Bromsilber am stärksten empfindlich geworden ist für den Raum bei D d. i. für Gelb und Grüngelb.

Die andern Curven sind ohne Weiteres nach dieser Erklärung verständlich. Die Expositionszeit verändert natürlich die Ausdehnung der Spectren bedeutend. Je kürzer die Exposition, desto deutlicher tritt in der Regel die Stelle der stärksten Wirkung hervor.

Um von vornherein zu erkennen, welche Wirkung von einem Farbzusatz zu erwarten ist, untersucht man den Farbstoff mit dem Spectroscop ohne Photographie direkt. Man löst den Farbstoff in Alkohol

Fig. 66.



und verdünnt die Lösung allmähig, bis die Flüssigkeit hinreichend durchsichtig wird, um Absorptionsstreifen sichtbar werden zu lassen. Diese beobachtet man mit demselben Spectroskop, das beim kleinen Spectrographen benutzt wird und das am besten in Vogel's Universalstativ*) (Fig. 66) einschaltet (s. a. Vogel pract. Spectralanalyse, II. Aufl., Berlin bei Oppenheim).

*) Zu haben bei Schmidt & Hänsch, Optiker, Berlin.

Fig. 66 stellt das Arrangement dar, wie es bei der Beobachtung eingehalten wird. Man richtet das Instrument auf den blauen Himmel und bringt die Farblösung in ein Reagenzglas R''; den Absorptionsstreifen, welchen man dann sieht, kann man ebenfalls mittelst Curven darstellen (s. Fig. 47 etc.). Zur Vergleichung mit einem andern Farbstoff bringt man diesen in ein benachbartes Reagensglas (s. Vogel, pract. Spectralanalyse p. 55).

In Fig. 49 p. 155 sind durch die punktirten Linien die Absorptionen der Farbstoffe, durch die ausgezogenen Linien aber die Wirkung des Spectrums auf die damit gefärbten photographischen Bromsilber-Schichten dargestellt.

Der Zusammenhang zwischen chemischer Wirkung und Absorption tritt dadurch sofort hervor; an Stelle stärkster Absorption herrscht auch stärkste chemische Wirkung. Dieselbe geht allerdings etwas weiter nach Rechts (Roth) hin, worauf p. 164 bereits hingewiesen wurde.

XXVIII. Ueber die vervielfältigende Photographie in Naturfarben.

Zwei Wege hat man eingeschlagen, um zur Lösung des höchsten Problems der Photographie: Photographie in natürlichen Farben zu gelangen.

1. Directe Aufnahme mittelst photographischer Schichten, die für alle Farben empfindlich sind und die Wirkung jeder Farbe in der Originalfarbe wiedergeben. Dahin gehören die Versuche von Seebeck (Goethe's Farbenlehre 1810), Becquerel, Niépce de St. Victor, Poitevin, Zenker und Lippmann, dem es zuerst gelang, fixirbare Photographien in sogenannten natürlichen Farben herzustellen (s. u.)*

Diese Methode hat den Uebelstand, dass die wiedergegebene Farbe aus physikalischen Gründen, die Verfasser Photographische Mittheilungen XXVIII, p. 205, auseinandergesetzt hat, nicht genau der Naturfarbe gleicht (s. p. 242), dass sie ferner nur die Aufnahme glühend heller Körper (Spectrum, durch electrisches oder Tageslicht beleuchtete bunte

*) Herr Dr. Valenta hat dieses Verfahren in einem interessanten Buche „Die Photographie in natürlichen Farben [Halle bei Knapp], mit besonderer Berücksichtigung des Lippmann'schen Verfahrens“ besprochen. Dasselbe erfuhr durch die Arbeiten Lumière's erhebliche Verbesserungen und wurde namentlich die Expositionszeit herabgedrückt. Es bleibt aber der Uebelstand bestehen, dass die erhaltenen Aufnahmen eine Vervielfältigung nicht gestatten. Diese verlangt man aber jetzt von der Photographie. Lippmann's Bilder sind daher im günstigsten Falle den Daguerretypen zu vergleichen (s. u. Cap. XXIX.).

Scheiben etc.) gestattet, dass ferner das Gelingen des Bildes von einer Fülle von Bedingungen, der Dicke der Schicht, Temperatur beim Trocknen der peinlich genauen Zusammenstimmung des in der Schicht auf das feinste vertheilten Bromsilbers und des Farbensensibilisators etc. etc. abhängig ist (s. H. Krone, Photogr. Mittheil. XXIX, p. 68), so dass das Gelingen beinahe als ein Glücksfall betrachtet werden muss, und dass endlich für jedes neue Bild eine neue Aufnahme nöthig ist.

2. Aufnahmen mit Benutzung des Farbendruckprinzips und der damit möglichen Vervielfältigung.

Dieser zweite Weg*) wurde bereits von Ransonnet in Oesterreich, Collen in England 1865 vorgeschlagen; sie verlangten die Herstellung dreier Aufnahmen nach demselben farbigen Gegenstande durch rothes, gelbes und blaues Glas. So sollten drei Negative entstehen, in denen einerseits nur die rothen, andererseits nur die blauen resp. gelben Strahlen der Natur gewirkt hätten. Hierbei gingen Betreffende von der unrichtigen Brewster'schen Theorie von den einfachen Farben aus. Die nach ihrem Vorschlag gewonnenen Negative sollten auf photolithographischen Stein copirt und die erhaltenen Steine in Gelb, Blau und Roth auf dasselbe Papier abgedruckt werden. Cros und Ducos du Hauron nahmen 1869 das Ransonnet'sche Princip auf und glaubten es zu verbessern, indem sie an Stelle der Brewster'schen Grundfarben die Helmholtz'schen: Roth, Grün und Violett setzten, hierbei übersahen sie, dass diese Theorie nur für farbige Strahlen, nicht für Farbstoffe gültig ist und dass ihre farbigen Gläser (Strahlenfilter) die gemeinten farbigen Strahlen keineswegs rein durchliessen, sondern z. B. ihr violettes Glas eine Mischung von rothen und blauen Strahlen, dass endlich der Abdruck der gedachten Platten mit farbigen Pigmenten geschah, für welche die für Farbenstrahlen aufgestellten Gesetze nicht gültig sind.

Das Princip blieb aber schon deshalb nicht ausführbar, weil man 1869 roth- und gelbempfindliche photographische Platten noch nicht kannte. Diese wurden erst 1873 vom Verfasser erfunden, und nunmehr nahmen Cros, Ducos du Hauron in Frankreich, später Albert in München den Gedanken wieder auf, indem sie sich der nach V.'s Princip „farbenempfindlich“ gemachten Platten bedienten. Albert benutzte statt der Lithographie den sogenannten Lichtdruck (besser Lichtleimdruck), bei welchem das photographische Negativ auf eine mit lichtempfindlichem chromirtem Leim bedeckte Glasplatte copirt

*) Wir besprechen denselben zuerst, weil er sich unmittelbar an das farbenempfindliche Verfahren anschliesst, welches die Grundlage dieser vervielfältigenden Photographie bildet.

wird. Diese zeigt dann ein Bild, welches wie jede lithographische Platte schwarz oder in Farbe abdruckbar ist, indem merkwürdiger Weise nur die vom Licht afficirten Stellen Farbe annehmen (s. Bd. I p. 115).

Bei der Wahl der Abdruckfarbe ergaben sich aber Eigenthümlichkeiten. Man denke sich ein rothes, gelbes und blaues Quadrat auf weissem Grunde und nehme diese auf rothempfindlicher Platte auf, indem man zur Abschliessung der auch auf solche Platte wirksamen blauen Strahlen ein rothes Strahlenfilter, welches auch schwach Gelb durchlässt, einschaltet. Es wird dann das blaue Quadrat gar nicht wirken, das gelbe nur schwach, das rothe sehr intensiv. Dieses wird also am undurchsichtigsten sein. Copirt man das gewonnene Negativ mit Hülfe des Lichtes auf eine Lichtdruckschicht (vgl. oben), so wird das blaue Feld, weil es am durchsichtigsten ist, das Licht am besten durchlassen, das rothe undurchsichtige am wenigsten. In Folge dessen wird unter dem blauen Quadrat die Lichtdruckplatte am stärksten afficirt werden. Würde man nun dieselbe mit rother Farbe einwalzen, so würde das Bild des blauen Quadrats die rothe Farbe am stärksten annehmen, das Bild des rothen Quadrats, welches sich am stärksten Roth färben sollte, würde dagegen weiss bleiben. Cros und Ducos du Hauron kamen deshalb frühzeitig zu der Erkenntniss, dass zum Abdruck bewusster Platte nicht rothe Farbe, sondern die Complementärfarbe zu Roth genommen werden müsse. Dies gilt auch für die übrigen Farben. So gelangten sie zu dem Schlusse, die hinter rothem Glase aufgenommene für Roth empfindliche Negativplatte müsse in der Complementärfarbe (Grün), die hinter gelbem Glase aufgenommene für Gelb empfindliche Platte in der Complementärfarbe (Blau) abgedruckt werden etc. etc. In der That erhielt man dadurch eine Annäherung an die Naturfarbe, keineswegs aber die wirkliche Naturfarbe selbst.

Die Abweichungen waren unter Umständen der Art, dass die Bilder künstlerisch völlig werthlos werden. Die Gründe sind folgende:

Es ist sehr leicht, subjectiv die Complementärfarbe für ein gegebenes farbiges Glas oder Pigment etc. herzustellen (Experiment mit Meyer's Ringen oder Racon's farbigen Gläsern); die objective Nachahmung durch Pigmente ist aber eine äusserst schwierige, reinweg von dem Urtheil des Malers abhängige. Es ist ähnlich wie mit der farbigen Darstellung eines Spectrums. So nehmen wir zur Darstellung des Spectral-Orange stets Mennige. Prüft man dieselbe aber spectroscopisch, so findet man, dass sie nicht nur orange, sondern auch dunkelrothe, gelbe, grüne und sogar blaue Strahlen zurückwirft. So gab auch die malerische Wiedergabe der Complementärfarben zu

den farbigen Scheiben Ducos' und Alberts ein Durcheinander von Farbenstrahlen, das weit von der Natur abweicht.

Diese Abweichungen beseitigte Verfasser 1885 durch Aufstellung eines einfachen Gesetzes.*) Jedes gewöhnliche (schwarze) photographische Bild wird bekanntlich mit Hülfe des Lichts nach einer Negativplatte, auf welcher Schwarz nicht gewirkt hat, auf im Lichte schwarz werdendes Papier copirt. Analog braucht man für die Herstellung der Copie in Gelb bei dem Naturfarbenlichtdruckverfahren eine Negativplatte, auf welche Gelb nicht gewirkt, für die Herstellung in Roth eine Negativplatte, auf welche Roth nicht gewirkt hat. Kurz es stehen die Druckfarben und die auf das betreffende Negativ wirksamen Naturfarbenstrahlen in einem Gegensatz zu einander. Diese „gegensätzliche“ Pigmentfarbe (s. v. v.) zu finden gelang Verfasser in einfacher Weise. Zur Herstellung der oben erwähnten drei oder mehr farbenempfindlichen Platten (für die Aufnahme hinter rothem, gelbem oder blauem Glase) sind nämlich Färbungen betreffender Platten durch gewisse lichtempfindliche Farbstoffe nöthig, welche betreffendes rothes, gelbes, grünes oder blaues Licht absorbiren. Will man eine Platte rothempfindlich machen, so muss man ihr nach des Verfassers 1873 aufgestelltem Princip einen Stoff zusetzen, welcher rothes Licht absorbirt, z. B. das Picratgrün oder Chlorophyll, also grüne Farbstoffe; will man sie orange-gelbempfindlich machen, so muss man einen Stoff zusetzen, der orange-gelb absorbirt, z. B. das blaue Cyanin. Nun ist jede Farbe offenbar genau complementär zu den Strahlen, welche sie absorbirt. Nach diesem 1885 a. a. O. publicirten Princip war die Unsicherheit in der Auswahl der Complementärdruckfarbe für das oben gedachte Verfahren vollständig beseitigt.

Das für Orange durch Cyanin roth-gelb sensibilisirte Negativ musste somit auf Lichtdruckplatte copirt und diese mit Cyanin eingefärbt und abgedruckt werden. War dasselbe unecht, so konnte es mit einer anderen echten blauen Farbe von gleichen Absorptionsstreifen vertauscht werden.

Hiermit war eine neue Grundlage gegeben, um die Willkür in der Wahl der „complementären“ Druckfarben zu beseitigen und der Naturwahrheit näher zu kommen.**)

*) Vgl. Photographie farbiger Gegenstände 1885 p. 136 und Wied. Ann. 28. p. 133.

**) Einen anderen Hauptfehler des Verfahrens von Ducos du Hauron und Albert: Anwendung nur einer einzigen Platte, die nicht einmal rothempfindlich war, für Aufnahme aller drei Strahlengattungen, rügte Verf. in dem oben (unter) citirten Werke.

Allgemein gedacht, ging das Verfahren praktisch darauf hinaus, des Spectrum in verschiedene Abtheilungen drei, fünf oder mehr zu zerlegen, für jede Abtheilung einen Sensibilisator zu suchen, die erhaltenen Negative auf Lichtdruckplatten zu copiren und mit dem „Sensibilisator“ oder einer ihm spectroskopisch ähnlichen Farbe abzudrucken.

Die farbigen Gläser blieben dabei insofern unentbehrlich, als jede roth oder gelb empfindlich gemachte Platte wegen der Eigenabsorption des Bromsilbers noch blau oder blaugrün empfindlich bleibt und diese fremden Strahlen abgefangen werden müssen.

Hr. Ulrich, Chromolithograph, war der erste, der die Richtigkeit dieses Principis praktisch erwies, 1890 bereits derartig gefertigte Lichtdrucke in der Amateurausstellung in Berlin, 1891 auf der deutschen Ausstellung in London ausstellte und dort den ersten Preis erhielt. Er hielt aber noch die Anwendung einer vierten dunklen Contourenplatte für nöthig, die des Verfassers Theorie verwarf.

Um dieselbe Zeit trat Dr. E. Vogel jun. in die Sache ein und erzielte durch Anwendung neuer Plattenfärbungen, die er selbst präparirte, sowie durch Anwendung neuer correspondirender farbiger Strahlenfilter (spectroskopisch untersuchte Farben in festen Verhältnissen in Collodium gelöst an Stelle der in der Färbung wechselnden farbigen Glasscheiben vgl. oben) Resultate, die alle bisherigen übertrafen und die Contourenplatte überflüssig machten.

Nun lässt sich dieses Princip nicht schon jetzt in aller Freiheit durchführen. Für gewisse Stellen des Spectrums, z. B. Blaugrün, haben wir noch keinen genügenden Absorbenten, ebenso für das äusserste Roth. Deshalb beschränkt man sich vorläufig auf Farbstoffe, welche breite Theile des Spectrums absorbiren, z. B. von im Roth bis Lin. D incl., von dort bis Lin. F, von dort bis incl. Violett und druckt mit denselben oder spectroskopisch ähnlichen Farben. Dadurch ist das Verfahren vorläufig auf drei Platten beschränkt. Mit dem rapiden Fortschreiten der Farbenindustrie werden aber neue Farben zur Sensibilisation, resp. zum Druck geliefert werden, wodurch wir der Wahrheit immer näher kommen.

Nun erhält man nicht allein die angewendeten Drucktöne, sondern auch Mischungen derselben, indem man nur mit Lasurfarben druckt. Die Uebereinanderlage des spectroskopisch gewählten Lasurgelbs mit dem ebenfalls spectroskopisch gewählten Lasurblaus ergiebt aber ein Grün, die Uebereinanderlage des Gelb und Roth mit etwas Blau giebt Braun, und die auffallende Richtigkeit der so erzielten Mischöne hat hervorragende Künstler und Kunstkenner überrascht, die willig ihre Meisterwerke zur Probe überliessen, z. B. Menzel, Knaus,

Graeb, Aiwasowsky, Breitbach, den Director des Kunstgewerbemuseums, Prof. Dr. J. Lessing.

Selbstverständlich ist das Verfahren, welches bereits in die Praxis der Reproductionsphotographie übergegangen ist, nicht nur für Lichtdruck (Lichtleindruck), sondern auch für Lichtsteindruck und für Lichtzinkdruck (Buchdruck) verwendbar und dürfte es durch letztere eine neue Aera einleiten für die Buch- und Zeitungsdruck-Illustration in Naturfarben, Landkartendruck etc.

Was in dieser Hinsicht durch vereinte Bemühungen von Dr. E. Vogel u. W. Kurtz New-York erreicht worden ist, zeigt unser Titelbild.*) Es ist von drei Druckblöcken in der Buchdruckpresse hergestellt. Die Frage, ob die gewonnenen Farben natürlich sind oder nicht, kann Jedermann selbst beurtheilen, da die Farben einer Citrone, einer Weintraube, einer Ananas allgemein bekannt sind. Wir hätten auch ein Blatt neueren Ursprungs begeben können, namentlich eine Reproduktion nach einem Gemälde, aber hier konnte der Vergleich mit der Natur nicht geboten werden, wie bei vorliegendem Stilleben, welches auch von historischem Werth ist, als erstes gelungenes Exemplar des Vogel-Kurtz'schen Naturfarbenbuchdrucks. Merkwürdig ist, wie bei vorliegendem Blatt nicht nur die Farbe wiedergegeben ist, sondern auch das harte Knorrige der Ananas, der Flaum der Pfirsiche, das Feuchte der Citrone, das Halbdurchsichtige der Weintrauben etc. Die zahlreichen gelungenen Proben, welche nach diesem Verfahren von der Lichtfarbendruckgesellschaft Vogel-Ulrich zuerst geliefert wurden, haben zu einer lebhaften Controverse geführt, in der man die Richtigkeit des Vogel'schen Naturfarbendruckprincip in Frage stellte. Dann traten auch Nachahmer auf, die mit verschiedenen Abweichungen ähnliches zu erreichen suchten. Wir können hier auf das Für und Wider nicht ausführlich eingehen, umsomehr als Persönlichkeiten, Concurrrenzneid und vollkommene Unkenntniss der Farbenlehre und fortwährende Verwechselungen der Spectralfarben und Pigmentfarben eine wesentliche Rolle spielen.***) Freiherr von Hübl, Chef der

*) Adolf Menzel, der erste Berliner Maler, sandte Mr. Kurtz als Anerkennung für dieses Blatt ein Exemplar seiner Illustrationen zu den Werken Friedrichs des Grossen mit Widmung.

***) So sprach Herr Hruza in der Wiener phot. Gesellschaft von „Verdunkelung der Wahrheit durch persönliche Interessen“, entsprechend der bekannten Maxime: „Wenn man nicht widerlegen kann, so fängt man zu verdächt'gen an!“ Nach Hruza sollen die beiden Vogel'schen Grundsätze (s. o.) im Widerspruch zu einander stehen. Dies zu widerlegen, verlohnt nach von Hübl's Vorgange (s. u.) nicht mehr der Mühe. Hruza exemplificirt auf die Platte für Gelb. Auf dieselbe müssen nach Hruza alle Farben ausser Gelb

photomechanischen Abtheilung im k. u. k. militärphotographischen Institut zu Wien hat hier das letzte Wort gesprochen. Wir citiren seinen Artikel als aus neutraler Feder herrührend.

Der photographische Dreifarbendruck nach Freiherrn von Hübl.
 „Die materiellen Farbstoffe — die Pigmente — reflectiren keineswegs nur eine einzige Strahlengattung, sondern stets ein Gemisch verschieden gefärbter Strahlen, das sich auf der Netzhaut unseres Auges zu einem Gesamteindruck vereinigt. Fällt beispielsweise weisses Licht auf einen blauen Farbstoff, so werden nicht nur alle blauen, sondern auch die grünen und violetten Strahlen reflectirt und ebenso wirft ein gelber Farbstoff neben den gelben auch die rothen, orangen und grünen Strahlen zurück.“

„Man kann sich von dieser Thatsache leicht überzeugen, wenn man durch ein Taschenspectroskop gegen den hellbeleuchteten Farbstoff blickt. Man sieht da nicht nur eine einzige Spectralfarbe, es erscheint vielmehr ein grosser Theil des Spectrums in voller Klarheit. Dieser Theil wird von den reflectirten Strahlen gebildet, während über den Rest des Spectrums, der den absorbirten Strahlen entspricht, mehr oder weniger dichte Schattenbänder liegen, die man als Absorptionsbänder bezeichnet.“

„Nach der Breite der Absorptionsbänder unterscheidet man zwei Gruppen von Farbstoffen: Lichtechte Mineralfarben, die sich durch breite Absorptionsbänder charakterisiren und Farbstoffe des Pflanzen- und Thierreiches, die den Wirkungen des Lichtes meist schlecht widerstehen und sich durch schmale Absorptionsbänder, daher reichen

gewirkt haben, also auch Blau und Roth. Das würde richtig sein, wenn es sich um Spectralgelb handelte; aber mit gelben Strahlen drucken wir nicht, sondern mit gelben Farbstoffen, die ausnahmslos auch orangefarbenes und rothes Licht zurückstrahlen. Somit ist die Hruza'sche Behauptung einfach falsch und falsch sind auch alle darin geknüpften Schlussfolgerungen. Sie beruhen auf der Verwechslung zwischen Farbstoffen und farbigen Strahlen, welche in der Welt schon zu unendlich vielen Missverständnissen geführt hat und noch führt. Der „zu eclatante Widerspruch“ liegt daher nicht bei Herrn Vogel, sondern bei Herrn Hruza, der Vogel's Princip nicht verstanden hat. Wir würden es nicht der Mühe für werth erachten, auf jene Confusion näher einzugehen. Aber Herr Hruza liebt eine „wissenschaftliche Discussion“ und hält sie für fruchtbringend. Die Frage ist freilich nur, ob seine persönlichen Aussprüche als wissenschaftliche gelten können. Eine wissenschaftliche Discussion hat nur dann Werth, wenn sie streng objectiv und nicht mit Verdächtigungen verbrämt zwischen Männern stattfindet, welche das fragliche Gebiet gleichmässig beherrschen. Da hat sich aber Herr Hruza auf das Gebiet der Absorptionsspectralanalyse begeben und verrät dabei nur zu deutlich, dass er auf diesem Felde ein „blutiger Anfänger“ ist.

Strahlenreflex und lebhaftes Feuer auszeichnen. In diese Gruppe gehören auch die meisten, aus Theerproducten künstlich hergestellten Farbstoffe, die sogenannten Anilinfarben. Derartige Farbstoffe absorbiren nur einen kleinen Theil des Spectrums, während der grösste Theil desselben zur Reflexion gelangt. So reflectirt z. B. ein mit Eosin oder Cyanin belegtes Papier fast alle Strahlen mit Ausnahme der grünen, resp. der orangegelben. Wir können daher auch sagen: Eosin verhindert den Grünreflex, Cyanin den Orangereflex, Methylviolett den Gelbreflex, Anilingrün den Rothreflex des Papierses.“

„Legt man auf eine Farbschicht eine zweite, so absorbirt diese einen Theil der von der ersten reflectirten Strahlen. Wird auf das mit Chromgelb belegte Papier eine Schicht Berlinerblau gelegt, so verhindert letztere den Roth-, Orange- und Gelbreflex; es können daher nur mehr die grünen, nebst den blau- und gelbgrünen Strahlen reflectirt werden. Die Fläche erscheint grün.“

„Bei dem Auftragen einer neuen Farbschicht subtrahirt man also einen Theil der Reflexstrahlen; mit jeder neuen Schicht wird die Färbung lichtschwächer, bis sie endlich ganz verschwinden und in Schwarz übergehen kann. Benutzt man Farbstoffe, die nur ein schmales Absorptionsband zeigen, so müssen sich durch Aufeinanderlegen einer genügenden Zahl Schichten alle denkbaren Farbennuancen nachbilden lassen.“

„Wenn man bei der Nachbildung eines farbigen Originals ein Blatt weisses Papier derart mit Eosin belegen könnte, dass der Grünreflex des Papierses an Stellen verloren geht, wo er im Originale fehlt, dann in gleicher Weise durch Belegen mit Cyanin überall, wo es nöthig ist, den Orangegelb-Reflex verhindert und in dieser Weise eine genügende Zahl von Farbschichten mit schmalen Absorptionsbändern übereinanderlegen würde, so müsste man, wenn die Schichten vollkommene Transparenz besitzen würden, eine originaltreue Reproduction erreichen können. Bei diesem Vorgange subtrahiren wir gleichsam von jeder Stelle des Papierses so lange kleine Theile der farbigen Strahlen, bis die Original-Farbennuance erreicht ist. Das Auftragen dieser Farbschichten müsste selbstverständlich auf mechanischem Wege durch Licht, Stein- oder Clichédruk erfolgen.“

„Die manuelle Herstellung solcher Druckplatten ist ganz ausgeschlossen; der Chromo-Lithograph ist ausser Stande, die Töne für die einzelnen Farbstoffe derart aufzutragen, dass bei dem Ueber-einanderdruck ein bestimmter Farbenton, z. B. ein bestimmtes Grau oder Braun, resultirt. Das Problem könnte aber auf photographischem Wege gelöst werden und Dr. H. W. Vogel hat den Weg hierfür vorgezeichnet.“

„Färbt man eine Bromsilberplatte mit Eosin, so wird sie grünempfindlich, weil das Eosin die grünen Strahlen absorbiert. Bei der photographischen Aufnahme des Originals mit einer grünempfindlichen Platte werden sich alle Stellen nach Maassgabe ihres Grünreflexes abbilden. Wo keine grünen Strahlen reflectirt werden, erscheint das Negativ durchsichtig, Stellen, die viel Grün reflectiren, sind gedeckt. Man erhält also ein Negativ des Grünreflexes und muss es mit einer Farbe drucken, die den Grünreflex des Papierees verhindert. Eine solche Farbe ist aber das Eosin.“

„In gleicher Weise findet man, dass für den Druck mit Cyanin eine mit diesem Farbstoff sensibilisirte Platte benutzt werden müsste. Dr. H. W. Vogel stellt daher das allgemeine Gesetz auf, dass die optischen Sensibilisatoren zugleich die Druckfarbe für die damit gewonnenen Platten bilden oder aber, wenn der Sensibilisator selbst nicht als Druckfarbe dienen könnte, eine ihm spectroscopisch möglichst ähnliche Farbe zu wählen ist.“

„Dieser im Princip zweifellos richtige Satz erfordert eine kleine Correctur. Das Bromsilber wird nicht für jene Strahlengattung sensibilisirt, die der Farbstoff absorbiert, sondern für jene, die der Absorption des gefärbten Bromsilbers entspricht. Das durch gelbstichiges Eosin gefärbte Bromsilber ist von violettrother Farbe und mit einem dieser Farbennuance spectroscopisch ähnlichen Farbstoffe, also etwa mit Rose bengale, müsste das Papier bedruckt werden.“

„Bedeutende Schwierigkeiten stellen sich jedoch der wirklichen Ausführung dieses Gedankens entgegen. Zunächst muss man bestrebt sein, die Zahl der Drucke thunlichst zu vermindern, da wegen der ungenügenden Transparenz aller Farben ein unter mehreren Schichten liegender Farbstoff nicht mehr zur Wirkung gelangt. Auch sind die Sensibilisirungsmethoden derzeit keineswegs so ausgebildet, dass man für jede beliebige Strahlengattung die nöthige Empfindlichkeit erzielen könnte und endlich muss der Druck mit den lichtunechten Theerfarbstoffen thunlichst vermieden werden. Man beschränkt daher den photographischen Farbendruck auf drei Platten und strebt für den Druck die Verwendung lichtechter Farbstoffe an.“

„Um mittelst drei Druckplatten eine thunlichste Annäherung an das Original zu erreichen, müssen die in Verwendung kommenden Farben ganz bestimmte Eigenschaften besitzen. Man hat sich daher zunächst über die Wahl der Druckfarben, die unabhängig vom Original und von jedem photographischen Process erfolgen muss, Klarheit zu verschaffen, um entsprechend dem spectroscopischen Verhalten dieser Farben die photographische Aufnahme durchzuführen.“

„Die Wahl der Druckfarben. Die für den Dreifarbendruck geeigneten Farben müssen, in gesättigtem Tone übereinander gedruckt, Schwarz geben; sie müssen als Halbtöne von gleicher Intensität sich zu Grau ergänzen und ihre Absorptionsbänder sollen von ungefähr gleicher Ausdehnung sein. Diese Forderungen werden an das spectrale Verhalten der Farben gestellt. Der Praktiker verlangt weiter, dass die Farben thunlichste Transparenz besitzen, dass sie lichtecht und für den Druck geeignet sind.

a) Ergänzung der Farben zu Schwarz. Fast jedes als Druckfarbe verwendete Gelb, Roth und Blau entspricht dieser Bedingung, vorausgesetzt, dass die Farben als gesättigte Volltöne übereinander gelegt werden.

b) Ergänzung zu Grau. Die Nothwendigkeit dieser Bedingung ist leicht einzusehen; eine in neutralem Grau ausgeführte Zeichnung giebt unter allen Umständen, man mag beliebige Sensibilisatoren und Filter verwenden, das gleiche Negativ. Graue Stellen in einem farbigen Original werden also in allen drei Negativen gleich gedeckt erscheinen und werden daher in allen Farben mit gleicher Intensität drucken.

„Man kann sich von dieser Harmonie der Druckfarben leicht überzeugen, wenn man dieselbe Lichtdruckplatte in den gewählten Farben übereinander druckt. Bei richtiger Farbenwahl müsste ein graues Bild erhalten werden.

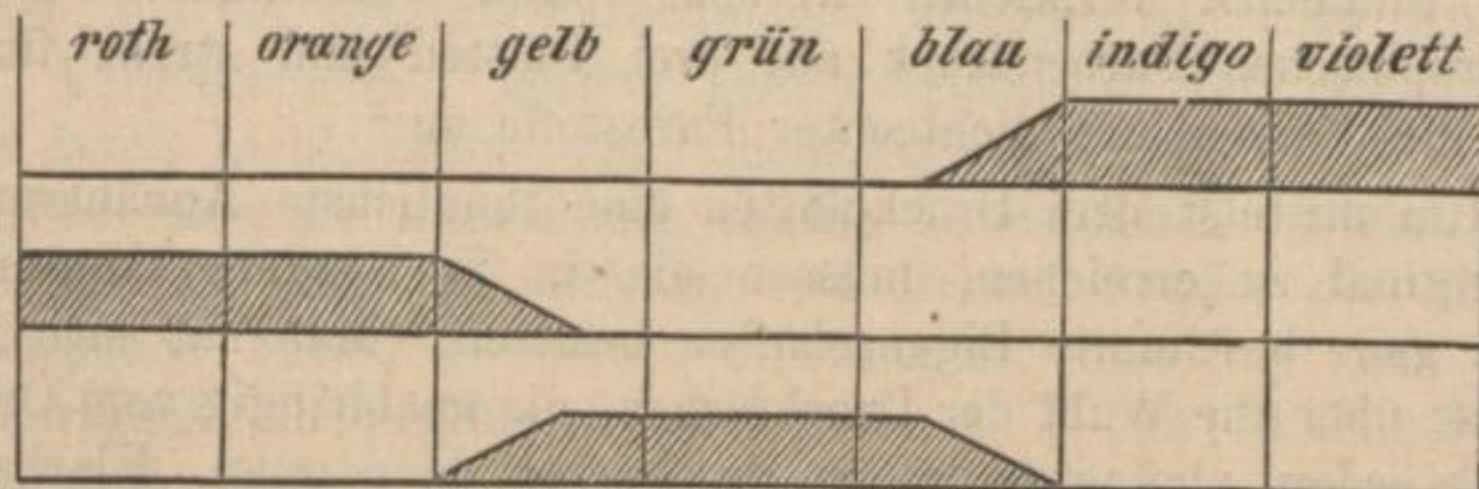
„Es ist durchaus nicht leicht, dieser Forderung gerecht zu werden. Wählt man z. B. Pariserblau, Chromgelb und Eosinlack, so entsteht statt Grau immer eine gelbbraune Nuance, weil zwischen dem Absorptionsbande des blauen und rothen Farbstoffes eine breite, unausgefüllte Lücke bleibt und die Mischung daher reichlich gelbe Strahlen reflectirt. Noch weniger könnte ein gelber Farbstoff, mit Eosin und Cyanin combinirt, entsprechen. Bessere Resultate liefert ein blaustichiger Eosinlack oder Krapplack; keiner der bekannten Farbstoffe entspricht jedoch vollkommen.

c) Die Breite der Absorptionsbänder. Jeder Farbstoff soll ca. ein Drittel der Spectralstrahlen absorbiren und zwei Drittel reflectiren, daher die Absorptionsspectren die aus beigegebener Figur ersichtliche Gestalt haben sollen.

„Bei dieser Beschaffenheit der Druckfarben ist die grösste Zahl verschiedenartiger Mischfarben zu erwarten, daher man eine thunlichst gleichmässige Annäherung an alle denkbaren Farbennuancen erreicht.

„Dieser Bedingung entspricht ein reines (weder roth- noch grünstichiges) Gelb, etwa ein mittleres Chromgelb oder ein gelber Lack, dann Miloriblauf oder ein blauer Lack von dieser Nuance. Eine entsprechende rothe Druckfarbe fehlt uns vorläufig und man muss sich mit einem blaustichigen Eosin- oder Krapplack behelfen.

Fig. 67.



„Die Herstellung der Negative. Die Sensibilisatoren. Die zur photographischen Aufnahme nothwendigen Platten müssen entsprechend dem

von Dr. H. W. Vogel aufgestellten Gesetze für jene Strahlengattungen sensibilisirt werden, welche die Druckfarben absorbiren. Die oben dargestellten Absorptionsspectren stellen daher gleichzeitig die nothwendigen Plattensensibilisirungen vor.“

„Die photographischen Platten sind also nicht nur für eine Strahlengattung zu sensibilisiren, es soll vielmehr jede derselben für etwa den dritten Theil des Spectrums empfindlich gemacht werden.“

„Die Empfindlichkeit der photographischen Gelbdruckplatte soll vom violetten Ende des Spectrums bis zum Beginne des Blaugrün reichen. Die gewöhnliche, d. h. nicht gefärbte photographische Platte entspricht dieser Bedingung nicht vollkommen, da ihre Empfindlichkeit für die hellblauen Strahlen zu gering ist. Ein Unterschied zwischen Gelatine-Emulsions-, Collodion-Emulsions- und nassen Jodsilber-Platten konnte bei der Aufnahme einer Farbentafel nicht constatirt werden; sie geben blaugüne Pigmente in gleicher Deckung.“

„Die photographische Rothdruckplatte soll für den grünen, gelb und baugrünen Spectralbezirk sensibilisirt werden. Die Wirkung aller Eosine erstreckt sich lediglich auf den gelbgrünen Theil des Spectrums, daher geben die mit diesen Farbstoffen sensibilisirten Platten blaugüne und blaue Pigmente im Negative zu wenig gedeckt. In Folge dieser ungenügenden Sensibilisirung druckt die rothe Farbe in den grünen Stellen des Bildes mit und verdirbt das Zustandekommen grüner Nuancen. Um diesen Fehler zu beheben, müsste man ein gelbstichiges Eosin mit einem Sensibilisator für blaugüne Strahlen combiniren. Ein solcher praktisch verwendbarer Sensibilisator ist aber vorläufig nicht bekannt.“

Die photographische Blaudruckplatte soll für die rothen und orange-gelben Strahlen empfindlich sein. Cyanin sensibilisirt für Orange-gelb, liefert daher Negative, in welchen rothe Pigmente zu wenig, gelbgrüne zu viel Deckung besitzen. Richtigere Resultate liefert die Chlorophyll-Sensibilisirung.“

„Die Strahlenfilter. Die durch Farbstoffe sensibilisirten Platten zeigen ausser der durch die Färbung bedingten Empfindlichkeit immer die dem Bromsilber eigenthümliche Violettblau-Empfindlichkeit. Bei der Herstellung des Roth- und Blaudruck-Negatives müssen daher die photographischen Platten gegen die Wirkung dieser Strahlengattungen geschützt werden. Man benutzt zu diesem Zwecke eine vor oder hinter dem Objectiv angebrachte, mit einer gelben Flüssigkeit gefüllte Cuvette. Verwendet man Collodion-Emulsionsplatten, so empfiehlt sich die Anwendung von Pikrinsäure-Lösung als Filterflüssigkeit.“

„Könnten die photographischen Platten in der oben geforderten Weise sensibilisirt werden, so wäre die Verwendung dieses Filters vollkommen ausreichend. Wenn aber als Sensibilisator ein Farbstoff verwendet werden muss, der für eine längere Strecke des Spectrums sensibilisirt als es erwünscht ist, so muss seine Wirkungszone durch ein entsprechendes Filter eingeschränkt werden. Die Anwendung einer Filterflüssigkeit, deren Absorptionsband in einem Spectralbezirke liegt, für den die angewendete Platte keine Empfindlichkeit besitzt, ist selbstverständlich ganz ohne Einfluss auf die Beschaffenheit des Negativs. So wird es z. B. ganz gleichgültig sein, ob man bei einer photographischen Aufnahme mit gewöhnlicher, nicht gefärbter Platte ein Methylviolett-Filter vor das Objectiv schaltet oder nicht.“

„Bei der Herstellung des Negativs für den Gelbdruck ist also die Anwendung eines Strahlenfilters mindestens zwecklos; es könnte aber schädlich

wirken, wenn sein Absorptionsband bis in die Wirkungszone der blauen Strahlen reichen würde.“

„Die Empfindlichkeit der nicht gefärbten Platte reicht, wie schon oben erwähnt, nicht soweit gegen Grün als es erwünscht wäre, und jede Beschränkung derselben würde diesen Fehler vergrössern.“

„Bei der Aufnahme für den Rothdruck muss die photographische Platte jedenfalls gegen die Wirkung der violettblauen Strahlen geschützt werden, man hat also ein gelbes Strahlenfilter zu verwenden. Ganz analog wirkt eine Lösung von Nickelsulfat, welche nebst den blauen noch die rothen Strahlen — für welche aber die mit Eosin sensibilisirte Platte nicht empfindlich ist — absorbiert.“

„Die Anwendung eines röthlichgelben Strahlenfilters (Aurantia) wäre falsch, da man durch dieses die Sensibilisirung für die grünen Strahlen einschränken würde, während im Gegentheile eine Ausdehnung der Sensibilisirungszone gegen Blaugrün erwünscht wäre.“

„Eine concentrirte Lösung von Kupferchlorid, die von Weissenberger als Filter bei der Aufnahme für den Rothdruck empfohlen wurde, schränkt die Sensibilisirungszone des Eosins an ihrem gelben Ende ein. Die Anwendung dieses Filters ist vollkommen gerechtfertigt, wenn man Platten benutzt, die eine zu bedeutende Gelbempfindlichkeit aufweisen, Orangepigmente also zu hell wiedergeben.“

„Bei der mit Cyanin sensibilisirten Platte, welche für die Aufnahme des Blaudruckes dient, muss die Wirkung der violettblauen Strahlen eliminirt und die verhältnissmässig bedeutende Gelbempfindlichkeit des durch Cyanin gefärbten Bromsilbers eingeschränkt werden. Man benutzt daher eine Mischung von Kaliummonochromat mit Rose-bengale-Lösung als Filter. Sensibilisirt man mit Chlorophyll, so entspricht ein Pikrinsäure-Filter.“

„Die häufig ausgesprochene Ansicht, dass bei der Herstellung der Negative die photographischen Platten für zwei Farben empfindlich sein sollen, während man die Wirksamkeit der dritten durch ein Filter ausschliesst, ist unrichtig, wenn man unter „Farben“ Spectralfarben versteht; sie ist richtig, wenn man von Pigmentfarben spricht. Wäre z. B. eine photographische Platte für alle Strahlen des Spectrums gleich empfindlich und schliesst man nur die Wirkung der gelben durch ein Strahlenfilter aus, so werden die gelben Pigmente doch wirksam bleiben, weil sie auch rothe, orange und grüne Strahlen reflectiren. In dieser Weise lässt sich also das Ausbleiben der gelben Farbstoffe nicht erreichen.“

„Will man nun die Wirkung eines gelben Pigmentes ausschliessen, so muss man ein Strahlenfilter benutzen, das alle von der gelben Farbe reflectirten Spectralstrahlen absorbiert, also alle rothen, orange, gelben und grünen Strahlen von der Wirkung auf die Platte abhält. Ein solches Filter ist z. B. eine Lösung von Kupferoxyd-Ammoniak, das nur blaue, violette und blaugrüne Strahlen durchlässt. Es ist aber viel einfacher, wenn man eine nur für dieses Drittel des Spectrums empfindliche Platte verwendet, wobei die Nothwendigkeit des Filters entfällt.“

„Werden die gemachten Erörterungen zusammengefasst, so ergiebt sich für die Ausführung des Dreifarbindruckes nachstehender Vorgang:

1. „Für die Gelbdruckplatte photographirt man das Object mit einer gewöhnlichen Jod- oder Bromsilberplatte ohne Filter und verwendet Chromgelb oder einen gelben Lack als Druckfarbe. Die photographische Platte sowie die Druckfarbe entspricht ziemlich gut den gestellten Forderungen.“

2. „Für Herstellung der roth zu druckenden Platte benutzt man eine mit

Eosin gelbstichig gefärbte Bromsilberplatte bei Anwendung eines Pikrinsäure-, Nickelsulfat- oder Kupferchlorid-Filters. Man druckt mit blaustichigem Eosinlack oder solchem Krapplack. Das Negativ ist mangelhaft, weil ein Blaugrün-Sensibilisator fehlt und die Druckfarbe entspricht nicht den oben gestellten Anforderungen.“

3. „Das Negativ für die Erzeugung der blau zu druckenden Platte erhält man durch Anwendung einer mit Cyanin- oder Chlorophyll gefärbten Bromsilberplatte, wobei ein Rose-bengale-Chromat-, resp. ein Pikrinsäure-Filter zu benutzen ist. Als Druckfarbe kann Miloriblauf oder ein Blaulack zur Anwendung kommen. Das Negativ sowie die Druckfarbe entsprechen. (sic! fehlt vermuthlich „den Anforderungen“. V.)

„Zweckmässig dürfte es sein, mit dem Original stets auch eine kleine Farbentafel zu photographiren. Man lernt sehr bald ihr Verhalten bei der photographischen Aufnahme kennen und kann dann aus dem Aussehen derselben auf die Brauchbarkeit des Negativs schliessen.“

„Bei Ausführung des Druckes wird als erste Farbe Gelb, als zweite Roth und zum Schlusse Blau von allen Seiten als am entsprechendsten empfohlen.“

Resultate des photographischen Dreifarbindruckes nach H ü b l. „Durch Mischen von drei Pigmentfarben kann niemals eine vollkommene Originaltreue erreicht werden. Es ist allgemein bekannt, dass z. B. gewisse Nuancen von Grün (Mitisgrün) nicht aus Blau und Gelb gemischt werden können und dass diese Farben, wenn sie für die Mischung zu Grün besonders geeignet sind, ein schlechtes Orange und Violett liefern etc.“

„Die unverrückbaren Absorptionsbänder der Druckfarben lassen sich den Absorptionskurven des zu reproducirenden Farbstoffes zu wenig anschmiegen, um originaltreue Nuancen zu erhalten.“

„Allerdings liefern drei Farben, in sieben Tönen combinirt, über 300 verschiedene Farbennuancen; aber abgesehen davon, dass ganze Gruppen von Farben in der Mischung fehlen, fallen auch die thatsächlich möglichen Farbmischungen nur dann auf die richtige Stelle, wenn die Druckfarben im System richtig gewählt und die Negative vollkommen entsprechend sind. Beides ist vorläufig noch nicht zu erreichen.“

„Die aufgetragene Farbschicht ist um so transparenter, je dünner sie ist; sie wirkt daher als gesättigter Vollton anders wie als zarter Halbton. Druckt man z. B. eine Scala von sieben Tönen in Gelb, Roth und Blau übereinander, so erscheinen die dunkelsten Nuancen blau, die mittleren grau und die hellsten braun. Das als oberste Schicht liegende Blau deckt als gesättigter Ton zu stark und ist als zarter Halbton nicht im Stande, die Orange-Unterlage zu neutralisiren.“

„Die grössten Schwierigkeiten bereitet aber die unbedingt notwendige Gleichartigkeit der Drucke bei der Herstellung einer Auflage. Jede Ungleichmässigkeit des Druckes beeinflusst in kaum glaubarer Weise den Charakter des ganzen Bildes. Sind die einzelnen Drucke bezüglich Farbenintensität und Charakter nicht vollkommen identisch,

so erhält man eine kaum verwendbare Auflage, fast jedes Blatt besitzt ein anderes Aussehen.“

„In dieser Beziehung übertrifft die Lichtdruck-Schnellpresse die Handpresse, und die Buchdruckpresse dürfte die relativ günstigsten Resultate liefern.“

„Resumirt man die gemachten Betrachtungen, so wird man zu folgenden Schlüssen gelangen:

1. Der photographische Dreifarbendruck wird sich durch Einführung neuer Sensibilisatoren und Druckfarben weiter verbessern lassen und man muss sich gegenwärtig durch Vornahme einer entsprechenden Retouche, die sich besonders auf das für Herstellung der Rothdruckplatte bestimmte Negativ zu erstrecken hat, behelfen.

2. Das Verfahren wird niemals vollkommen originaltreue Reproduktionen liefern.

3. Der Dreifarbendruck wahrt als photographische Reproduktion die Treue der Zeichnung. Auch bei unvollständiger Wiedergabe der Farbe bleibt die Hand des Künstlers erhalten.

„Der photographische Dreifarbendruck eignet sich besonders für die Massenproduction farbiger Illustrationen, weniger aber für die Herstellung von Kunstblättern nach bekannten Gemälden.“

Soweit von Hübl. — Ueber Naturfarbendruck haben wir unsere Meinung wiederholt dahin abgegeben, dass die absolut reine Naturwahrheit schwerlich zu erreichen sein dürfte, da die gewöhnliche schwarze Photographie schon an Wahrheit zu wünschen übrig lässt; sie nähert sich nur derselben.

Mit den direct aufgenommenen Lippmann'schen Bildern steht es aber nicht besser. H. Krone hat sich eingehend darüber geäußert (s. Photogr. Mittheil. XXVIII, pag. 67, 86, 234). Wir glauben sehr gern, dass bei dieser durch das Zusammenspielen glücklicher Zufälle hier und da ganz verblüffende Resultate von hoher Wahrscheinlichkeit sich erzeugen lassen. Zur Regel gehören diese aber jetzt noch nicht. Ueber die Ursache der Farbenabweichungen s. u. Cap. XXIX, p. 242.

Man bedenke, dass auch der gediegenste Maler nur Wahrscheinliches liefert. Er verlässt sich auf die Sinnestäuschungen, die uns einen rothgelben Fleck als Sonne erscheinen lassen, obgleich er gar kein Licht ausstrahlt und sein mattes Reflexlicht an 100000 Mal dunkler ist als die wirkliche Sonne. Er malt uns eine grüne Landschaft in grünen Farben, welche „wirken.“ Aber das Spectroskop belehrt uns, dass zwischen dem Blattgrün und dem gemalten Grün auch nicht die mindeste Aehnlichkeit besteht. Wir schätzen den Künstler, der uns die Wahrscheinlichkeit bringt. Wir begnügen uns mit derselben auch in der Schwarzphotographie und wir werden der farbigen dieselben Concessionen machen müssen, indem wir sicher sind, dass man durch unaufhörliches intelligentes Arbeiten auf diesem Gebiete der Wahrscheinlichkeit näher und näher kommen wird. Wenn aber Jemand nach dem sogenannten Vogel'schen Princip Dreifarbendrucke anfertigen will, so gehört doch zunächst dazu, dass er das gedachte Princip genau versteht, dass er dann in dem Felde der Absorptionsspectralanalyse und Farbenlehre gründlich zu Hause ist. Leider ist das nicht immer der Fall.

Natürlich lässt das Dreifarbendruckverfahren in der Hand des Künstlers mannigfache Modification zu. Vermag doch die Künstlerhand ganz selbstständig, sogar mit Uebertretung physikalischer Principien, naturtreu scheinende Meisterwerke zu schaffen. Hier tritt die Farbenlehre bei Seite, die Kunst herrscht.

So benutzt man die drei Farbenegative nur als allgemeine Grundlage, modelt daran nach künstlerischen Rücksichten per Retouche, wählt auch die Druckfarben ohne Rücksicht auf die physikalischen Principien, wendet Hilfsplatten an nach Art des Farbendruckes und kommt mit richtigem künstlerischen Können und Empfinden doch zu einem gefälligen Resultat, s. z. B. Weissenberger in der Kais. Expedition für Staatspapiere in Petersburg. Es hängt vom individuellen Können und Wissen ab, ob man sich für den rein physikalischen Weg oder den künstlerischen entscheidet.

Ives' zusammengesetzte Heliochromie (zum Patent angemeldet 7. Februar 1890, Washington*) geht im Wesentlichen auf die Herstellung farbiger Laterna magicabilder aus. Denkt man sich die drei durch farbige Medien aufgenommenen Negative in Positive umgesetzt, in drei nebeneinander stehende Laterna magica's auf demselben Schirm projicirt und in das Bild der rothen Theile der Natur eine Rothscheibe eingesteckt, in das Bild der grünen Theile der Natur eine Grünscheibe etc., so werden sich die im ersten Fall der im Positiv am durchsichtigsten Rothentheile der Natur roth abbilden, in der zweiten Platte der grüne Antheil grün etc. Diese farbigen Strahlen lagern sich übereinander und geben dann die entsprechenden Mischöne. So kommt man zu farbigen Laterna magicabildern. Der Gedanke ist nichts weniger als neu. Er wurde schon von Ducos du Hauron 20 Jahre vor Ives aufgestellt. Neuerdings hat Ives ein Photochromoskop construiert, in welcher die drei Laternen durch eine einzige ersetzt, in welcher dieselbe Linse die Bilder der nebeneinander stehenden Negative nach dem Durchgang durch entsprechende farbige Scheiben (s. o.), durch Reflexion von undurchsichtigen und durchsichtigen Spiegeln empfängt*) und so gemeinschaftlich auf einen Schirm wirft. Ives schlug dann auch 1890 (Januarheft des Franklininstituts Philadelphia) vor, nach der Naturaufnahme Druckplatten herzustellen, die mit der „Complementärfarbe“ des Strahlenfilters abgedruckt werden sollen. Was es mit der Complementärfarbe für eine Bewandtniss hat, ist p. 227 auseinander gesetzt. Ives kam mit diesem Vorschlage in Bezug auf Druckbilder nicht weiter als Ducos du Hauron.

*) Eder, Jahrbuch 1894, p. 220.

Das Vogel'sche 1885 publicirte Farbendruckprincip verstand er nicht. Er liefert davon eine ganz confuse Beschreibung.*)

Wie weit er sein (?) Druckverfahren gebracht hat, geht aus der Thatsache hervor, dass er im Jahre 1893 einen Auftrag auf Farbendruck seitens einer Newyorker Firma ablehnte mit dem Bemerkten, er wäre noch nicht soweit. Kurtz führte dann den Auftrag nach dem Verfahren Vogel-Kurtz aus. Facta loquunter. Auf die Polemik Ives' gegen Autor dieses, Vidal u. A. m., in denen er vermeintliche Prioritätsrechte vertheidigt, gehen wir hier nicht ein.**)

Ives' Manier, seine „Erfindung“ (?) mit Ignorirung aller Vorarbeiten auf diesem Gebiet heraus zu streichen, ist charakteristisch.

Sein System steht ihm als unantastbar da, weil es angeblich auf der Helmholtz'schen Grundfarbentheorie, die er für ein Evangelium hält, fusste. Jedenfalls hat er Helmholtz' Originalwerke darüber gar nicht gelesen. So sagt Helmholtz p. 333 seiner neuesten Auflage der physiolog. Optik: „Wenn man behauptet, es gäbe im Spectrum drei Objective einfache Farben, durch deren Zusammensetzung man einen gleichen Eindruck auf das Auge hervorbringen könnte, wie durch jedes beliebige andere einfache oder zusammengesetzte Licht, so wäre dies unrichtig. Es giebt keine solche drei einfachen Farben, durch deren Zusammensetzung man auch nur erträglich die zwischenliegende Farbe des Spectrums nachbilden könnte. Die letzteren erscheinen immer viel gesättigter als die zusammengesetzten Farben. Am wenigsten passen dazu Roth, Gelb und Blau; denn wenn man als Blau eine dem Farbentone des Himmels ähnliche Farbe wählt und nicht ein dem Grünlichen sich näherndes Blau, so kann man durch Mischung dieser Farbe gar kein Grün erhalten. Erheblich besser geht es, wenn man als Grundfarben Violett, Grün und Roth wählt. Aus Violett und Grün kann man Blau mischen, aber freilich nicht das gesättigte Blau des Spectrums und aus Grün und Roth kann man ein mattes Gelb mischen, was sich aber ebenfalls auf den ersten Blick von dem glänzenden Gelb des Spectrums unterscheidet.“

Ives' farbige Gläser liefern überhaupt gar keine reinen Spectralfarben. Er erhält also seine Resultate, in dem er von den Grundfarben, welche angeblich sein Fundament bilden sollen, abweicht!

*) Phot. Mittheil. XXVIII, p. 294.

***) Die Franzosen (Vidal, Forrestier) nennen ihn den „eifersüchtigen Yankee“ (Phot. Mittheil. 1894, XXXI p. 14. 28).

XXIX. Directe Photographie in natürlichen Farben.

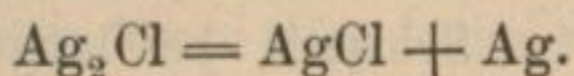
Ueber diesen Gegenstand sprachen wir bereits im ersten Bande d. B. p. 151. Ueber die Natur dieser Farben gab Dr. Zencker die erste Erklärung (dessen Photochromie Berlin 1868, Eder's Jahrbuch 1893 p. 294). Er nahm an, dass beim Eindringen der Lichtstrahlen in die empfindliche Schicht an der Rückseite Reflexion stattfände, dass die reflectirten Strahlen mit den ankommenden „stehende Wellen“ bilden und dass durch dieselben an den Maximumstellen der Bewegung (Wellenberg und Wellenthal), d. h. in der Entfernung einer halben Wellenlänge Reductionen der empfindlichen Schicht eintreten, wodurch Lagen von reducirtem Silber gebildet werden. Fällt weisses Licht auf solche, z. B. durch blaue Strahlen erzeugte, mit Silberlagen in $\frac{1}{2}$ Wellenlänge Abstand durchsetzte Schicht, so wird durch die erste Lage das Licht zum Theil hindurchgehen, zum Theil reflectirt werden. Dasselbe geschieht bei der zweiten und den folgenden Lagen.

Das von der ersten Schicht reflectirte Licht interferirt mit dem von der zweiten Schicht, reflectiren bei einem Gangunterschied einer ganzen Wellenlänge der blauen Strahlen; somit werden diese Strahlen sich gegenseitig verstärken. Dasselbe geschieht bei den Reflexionen und Interferenzen in den folgenden Lagen. Somit wird das reflectirte Licht von solchem von blauem Lichte afficirten Stellen blau tingirt sein. Aehnliches gilt für die übrigen Stellen, welche von dem rothen, gelben, grünen und violetten Theile des Spectrums getroffen worden waren. Diese auf Silbersubchlorid erzeugten Bilder erwiesen sich sammt und sonders als nicht fixirbar, d. h. das nach der Bilderzeugung überflüssige lichtempfindliche Material (das Silberchlorür, hypothetisch Ag_2Cl) konnte nicht fortgeschafft werden. Beim Behandeln mit Fixirnatron wurden die Farben vollständig zerstört.

1890 ist es aber Lippmann gelungen, solche farbigen Lichtbilder zu erzeugen, die sich fixiren lassen. Das ist der grosse Fortschritt. Die Ursache der Fixirbarkeit liegt nur in der Wahl eines anderen lichtempfindlichen Materials.

Von den älteren Experimentatoren wurde allgemein im Licht gebräuntes Chlorsilber benutzt. Man nahm dasselbe, weil dasselbe für Licht aller Brechbarkeiten empfindlich war.

Sucht man aber dieses braune „Silberchlorür“ durch ein Fixirmittel aufzulösen, so zerfällt es nach der Gleichung



Es schlägt sich somit, wie Verfasser zuerst auseinandersetzte, pulveriges Silber in der Bildschicht nieder und zerstört natürlich die

regelmässige Lagerung, welche zur Entstehung der dünnen Plättchenfarben (Dr. Zenker's Theorie) nöthig ist.

Lippmann dagegen benutzt reines (oder durch Absorptionsmittel) gefärbtes Bromsilber, welches sich beim Behandeln mit einem Lösungsmittel (nach der Belichtung) glatt auflöst, so dass die regelmässige Lagerung der Schichten ungestört bleibt (Photogr. Mittheil., Jahrg. 28, p. 7).

Ueber die Naturähnlichkeit der Photographien in natürlichen Farben. Die oben bemängelte Farbenunähnlichkeit der Silberphotochromien ist schon in den ersten Tagen der Entdeckung derselben bemerkt worden.

Seebeck sagt in Göthes Farbenlehre:

„Als ich das Spectrum eines fehlerfreien Prisma auf weisses, noch feuchtes und auf Papier gestrichenes Hornsilber fallen liess und 15—20 Minuten durch eine schickliche Vorrichtung in unveränderter Stellung erhielt, so fand ich das Hornsilber folgendermaassen verändert: Im Violett war es röthlich-braun (bald mehr violett, bald mehr blau) geworden und auch noch über die vorher bezeichnete Grenze des Violetts erstreckte sich diese Färbung, doch war sie nicht stärker als im Violett, im Blauen des Spectrums war das Hornsilber rein blau geworden, und diese Farbe erstreckte sich, abnehmend und heller werdend, bis in's Grün; im Gelben fand ich das Hornsilber mehrentheils unverändert, bisweilen kam es mir etwas gelblicher vor als vorher; im Roth dagegen und mehrentheils noch über das Roth hinaus hatte es meist rosenrothe oder hortensienrothe Farbe angenommen. Bei einigen Prismen fiel diese Röthung ganz ausserhalb des Roth des Spectrums, es waren dies solche, bei welchen auch die grösste Erwärmung ausser dem Roth statt hatte.“

Herschel beschreibt die Farben des Spectrums und seines Bildes folgendermaassen:

Farben des leuchtenden

| Spectrums: | Farben des Bildes: |
|----------------------|---|
| Aeusserstes Roth | — |
| Mittleres Roth | — |
| Orange | Schwaches Ziegelroth. |
| Orangegelb | Ziemlich kräftiges Ziegelroth. |
| Gelb | Unbestimmt zwischen Roth und Grün. |
| Gelbgrün | Trübes Flaschengrün. |
| Grün | Dasselbe ins Bläuliche fallend. |
| Blaugrün | Sehr dunkles Blau, fast Schwarz. |
| Blau | Schwarz, bei langer Exposition metallisch
Gelb, wie eine schlechte Vergoldung. |
| Violett | Ebenso. |
| Jenseits des Violett | Violett-Schwarz oder Purpur-Schwarz. |

Diese Thatsachen drängen nun dazu, die Frage, ob die Silberphotochromien ähnlich sein können, vom wissenschaftlichen Standpunkte aus zu beantworten. Es soll das hier so gemeinverständlich als möglich geschehen. Bei den Silberphotochromien erzeugt das farbige Licht keineswegs einen gleichfarbigen Stoff, sondern nur ein System von reflectirenden, resp. auch lichtdurchlassenden Lagen innerhalb der empfindlichen Schicht in Abständen von einer halben Wellenlänge des farbigen Lichts. Wird nun solches Schichtsystem von weissem Licht getroffen, so wird dieses von den einzelnen Schichten theilweise reflectirt, und zwar als weisses Licht, theilweise durchgelassen. Das reflectirte Licht der einen oberen Schicht begegnet sich nun mit dem reflectirten Licht einer unteren Schicht. Diejenigen (farbigen) Strahlen im weissen Licht, die mit den ursprünglichen, farbigen Strahlen, welche die Schicht gebildet haben, gleiche Wellenlänge haben, begegnen sich bei diesen Reflexionen in gleichen Schwingungszuständen und verstärken sich. Dadurch bekommt das von der oberen Schicht reflectirte, weisse Licht einen Anstrich von Farbe des erregenden Lichtes. Diese verstärkt sich um so mehr, je mehr reflectirende Lagen vorhanden sind. Diese Farbe würde nun rein sein, falls alle übrigen im weissen Lichte vorhandenen Farbenstrahlen sich durch Interferenz auslöschten. Das geschieht aber keineswegs. Betrachtet man z. B. den Gang der Strahlen in einer durch Roth, Linie C, Wellenlänge 656 erregten Schicht, so werden bei Auffall weissen Lichts zunächst diese rothen Wellen die grösste Verstärkung erfahren und dem von der Oberfläche reflectirten weissen Licht eine rothe Tönung verleihen. Rein roth ist dieselbe jedoch nicht wegen der Beimengung weissen Lichts von der Oberflächenreflexion. Nehmen wir nun ein Strahlensystem an, dessen Wellenlänge C sehr nahe liegt, z. B. 656, so werden sich die von zwei aufeinanderfolgenden Schichten reflectirten Strahlen in Schwingungsphasen begegnen, die kaum von einer Wellenlänge verschieden sind und wohl eine Schwächung, keineswegs aber eine Auslöschung bewirken.

Selbst für eine Wellenlänge 600 (Rothgelb) ist solches noch gültig. In dem Abstände zweier Schichten der Wellenlänge C ist die Wegedifferenz $656 - 600$ wenig von einer ganzen Wellenlänge verschieden. Erst in dem Abstände von fünf Schichten $= \frac{3000}{656}$ stellt sich eine Wegedifferenz heraus, nahe gleich $4\frac{1}{2}$ Wellenlänge, die zur Auslöschung führt. Diese Auslöschung kann aber keine absolute sein, da das bis zur fünften Schicht eingedrungene und dann reflectirte Licht durch zehn Schichten gegangen, somit gegen das von der ersten Schicht

reflectirte Licht erheblich geschwächt ist. Somit ist es klar, dass auch das Rothgelb, nur wenig geschwächt, die Schichten für Roth passiren und dadurch dem Roth einen gelblichen Ton geben wird.

Führt man diese Betrachtung durch, so findet man, dass keine einzige Farbe rein abgebildet, sondern durch Nachbarfarben mehr oder weniger gestört ist, dass ferner diese Störungen bei Farben kleinerer Wellenlängen grösser sind, umsomehr, als bei der geringen Helligkeit derselben die Nebenfarben mehr zur Wirkung kommen. Daraus folgt, dass die Silberphotochromie nicht in der Lage ist, wirklich naturfarbentreue Bilder zu liefern. Sie mag sich dem Naturton nähern, erreichen wird sie ihn nicht. Dabei ist noch zu erwähnen, dass die Farben in schiefer Richtung gesehen, ihre Nuancen verändern.*)

XXX. Farbenwahrnehmungen und Complementärfarben.**)

Bei den Versuchen mit vervielfältigender Photographie in Naturfarben haben die sogenannten Complementärfarben eine so eminente Rolle gespielt und dadurch zu so nachhaltigen Irrthümern und Missgriffen Veranlassung gegeben, dass es nöthig, die noch jetzt herrschenden irrthümlichen Anschauungen über Farben und Complementärfarben einer Beleuchtung zu unterziehen.

Unter Complementärfarben versteht man Farben, die sich gegenseitig zu Weiss ergänzen. Das ist die landläufige Definition. Aber was ist Weiss?

Weiss erscheint ein rother Körper durch ein rothes Glas betrachtet; weiss erscheint ein bei Tage weisses Handtuch auch in der Dunkelkammer, wenn es auch nur von rothen Strahlen getroffen wird. Weiss erscheint grünes Papier in rein grüner, gelbes Papier in rein gelber, blaues Papier in rein blauer Beleuchtung.

Es ist schon längst bekannt, dass im gelben Natriumlicht (dem hellsten monochromen Licht, welches wir bequem herstellen können) die gelben Pigmente weiss bis grau, die rothen ebenfalls grau, die grünen und blauen grau bis schwarz erscheinen.

Verfasser wies nun das Analoge für rothe, grüne und blaue Beleuchtung nach, d. h. in rother Beleuchtung erschienen die rothen Pigmente weiss, in grüner die grünen etc., sodass man also den Eindruck Weiss empfindet, wo thatsächlich nur farbiges Licht vorhanden ist. Aehnliche Beobachtungen sind in vereinzeltten Fällen bereits

*) s. Dr. Zenker, Eder's Jahrbuch 1893, p. 114.

**). Verhandlungen der physikal. Gesellschaft Berlin, Jahrg. 7, No. 7.

früher gemacht worden. Aubert und Landolt erkannten farbige Flächen bei sehr verminderter weisser Beleuchtung als farblos (a. a. O.) und Leonhardt Weber nennt das schwache durch das Spectroskop beobachtete grüne Licht, welches Körper bei anfangendem Glühen zuerst ausstrahlen, grau. Diese Thatsachen sind aber nicht nur von theoretischer, sondern auch von praktischer Bedeutung.

Auf der Gewerbeausstellung in Nürnberg 1882 hatte ein Ultramarinfabrikant für seine Erzeugnisse einen besonderen Glaspavillon gebaut und diesen in dem Glauben, im blauen Licht müssten seine blauen Ultramarine am schönsten hervortreten, ganz mit blauem Glase eingefasst. Zur allgemeinen Verwunderung erschienen aber die blauen Pigmente in der blauen Beleuchtung nicht brillanter blau, sondern im Gegentheil mehr grau.

Eine andere Thatsache fiel Verfasser bei Einführung des electrischen Lichts zur Beleuchtung von Kunstausstellungen auf. Lichtgrüne Gemälde mit Wiesen oder Bäumen erscheinen bei diesem Licht auffallend grünlich-weiss, sodass die Maler klagten, ihre Farben verlören Abends an Brillanz und doch enthält das electrische Licht im Verhältniss mehr grüngelbe Strahlen als das Tageslicht.

Den Photographen dürfte es ferner bekannt sein, dass das Roth der preussischen Uniformkragen in der roth beleuchteten photographischen Dunkelkammer nicht roth, sondern hellgrau erscheint.*) Weisse Tücher werden bei dieser Beleuchtung für weiss gehalten, obgleich sie nur rothes Licht reflectiren. Eine vierte allgemein bekannte Thatsache ist, dass gelbe Pigmente bei gelblichem Lampenlicht viel weisslicher erscheinen als am Tage. Goldstücke erscheinen Abends bei gelbem Lampenlicht hell wie Silber und sind dann oft mit letzterem verwechselt worden.

Verfasser erklärte auf Grund dieser Thatsachen und seiner Versuche, dass der Farbeindruck eines Pigments (wie bisher allgemein angenommen wurde) keineswegs zu Stande kommt, wenn man es mit dem monochromen Lichte beleuchtet, das von dem Pigment am besten zurückgeworfen wird und dass die weitverbreitete Anschauung, ein Pigment müsse in derjenigen Beleuchtung am brillantesten erscheinen, welche am reichsten an den von dem Pigment hauptsächlich reflectirten Strahlen ist, ein Irrthum ist.

Des Weiteren wies Verfasser a. a. O. nach, dass der bei monochromen Licht fehlende Farbeindruck zu Stande kommt, wenn man

*) Bei den militärischen Praktikanten des photochemischen Laboratoriums der Kaiserl. techn. Hochschule erregt diese Thatsache jahraus jahrein Verwunderung.

zu der Beleuchtung ein zweites monochromes Licht fügt, dessen Wellenlänge etwas kleiner ist, als die Wellenlänge der sogenannten Complementärfarbenstrahlen. So trat der Eindruck Roth bei rothem Pigment und rother Beleuchtung (Kupferoxydulglaslicht) erst hervor, wenn er grünes Licht (filtrirt durch Chromglasscheibe) hinzufügte, der Eindruck gelb bei gelbem Pigment und Natronlicht, dann, wenn blaues Licht hinzuaddirt wurde etc. etc. Diese Experimente hat Verfasser vielfach öffentlich vorgeführt, so u. A. in Frankfurt a. M. am 16. April 1894 vor dem Verein zur Pflege der Photographie.

Mit der herkömmlichen Theorie des Farbensehens stimmen nun freilich diese Thatsachen nicht überein. Verfasser hat auch constatirt, dass der Hintergrund eine Rolle spielt, dass, wenn man farbige Papiere statt auf weissen auf schwarzen Grund klebt, bei monochromem Licht ein schwacher farbiger Eindruck merkbar ist. Am deutlichsten ist derselbe, wenn man das monochrom beleuchtete Pigment durch eine schwarze Röhre betrachtet, wie v. Helmholtz für Contrastexperimente empfohlen hat.

Sieht man in der Art bei gelbem Licht die gelben und rothen Pigmente an, so erscheinen beide gelblich, bei rothem Licht beide röthlich.

Aber dieser Farbeneindruck ist schwach und unbedeutend gegenüber dem Farbeneindruck, welchen dieselben Pigmente bei Tage oder bei gutgewählter (a. a. O.) dichromer Beleuchtung machen.

In der Praxis nun, im Kunstgewerbe und in der Kunst sehen wir die einzelnen Farben nicht durch eine schwarze Röhre an, auch nicht vor einem schwarzem Hintergrunde. Wir haben demnach umsomehr mit dem Einfluss farbiger Beleuchtung zu rechnen und den Punkt zu beherzigen, dass grosser Ueberschuss an gewissen einfarbigen Strahlen den Farbeneffect gleichfarbiger Pigmente nicht vermehrt, sondern vermindert.

Vom theoretischen Standpunkte aus dürfte nun zunächst die Thatsache von Interesse sein, dass wir Weiss empfinden, wo in der That farbiges Licht vorhanden ist.

Der Eindruck Weiss kommt unter mannigfachen Umständen zu Stande (s. o.), z. B. 1. wenn sämtliche Spectralfarbenstrahlen gemischt werden, 2. wenn man zwei einander complementärfarbige Strahlengattungen mischt (v. Helmholtz, König, Dieterici).*) So geben nach v. Helmholtz

*) H. v. Helmholtz sagte bereits 1851 Pogg. Ann., Bd. 87, p. 66, „Weiss kann auf unendlich verschiedene Weise dargestellt werden, ohne dass das

| | | | | |
|----------|-----------------|-----|------------|-----------------|
| Roth | λ 656,2 | und | Grünblau | λ 492,1 |
| Goldgelb | 585,3 | „ | Blau | 485,4 |
| Gelb | 567,1 | „ | Indigoblau | 464,5 |
| Grüngelb | 563,6 | „ | Violett | 433 |

den Eindruck Weiss; 3. wenn farbige Stoffe von gleichfarbigem monochromem Licht beleuchtet werden, 4. noch in anderer oben angedeuteter Weise. Wir sind demnach gar nicht in der Lage, den Begriff Weiss streng zu definiren und daher rühren zahlreiche Farbenirrhümer.

Nur im Gebiet des Geschmacksinns begegnen wir ähnlichen Confusionen: die heterogensten Stoffe: Zucker, Sacharin, Glycerin, eine Auflösung von Silbersalz in unterschwefligsaurem Natron bezeichnen wir alle als süß.

Es muss bemerkt werden, dass die photographische Netzhaut darin der natürlichen voraus ist, diese findet zwischen den beiden Sorten Weiss:

Roth + Grünblau
Gelb + Indigoblau

ganz prägnante Unterschiede. Die erste Combination wirkt auf gewöhnliche photographische Platten sehr schlecht, die andere sehr gut.

Nun hat man die von Verfasser beobachtete Thatsache, dass der farblose oder fast farblose Eindruck einer Farbentafel in monochromem Licht durch Hinzutritt eines anderen passenden monochromen Lichts sich in einen deutlichen Farbeneindruck verwandelt, durch die herkömmliche Anschauung über Contrastfarben erklären wollen.

Verfasser fand, dass die in rothem Licht weiss bis grau erscheinenden rothen und gelben Pigmente beim Zutritt von blauem Licht gelb (auf schwarzem Grunde röthlichgelb) erscheinen und man suchte dieses daraus zu erklären, dass durch das hinzutretende Blau die Contrastfarbe Gelb hervorgerufen würde. Diese Anschauung ist aber schon in sofern unrichtig, als der weisse Grund der Farbentafel bei Anwendung von rothem und blauem Licht schön rosa erscheint und die Contrastfarbe zu diesem Rosa grün ist, somit müsste durch Contrast ein grüner Ton entstehen; statt dessen erscheinen die rothen und gelben Pigmente in gedachter Beleuchtung gelb.

Auch die versuchte Erklärung, dass das Complementärgrün sich mit dem reflectirten Roth zu Weiss mische, reicht nicht aus, denn

Auge ein Weiss von dem andern zu unterscheiden vermöchte. Wir erhielten es z. B. aus einfachem Gelb und Blau, aus einfachem Roth, Grün und Violett oder aus diesen fünf einfachen Farben zusammengenommen und ausserdem aus den mannigfaltigsten complicirtesten Combinationen.“

sie erklärt nicht den gelben bis rothgelben Ton, in welchen die rothen und gelben Pigmente unter gedachten Umständen erscheinen.

Ueberhaupt ist man mit der Erklärung durch Contrastfarben oft etwas eilfertig bei der Hand. Gewöhnlich erscheinen dieselben (subjectiv) nur, wenn weisses Licht vorhanden ist. Dieses war aber bei obigen Versuchen ganz ausgeschlossen. Dann aber hat man sich daran gewöhnt, dieselben als etwas festes anzusehen. So sagt man, zu dunkelroth λ 656 sei die Contrastfarbe Grünblau λ 492, zu Goldgelb Natronlinie λ 589 Grünblau λ 486. Es lässt sich aber leicht zeigen, dass diese Contrastfarbe zu einer gegebenen Farbe nicht die einzige ist.

Man schneide aus einem Spectrum z. B. die Strahlen der Wellenlänge 589 heraus, so wird offenbar die Mischung der übrigen Strahlen die Complementärfarbe zu 589 darstellen. Diese Mischung wird aber, da nur ein sehr schmaler Theil des Spectrums fehlt, so gut wie weiss ausfallen, demnach ganz bestimmt verschieden von der oben angegebenen grünblauen Complementären 486. Aehnliches gilt für andre schmale Streifen einfach farbigen Spectrallichts. Danach haben also die verschiedenen einfachen Farben mehr als eine Complementäre und die eine davon ist Weiss.

Dass dem wirklich so ist, beweisen natürliche Beispiele.

Jede Flüssigkeit ist complementär zu der Farbe des von ihr absorbirten Lichts. So ist Cyaninblau complementär zu dem von ihm absorbirten Gelb, Fuchsin complementär zu dem von ihm absorbirten Gelbgrün. Haben aber Flüssigkeiten sehr enge Absorptionsstreifen, so muss ihre Farbe nach obiger Erörterung weiss oder doch wenig von Weiss verschieden sein. Das ist faktisch der Fall bei Dydimlösungen und Erbinlösungen. In starker Schicht haben dieselben eine leichte Rosafarbe, dann sind aber auch die engen Absorptionsstreifen breit geworden.

Es ist zweifellos, dass eine einfache Spectralfarbe noch andre Complementäre hat. Hr. v. Helmholtz hat durch Mischungen dreier Spectralfarben weiss hergestellt (siehe p. 246 Anmerkung) und danach ist es sicher, dass die oben erwähnten Farben-Strahlen als Complementäre nicht nur die angegebenen einfachen Farben, sondern auch Paare einfacher Farben haben, so dass man zu mindestens drei Complementären für eine gegebene einfache Spectrum-Farbe gelangt. Ja noch mehr! nach v. Helmholtz ist zu Gelb nicht blos Blau, sondern auch ein Gemenge von Blau, Roth, Grün und Violet complementär (a. a. O.).

Bei Pigmenten hängt die Contrastfarbe sehr wesentlich von der Beleuchtung ab; sie fällt schon bei Lampenlicht anders aus als

bei Tageslicht, wie die Meyer'schen Versuche mit grauen Ringen zeigen. *)

Macht man diese Versuche aber bei monochromem Licht, so bemerkt man von Contrastfarbe überhaupt nichts. Beleuchtet man eine Rosafäche (Fuchsin), die bei Tage ausgezeichnet grüne Contrastfarbe giebt, mit rothem und blauem Licht, so erscheint als Contrastfarbe bei Meyer's Versuch der Ring nicht grün, sondern blau. Die Tabelle über Contrastfarben, wie man sie in vielen Büchern über Farbenlehre findet und wie man sie sogar im Farbendruck zusammenstellt, haben demnach nur einen sehr einseitigen Werth und dürfen keineswegs als Erklärung für alle Fälle herangezogen werden.

Kurz gesagt: Die ganze jetzt herrschende Lehre von den Contrastfarben hält vor den neu erkannten Thatsachen nicht Stand.

Man sagt nach von Helmholtz, dass Roth, Violett und Grün die Grundempfindungen seien, d. h. dass durch Mischung von gewissen rothen, violetten und grünen Strahlen des Spectrums alle andern Farbeempfindungen hervorgebracht werden können.

Dieses Gesetz wird als ein förmliches Dogma verehrt. Aber schon Maxwell setzt das Blau an die Stelle des Violett. Wie v. Helmholtz selbst darüber denkt geht aus p. 240 hervor. Verfasser machte schon 1890 in der physik. Gesellschaft Berlin (Jahrg. 9 Heft 1) auf die unbedeutende Rolle aufmerksam, welche das Spectrumviolett in der Welt der Pigmentfarben spielt.

Verf. hatte anfangs geglaubt, dass das brillianteste Violett: das Methylviolett seine Farbe zum Theil dem Spectralviolett verdanke; das ist aber nicht der Fall. Betrachtet man Methylviolett durch ein Spectroskop, so erkennt man, dass es einen breiten Absorptionsstreifen auf D hat, der sich ins Grün fortsetzt, dass dagegen Roth und Blau fast ungeschwächt hindurchgehen. Sieht man dasselbe Methylviolett durch eine Lösung von Kupferoxydammoniak an, welche das rothe Licht absorbirt, das blaue und violette aber hindurchgehen lässt, so erscheint der Farbstoff rein blau; ein Beweis, dass seine Nuance Violett nur durch Mischung von Blau und Roth zu Stande kommt.

Somit spielt das Spectrumviolett in der Welt der Pigmentfarben gar keine Rolle.

Aber selbst bei manchem farbigem violetten Licht wirkt das Spectrumviolett so gut wie gar nicht mit. Ganz auffallend in dieser

*) Legt man graue Papierringe auf roth, so erscheinen diese bei Tageslicht auffallend grün tingirt, noch deutlicher, wenn man Seidenpapier darüber legt, auf grünem Grunde erscheinen sie rosa bis roth, auf blauem gelb, auf gelbem blau (s. Bezolds Farbenlehre).

Beziehung ist das prachtvolle violette Stickstofflicht einer Geissler-röhre, welches im Spectrum neben rothem und grünem ausgezeichnet blaue und violette Streifen zeigt.

Betrachtet man diese durch Kupferoxydammoniaklösung, so erscheint sie ebenfalls rein blau, obgleich die violetten Strahlen durch die Lösung nicht abgehalten werden. Somit verdankt auch die Stickstoffröhre ihr Violett der Mischung von blauen und rothen Strahlen.

Dass der Farbeindruck Violett auch zu Stande kommt, wenn zu blauem Licht weisses gemischt wird, ist bekannt. Am auffallendsten zeigt sich dieses bei der Balmain'schen Leuchtfarbe. Diese leuchtet im Dunklen blau, bei Zutritt von Tageslicht aber violett.

Dass die Mischung von Farbstoffen total andere Resultate ergibt als die Mischung von Farbstrahlen, ist selbstverständlich für den Kenner der Farbenlehre.

Aber wie Viele stürzen sich nicht in Versuche über Farbenphotographie, ohne von den seltsamen Erscheinungen der Farbenwelt auch nur eine blasse Ahnung zu haben? Komisch ist es, wenn solche Leute Ponilett-Müller's Elementarphysik von 1852 citiren. Vieles, was darin behauptet wird, ist längst nicht mehr wahr.

Verfasser hat, ehe er das Gesetz der Farbensensibilisation fand, gründliche Studien über Absorptionsspectralanalyse machen müssen.*) Er hat von Aufstellung des neuen Naturfarbendruckprinzips ebenso weitgehende Studien und Experimente über Farbenwahrnehmungen gemacht, die später a. a. O. veröffentlicht wurden.***) Mögen sich das Andere gesagt sein lassen, welche dasselbe Feld ohne Vorkenntnisse beackern möchten.

XXXI. Beobachtungen über die Farbenhelligkeit der Atmosphäre.

Bei Gelegenheit der Versuche des Verf. über die chemische Wirkung des Sonnenspectrums auf photographische Platten, welche ihn 1873 zur Entdeckung der farbenempfindlichen Photographie führten,***)) machte er bereits die Beobachtung, dass die Wirkung des Sonnenspectrums unter anscheinend gleichen Verhältnissen (Sonnenhöhe, Wetter etc.) sehr ungleich ist, dass sich dieselbe bald mehr, bald weniger weit in das Violett resp. Ultraviolett, resp. in das Roth erstreckt.†)

*) Dieselben bilden die Grundlage seines Werkes praktische Spectralanalyse irdischer Stoffe, 2. Aufl., Berlin, bei Oppenheim.

***) Er behält sich vor, diese in einem besonderen Werke „über Licht, Beleuchtung und Farbe“ niederzulegen.

***)) Berichte der deutsch-chem. Gesellschaft, 1873 VI p. 1302 u. o. p. 134ff.

†) Ueber die Schwankungen in der chemischen Wirkung des Sonnenspectrums, Photogr. Mittheilungen, Jahrg. X, p. 269. 1874.

Verfasser kam dadurch zu dem Schluss, dass die chemische Wirkung des Sonnenspectrums nicht nur von der Sonnenhöhe abhängig ist, wie Bunsen und Roscoe annehmen, sondern auch noch andere Umstände mitwirken.

Im Jahre 1875 trat derselbe der Sache derselben mit Hilfe der Collodtrockenplatten näher, die durch Naphtalin-Roth gelb- und grüngelbempfindlich gemacht worden waren, so dass die Gelbempfindlichkeit der Blauempfindlichkeit (Linie G) fast gleichkam. Mit denselben machte er tägliche Beobachtungen auf seiner Reise nach Ceylon und den Nicobaren. Diese Aufnahmen mit dem kleinen Spectrographen (s. p. 215) zeigten den Wechsel in der chemischen Wirkung der verschiedenen Spectralfarben an verschiedenen Tagen in noch deutlicherer Weise.*) Es ergaben sich durch diese Spectralaufnahmen ganz auffallende Unterschiede an verschiedenen Tagen in der Farbenwirkung. Manchmal zeigte sich die Gelbwirkung gering, manchmal stärker als die Blauwirkung. Es zeigten sich ganz bestimmte Abweichungen von Bunsen und Roscoe's oben erwähntem Gesetze. Der Gegenstand fand erst weitere Beachtung, als die farbenempfindlichen Verfahren in die Praxis eingetreten waren.

Dabei stellt sich heraus, dass an gewissen Tagen der Unterschied zwischen farbenempfindlichen und gewöhnlichen Platten bei Aufnahme farbiger Gegenstände ausserordentlich gross, an anderen wieder sehr gering war.

Ueber die Ursache dieser Erscheinung äussert Verfasser nach seinen Spectralbeobachtungen 1875 a. a. O. p. 325 folgendes:

„Gleichzeitige Beobachtungen des Barometers und Psychrometers liessen eine Abhängigkeit der wechselnden chemischen Intensität der Spectralfarben von Luft und Dunstdruck nicht erkennen. Nicht das Wasser im Gaszustande, sondern das Wasser in Form von Bläschen-dampf übt den grössten Einfluss auf die Durchsichtigkeit der Atmosphäre (für Spectralfarben) aus.“

Dies gilt für die Sonnenspectrumfarben.

Anders ist es mit den Farben, die der blaue oder bewölkte Himmel reflectirt, welche in ihrer Mischung das sogenannte diffuse Tageslicht bilden und welches zur Erleuchtung zu photographirender Körper allgemein angewendet wird.

Ueber die Helligkeit dieses diffusen Tageslichtes haben Bunsen und Roscoe sehr schätzbare Messungen gemacht und geben an, dass die Stärke desselben mit der Sonnenhöhe wächst.

Bunsen und Roscoe haben aber bei Aufstellung ihrer dies-

*) Poggendorff's Annalen 156 p. 319.

bezüglichen Formel nur Rücksicht genommen auf die Gesamtwirkung des Himmelslichtes auf Chlorknallgas, welches wesentlich für blaue, violette und ultraviolette Strahlen empfindlich ist. Die Wirkung der vom Himmel reflectirten rothen, gelben und grünen Strahlen konnten sie auch nicht bestimmen, da das Chlorknallgas für dieselbe sehr wenig empfindlich ist.

Später vertauschten sie das Chlorknallgas mit Chlorsilberpapier, dessen Farbenempfindlichkeit aber der des Chlorknallgases erheblich nachsteht, indem es wesentlich nur für Violett und Ultraviolett empfindlich ist (s. p. 36).

Wie wenig die mit gedachtem Papier erhaltenen Resultate, den photographischen Erfahrungen entsprechen, ist bereits p. 39 gesagt.

Die Gründe für diese Widersprüche liegen darin, dass das Maximum der Wirkung auf gedachtem Papier in Violett (Linie H) liegt, welches bei niedrigem Sonnenstande eine viel stärkere Schwächung erfährt als Indigostrahlen, welche am stärksten auf Collodiumplatten wirken.

Weitere Beobachtungen, die auf Roscoe's Veranlassung mit diesem Papier angestellt wurden, ergaben, dass die ursprüngliche Behauptung Bunsen's und Roscoe's, dass die chemische Intensität des Tageslichtes bei heiterem Himmel bei gleicher Sonnenhöhe dieselbe sei, nicht haltbar ist*) (s. Tabelle p. 86.)

Man sieht daraus, wie stark die Intensität des Himmelslichtes trotz gleicher Sonnenhöhe in dem nebligen England hinter der in Heidelberg beobachteten zurückbleibt.

Ferner haben die Beobachtungen in Kiew ergeben, dass bei gleicher Sonnenhöhe die chemischen Intensitäten des Märzlichtes sich zu den chemischen Intensitäten des Septemberlichtes etwa wie 100 : 167 verhalten (s. p. 93).

Geht man von der Thatsache aus, dass die empfindlichen Papiere Roscoe's wesentlich vom violetten Licht afficirt werden, so ist in gedachten Zahlen hauptsächlich die Intensität des violetten Lichtes gegeben, nicht die chemische Intensität des gesammten Himmelslichtes.

Nimmt man nun in Rücksicht, dass für die Photographie mit Bromsilber-Gelatinplatten wesentlich nur die hellblauen Strahlen in Betracht kommen, für Photographie mit farbenempfindlichen Platten auch noch die gelben und grüngelben, so sind gedachte Beobachtungen für die dominirenden Negativprocesse so gut wie werthlos; sie behalten höchstens Wichtigkeit für den mit Chlorsilberpapier arbeitenden Positivprocess.

*) Poggendorff's Annalen 128 p. 296.

Eine Beobachtung von Lichtstärken, die für erwähnte Negativprocesse von Werth sein soll, muss mit einem Material gemacht werden, welches gleiche Empfindlichkeit für Farben hat wie erwähnte Platten.

Nun ist es selbstverständlich, dass das Tageslicht auf gelbempfindliche Platten dann am stärksten wirken wird, wenn es besonders reich an gelben Strahlen, auf grünempfindliche dann am stärksten, wenn es besonders reich an grünen Strahlen ist u. s. f.

Die Aufgabe einer wirklich rationellen Bestimmung der Lichtintensität des Tageslichtes bestünde somit in der Messung der Quantität von grünem, gelbem, rothem und andersfarbigem Licht, welches in demselben enthalten ist.

Weber hat bereits durch Photometermessungen mit rothem und grünem Glas 1886 festgestellt, wie stark zu verschiedenen Zeiten das Verhältniss von rothem zu grünem Licht schwankt (s. p. 21). Für Spectralfarben würde sich die Messung ermöglichen lassen durch Ocularbeobachtungen mit dem Glahn'schen Spectrometer, durch dessen Oberspalt man das zu messende Tageslicht fallen lässt, während durch den Unterspalt das Licht einer Normalflamme (Amylkerze oder abgemessene Petroleumkerze) geht. Das Spectrometer gestattet dann einen genauen Vergleich, um wieviel eine gegebene Spectralregion z. B. Gelb (D-Linie), Grün (E-Linie), Hellblau (F-Linie) heller oder dunkler ist als die des Normallichtes. Wenn diese Beobachtungen hinreichend schnell gemacht und mehrmals des Tages wiederholt werden, so gewinnt man ein Bild über die Schwankungen in der Intensität der im Tageslicht enthaltenen Spectralfarben. Für die kleinen und violetten Strahlen würde Spectralaufnahme mit gewöhnlichen Platten noch vortheilhafter sein.

Solche Messungen liegen vor von H. C. Vogel (Bericht der Berl. Akad. d. W. 1880 p. 801).

H. C. Vogel hat das Licht von drei Lichtquellen mit einer Petroleum-Normallampe verglichen und die Zahlen der Art berechnet, dass er die Intensität des Sonnenlichtes resp. Himmelslichtes soweit abgeschwächt dachte, dass die Stelle im Grün λ 555 in beiden Spectren sich als gleich hell erwies. Dann zeigten die übrigen Farben im Petroleumlicht folgende Helligkeiten im Vergleich zu denselben Farben in den anderen Lichtquellen:

| Wellenlänge, | dividiert durch: | Petroleum | | |
|--------------|------------------|----------------|----------------|--------|
| | | Trüben Himmel. | Klaren Himmel. | Sonne. |
| Rot . . . { | 673 | — | 2,67 | — |
| | 633 | 3,40 | 3,98 | 2,32 |
| Orange . . | 600 | 2,12 | 2,52 | 1,75 |
| Gelbgrün . | 555 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Grün . . . | 517 | 0,47 | 0,40 | 0,52 |
| Grünblau . | 486 | 0,23 | 0,19 | 0,27 |
| Blau. . . { | 426 | 0,10 | 0,04 | 0,11 |
| | 444 | 0,09 | 0,02 | 0,10 |

Wenn man demnach Petroleum, trübes und blaues Himmelslicht und Sonnenlicht im Grün gelb (λ 555) gleich hell macht, so erweist sich das Blau im trüben Himmel bei λ 444*) als 11 mal, im klaren Himmel als 50 mal und in der Sonne als 10 mal so hell wie im Petroleumlicht.

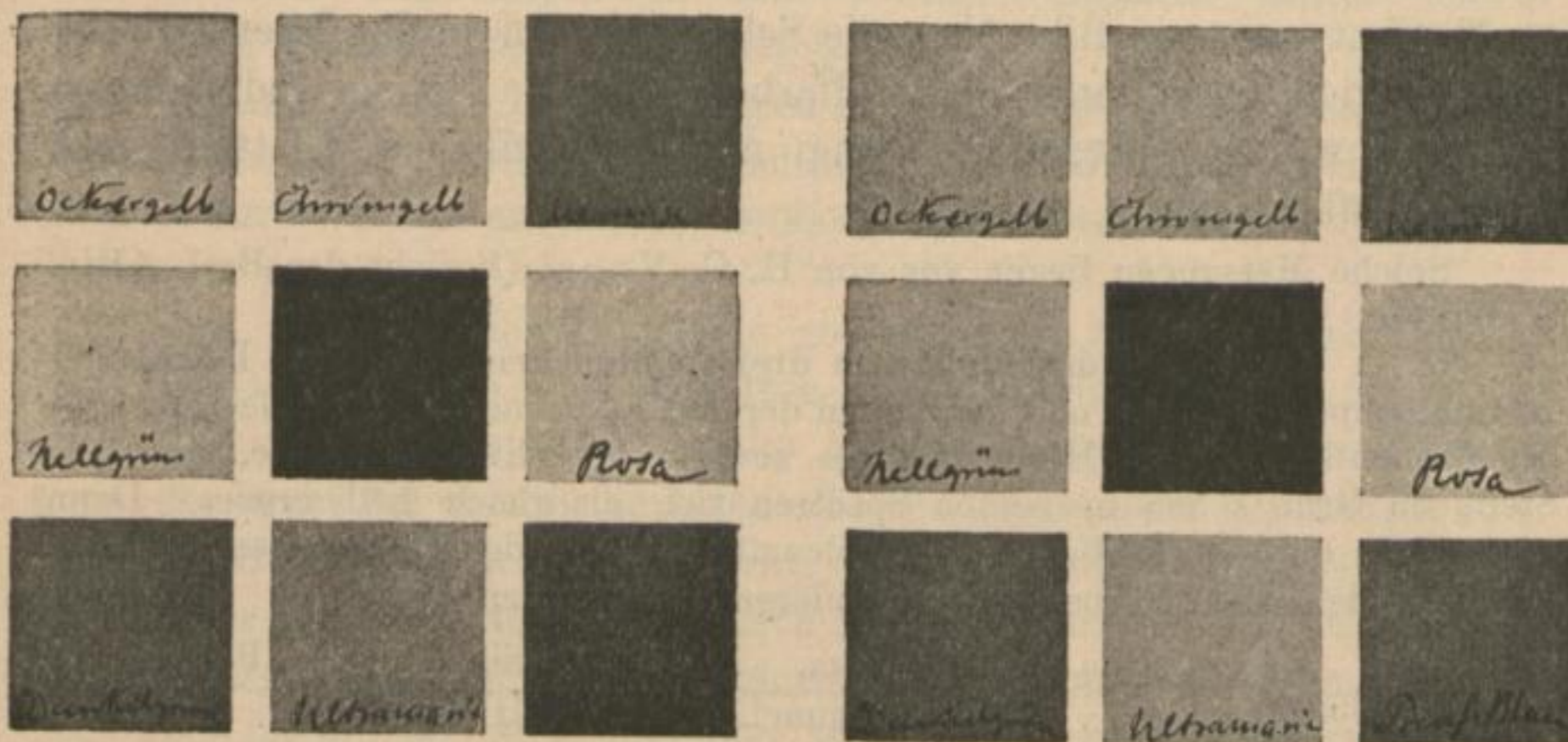
Ferner hat Crova (Analyse des diffusen Himmelslichts Cpt. rend. 109. 1889) mit Hilfe des Spectralphotometers für fünf verschiedene Wellenlängen die Intensität der diffusen Strahlung des Himmels mit der Strahlung einer Carcellampe verglichen. Die Messungen wurden zu verschiedenen Tageszeiten mit dem vom Zenith kommenden Himmelslicht auf dem Mont Ventoux, einige auch zu Montpellier angestellt.

„Die Messungen zeigen deutlich das Ueberwiegen der blauen Strahlen im Himmelslichte. Dieses Ueberwiegen vermindert sich nach Crova vom Morgen bis zum Mittag und nimmt dann wieder zu, ohne dass jedoch in gleichgelegenen Stunden des Nachmittags dieselben Werthe wie Vormittags erreicht würden. Uebrigens sind die Werthe von Tag zu Tag sehr verschieden.“ Diese Differenzen müssen sich aber auch in der photographischen Wirkung offenbaren. Je mehr Blau in einer Lichtquelle enthalten ist, desto kräftiger wird das Blau ihres Spectrums auf photographische Platten wirken. Dasselbe gilt für die übrigen Farben.

Dass aber solche Unterschiede auch photographisch nachweisbar sind, geht am besten aus Beobachtungen des Sonnen- und Himmelslichtes mittelst des Spectrographen hervor (s. u.).

Die Farbenunterschiede zwischen Sonnen- und Himmelslicht offenbaren sich auch photographisch, wie nachfolgende Aufnahmen bei Sonnen- und Himmelslicht beweisen.

Fig. 68.



Farbentafel aufgenommen im Himmelslicht
allein. 10 Sec.

Farbentafel aufgenommen im Sonnen- und
Himmelslicht. 5 Sec.

Trotz dieser Resultate sind neuerdings über die Farbenwirkung der Atmosphäre auf Silber-Eosinplatten, sonderbare Behauptungen auf Grund von

*) d. h. nahe dem photogr. Maximum des blauempfindlichen Bromsilbers.

Experimenten aufgestellt worden, z. B.: „Bei hochstehender Sonne ist die Erythrosin-Silberplatte für gelbe und blaue Strahlen gleichempfindlich,“ (s. dagegen p. 168) ferner:

„Dem Gelb und Blau vom Spectrumbild der Wolken und des Himmelsgewölbes gegenüber erweist sich die Erythrosin-Silberplatte als gleichhoch empfindlich.“

Wie erklären sich nun diese falschen Resultate? Einfach aus der falschen Messungsmethode mit der sogenannten Anfangswirkung.

Urheber gedachter Behauptung belichtet entweder mit Keilspaltspectren (s. Phot. Mittheil. Märzheft II. 1891) oder durch Aufnahmen verschiedener Spectren in verschiedener Belichtungszeit, die mit einem Minimum von Exposition beginnen. Er vergleicht dann bei verschiedenen Lichtquellen (Sonne und Himmel) die Zeit, die zum Erscheinen der Anfangswirkung, sowohl im Blau als auch im Gelb, bei der Entwicklung nöthig ist und findet in beiden Fällen die Zeiten gleich!

Dabei ignorirt er aber die vom Autor 1890 beobachtete wichtige Thatsache, dass bei Silbereosinplatten das Gelb langsamer entwickelt, wie das Blau. Zuerst kommt letzteres intensiver heraus; später wird das Gelb sichtbar und erst am Ende der Entwicklung überholt es — bei günstiger Beleuchtung mit weissem Himmelslicht — das Blau, um stärker zu werden als dieses (s. Phot. Mittheil. XXVII. Jahrg. p. 63). Daher fordern Silbereosinplatten A usentwicklung. Wenn Jemand sagt, er hätte solche Platten aus dem Entwickler nehmen müssen, damit sie nicht verschleiern, so können sie auch ihre Empfindlichkeit für Blau und Gelb nicht zeigen. Man nehme daher stets einen nicht zu rasch wirkenden Entwickler mit Bromkalium.*)

Die Thatsache des ungleichzeitigen „Kommens“ von Blau und Gelb erklärt sich leicht.

Nach Eder ist im Mittel in einer photographischen Gelatineplatte 13×18 enthalten 0,412 Bromsilber: daneben enthalten Silbereosinplatten nach Verfassers Berechnung höchstens 0,00018 Erythrosinsilber. Demnach ist die Menge des Bromsilbers mehr als 2000 mal grösser als die Menge des Erythrosinsilbers.

Nimmt man das Jodeosinsilbermolecül als 5 fach schwerer an als das Ag Br Molecül, so würden auf 500 Bromsilbermolecüle nur 1 Silbereosinmolecül kommen. Somit wird der weisse Strahl zunächst die 500 Bromsilbermolecüle afficiren und natürlich hauptsächlich im blauen Theile, wo er die stärkste Absorption findet, dann erst ein Jodeosinsilbermolecül. Er wird somit seines blauen Theils theilweise beraubt. Somit wirkt der blaue Theil zuerst. Erst beim weiteren Eindringen in die Schicht, in welcher der Strahl mehrere Jodeosinsilbermolecüle passirt hat, wird deren Wirkung zum Vorschein kommen, d. h. die im Gelb.

Entwickelt man daher eine Silbereosinplatte, so bemerkt man, wie Verfasser gezeigt hat, wie sich das Blau zuerst bedeckt, später erst das Gelb. Somit hat das Blau einen Vorsprung bei der Entwicklung; das Gelb kommt

*) In dem photochem. Laboratorium der Kgl. technischen Hochschule passirt es häufig, dass Anfänger für Aufnahmen eine Farbentafel mit Silbereosinplatte einen Rapidentwickler nehmen; dass dann das Bild rasch hervorstürzt und die Platte schleunigst aus dem Bade genommen werden muss. Solche zeigt dann von der günstigen Wirkung von Gelb und Grün auch nicht die Spur. Von schnellen Entwicklern ist nur Pyrogallus mit 10 Tropfen Bromkalium 1:10 per 100 CC Entwickler brauchbar.

erst verspätet zur Erscheinung, wenn der Entwickler hinreichend tief eingedrungen ist. Diese totale Ungleichheit der Entwicklungsbedingungen gestattet gar keinen Vergleich der Empfindlichkeiten der Silbereosinplatten für Blau und Gelb aus der sogenannten Anfangswirkung.

Sonnen- und Himmelspectra. Die ausserordentliche Farbenverschiedenheit zwischen Sonne und Himmel erhellt am besten bei vergleichenden Spectralaufnahmen, die in der Kgl. techn. Hochschule im Monat Juni 1883, also bei sehr günstiger Jahreszeit vorgenommen wurden. Es wurde hierzu der Spectrograph S. 210 benutzt und mit derselben Platte einmal mehrere Sonnenspectra, dann mehr Himmelspectra mit verschiedenen Expositionszeiten aufgenommen. Damit zeigte sich, dass man beim klaren Himmel etwa 4 Minuten belichten musste, um ein ebenso intensives Spectrum zu erhalten als mit $\frac{1}{4}$ Secunde Sonne. Das Verhältniss änderte sich freilich mit der Durchsichtigkeit der Luft. Erheblicher noch war der qualitative Unterschied. Trotz der langen Exposition erreicht das Himmelspectrum nach Roth hin (auf gewöhnlichen Platten) schon mit Linie F sein Ende. Darüber hinaus waren keine Wirkungsspuren sichtbar. Dagegen ging die Wirkung des Sonnenspectrums (auf nicht farbenempfindlicher Platte!) in $\frac{1}{4}$ Secunde sogar bis D. Ein Beweis, wie im Sonnenlicht die schwach brechbaren Strahlen bedeutend stärkere Wirkung äussern als im Himmelslicht. Das stimmt auch mit den Erfahrungen der Praxis (Aufnahmen von Oelgemälden im Sonnenlicht) überein. Dagegen zeigt sich beim Himmelslicht Violett und Ultraviolett stärker. Bei den gleich relativ kräftigen Platten: Sonne $\frac{1}{4}$ Sec. Himmel 4 Min. ging die Sonnenwirkung im Ultraviolett bis L (Wellenlänge 380), die Himmelswirkung dagegen bis M (Wellenlänge 371). Natürlich sind diese Resultate keine allgemein gültigen, sie gelten nur für den bei dem Experiment herrschenden Durchsichtigkeitsgrad der Atmosphäre. Die Experimente verdienen fortgesetzt zu werden, um über die Schwankungen in der Farbenzusammensetzung der Sonne und des Tageslichts genauere Auskunft zu erhalten.

Verfasser verfolgte diese Studien weiter, indem er einerseits Sonnenspectra, andererseits eine Farbentafel im diffusen Licht des Himmels (mit Ausschluss der Sonne) auf photographischem Wege mit farbenempfindlichen Platten an verschiedenen Tagen unter den verschiedensten Wetterverhältnissen aufnahm.

In dieser Weise gewann er eine Reihe von Thatsachen über die in Rede stehende Frage. Nun ist bekannt, dass das diffuse Licht der Atmosphäre Sonnenlicht ist, welches von den in der Luft schwebenden Dunstbläschen reflectirt wird, und zwar bei verschiedener Dicke in verschiedener Farbe, ähnlich wie bei einer Seifenblase.

Bei geringer Dicke reflectiren sie das „Blau erster Ordnung“ (Clausius, Poggendorff's Annalen, Bd. 76); wird die Luft feuchter, so nimmt die Dicke der Wandungen der Bläschen zu; es bilden sich aber auch neue feine Bläschen. In dieser Weise kommen Bläschen jedweder Wandstärke zum Vorschein, welche eine Mannigfaltigkeit an Farben reflectiren.

Die Mischung derselben ist weisslich.

In dieser Farbe erscheint auch der Himmel nicht selten, selbst wenn er scheinbar ganz heiter ist. Die blaue Farbe des Himmels wird nach J. Müller (Kosm. Physik 1872, p. 377) dadurch verstärkt, dass das von einem Dunstbläschen reflectirte Blau erster Ordnung auf ein zweites fällt, dann auf ein drittes u. s. f.

Das Blau erster Ordnung ist nicht reines Spectralblau. Es enthält noch Violett, Grün, Gelb und Roth. Wird von dem im weissen Licht enthaltenen Blau 0,96 reflectirt, von dem im weissen Licht enthaltenen Roth 0,83, so wird bei der Reflexion des so entstandenen Farbencomplexes von einem zweiten Dunstbläschen das Blau auf $(0,96)^2$, das Roth auf $(0,83)^2$ reducirt; bei zehnfach wiederholter Reflexion beträgt die Stärke des Blau noch $(0,96)^{10} = 0,66$, die des Roth $(0,83)^{10} = 0,15$, ein Beweis, dass in solchem mehrfach reflectirten Lichte das Blau ganz bedeutend vorwiegt.

Daraus ergibt sich von selbst, dass im reinen blauen Himmelslichte das gelbe Pigment der Farbentafel nicht besonders kräftig wirken kann, dagegen am stärksten das blaue.

Anders ist es bei weissen Wolken, namentlich bei den von der Sonne hell erleuchteten, die Sonnenstrahlen weiss reflectirenden Haufewolken. Schon deren Farbe zeigt, dass ein Vorwiegen der blauen Strahlen gegen die gelben und rothen nicht stattfindet, dass die Intensität der letzteren also bestimmt grösser sein muss, als in dem blauen Himmelslichte. Daher zeigt sich bei Gegenwart solcher Wolken eine besonders kräftige Wirkung des Gelb und des Roth.

Neben diesen beiden Beispielen giebt es nun noch eine Mannigfaltigkeit atmosphärischer Zustände, die das Auge unmittelbar erkennt: weisslich blauer Himmel, bezogener Himmel, halb bedeckt, grau bedeckt, mit dunklen Wolken bedeckt, Nebel etc. etc.

Es ist schwer, sich von der Zusammensetzung des von solchem Himmel reflectirten Lichtes a priori ein klares Bild zu machen. Nur Versuche können hier entscheiden.

Nun ist es Thatsache, dass die in der Atmosphäre liegende Dunstschicht in der Nähe der Meeresfläche und im Flachlande ganz bedeutend dichter ist als auf hohen Bergen. Der Himmel erscheint

hier um so tiefer blau, je höher man steigt; schliesslich sieht er fast schwarz aus.

Hier kann man annehmen, dass in den sehr hohen Regionen der Luft ein Mangel an reflectirenden Dunstbläschen vorliegt, so dass der dunkle Hintergrund des Weltenraums zu dem Farbeneindruck hinzutritt.

Die Höhe der Cirrus (nach K a m p t z 20 000 Fuss) beweist zwar, dass in jenen Regionen auch Dunstbläschen nicht fehlen.

Die grössere Reinheit der Luft hochgelegener Regionen machten, nachdem Verfasser eine grosse Zahl Beobachtungen im Tieflande gemacht hatte, den Wunsch rege, ähnliche Versuche auf Bergen anzustellen. Verfasser wählte hierzu das wegen der Reinheit seiner Luft gepriesene Oberengadin. Freilich musste er sich hier auf Beobachtungen im Thal beschränken, da ein Aufenthalt auf Bergesspitzen sich als völlig unthunlich erwies. Leider war das unfreundliche Wetter des Beobachtungssommers 1890 der Aufgabe nicht günstig.

Dennoch hatte Verf. mehrere völlig wolkenlose Tage und gewann eine Anzahl Versuchsplatten nach Farbentafel, die Gelegenheit boten, die Wirkung des blauen Himmels hochgelegener Regionen mit jener in der Tiefebene (Berlin) zu vergleichen.

Als Original wurde die Farbentafel (Tafel VIII) aus diesem Lehrbuch Bd. I, 4. Auflage benutzt.

Die Aufnahmezeit war Nachmittag 2 Uhr, in einzelnen Fällen die Zeit gleicher Sonnenhöhe (Vormittag 10 Uhr), je nach der Wettergunst. Der Standpunkt wurde derart gewählt, dass die Tafel weder vom Sonnenlicht, noch vom Reflexlicht umliegender Gebäude getroffen wurde.

Die Meereshöhe des Standpunktes betrug 1856 m.

Von den gewonnenen Resultaten hat Verf. die in Bezug auf Witterung charakteristischen mit analogen, in Berlin gewonnenen Resultaten zusammengestellt und in beifolgender Tabelle (p. 259) in der Art niedergelegt, dass die photographische Intensität der Farbenwirkung durch die Reihenfolge der Ordnungszahlen ausgedrückt ist, d. h. 1 am intensivsten, 2 weniger intensiv u. s. f.

Bei annähernder Gleichheit der Wirkung sind die benachbarten Farben durch Gleichheitszeichen verbunden, wobei die etwas stärker wirksamen Farben durch ihre Vorderstellung in der Reihe angezeigt sind.

Vergleicht man die Wirkung des Lichtes im Engadin mit der im Tieflande unter scheinbar gleichen Wetterverhältnissen, so wird man aus der Tafel wenig oder keinen Unterschied wahrnehmen.

Hierbei ist jedoch noch ein Punkt in Betracht zu ziehen, das ist die Wirkung des Reflexlichtes. Die Farbentafel war thatsächlich nicht vom Himmelslicht allein, sondern auch noch von dem Reflexlichte der

Resultate.*)

| 1890 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--|------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|
| Vergleich heiterer Tage mit fast ganz blauem Himmel. | | | | | | | | |
| Berlin. | | | | | | | | |
| 14. Juli | Rosa | Hellgr. | Org. = | Ult. = | Ockerg. | Menn. = | Dgr. = | Prbl. |
| 15. " | " | " | Ultr. | Chrg. | " | " | " = | " |
| 16. " | " | " | Org. | Ult. | " | " | Prbl. | Dgr. |
| Engadin. | | | | | | | | |
| 20. Aug. | Rosa | Hellgr. | Ult. = | Chrg. | Ockerg. | Menn. | Dgr. | Prbl. |
| 22. " | " | " | " | " | " | " | " | " |
| 26. " | " | " | " | " | " | Dr. = | Menn. | " |
| Berlin. | | | | | | | | |
| 20. Sept. | Rosa | Hellgr. | Ult. | Chrg. | Ockerg. | Dr. | Menn. | Prbl. |
| 23. " | " | " | " | " | " | " | " = | " |
| Tage, die heiteren Himmel mit etwas weissen Wolken zeigen. | | | | | | | | |
| Engadin. | | | | | | | | |
| 17. Aug. | Rosa | Chrg. | Hellgr. | Ockerg. | Ult. | Menn. | Dgr. | Prbl. |
| Berlin. | | | | | | | | |
| 4. Juli | Rosa | Hellgr. | Chrg. = | Ockerg. | Ult. | Menn. = | Dgr. | Prbl. |
| 25. Sept. | " | " | " | " | " | " | " | " |
| Verschleierter Himmel und verschleierte Sonne. | | | | | | | | |
| Engadin. | | | | | | | | |
| 21. Aug. | Rosa | Hellgr. | Chrg. | Ult. = | Ockerg. | Menn. = | Dgr. | Prbl. |
| Hier bot sich mir in Berlin kein Vergleichstag. | | | | | | | | |
| Ganz bewölkt, graue Haufenwolken. | | | | | | | | |
| Engadin. | | | | | | | | |
| 24. Aug. | Rosa | Hellgr. | Chrg. | Ult. | Ockerg. | Menn. = | Dgr. | Prbl. |
| Berlin. | | | | | | | | |
| 10. Juli | Rosa | Hellgr. | Chrg. = | Ult. | Ockerg. | Menn. = | Dgr. | Prbl. |
| 24. Sept. | " | " | " = | " | " | " | " | " |

*) Die Zahlen bedeuten die Reihenfolge der Intensitäten in der Negativplatte. Die Namen der Farben (Rosa, Hellgrün, Chromgelb, Ockergelb, Ultramarinblau, Dunkelblau, preussisch Blau, Dunkelroth) sind in leicht verständlicher Weise abgekürzt.

oft sonnenbeschienebenen bis zu 1000 m über das Thal hervorragenden Berge beleuchtet; dieses Reflexlicht ist stets grünlich, bräunlich oder gelblich tingirt. Insofern addiren sich zum Himmelslichte grünelbe und röthliche Strahlen und verstärken dessert Wirkung auf grünelbe und rothe Pigmente. Hätten jene reflectirenden Berggelände gefehlt, so wäre die Wirkung auf die „warmen Farben“, Grün einbegriffen, zweifellos schlechter gewesen.

Somit ist es höchst wahrscheinlich, dass die Strahlen niederer Brechbarkeit in der Höhe im geringeren Maasse vorhanden sind als in der Tiefe, entsprechend der geringeren Maasse von Dünsten.

Aus den angeführten Beispielen geht ferner hervor, dass, wenn die Dünste sich vermehren, wie bei Bewölkung, auch die Intensität der schwächer brechbaren Strahlen wächst, so dass ganz bewölktes Wetter günstigere Chancen bietet als heiterer Himmel.

Als allgemein gültige Resultate ergiebt die Gesammtheit der Beobachtungen im Hoch- und Tieflande Folgendes:

1. Roth wirkt immer am schwächsten. Dies kommt von der mangelnden Rothempfindlichkeit der Eosinsilberplatten.

2. Rosa wirkt fast immer am stärksten. Nur in wenigen Fällen (April Berlin) war es schwächer als Chromgelb.

3. Dem Rosa kommt fast immer das Hellgrün (Schweinfurter Grün) am nächsten. Nur selten (April-Mai Berlin) steht dasselbe hinter Chromgelb zurück.

4. Chromgelb wirkt stets etwas stärker als Ockergelb.

5. Ultramarin ist stets den Wirkungen der Mennige, des Dunkelgrün und preussisch Blau überlegen; ebenso das Dunkelgrün dem preussisch Blau.

6. Die auffallendsten Schwankungen offenbaren sich bei Chromgelb und Ultramarin, von denen bald das eine, bald das andere stärker ist, ferner bei Mennige, Dunkelgrün und preussisch Blau, bei denen erstere Farbe die andern bald überragt, bald ihnen gleichkommt, selten nachsteht.

Als Gesamtergebnisse der seit April 1890 währenden Versuche können folgende Sätze hingestellt werden:

1. Die Stärke des farbigen Lichtes in der Atmosphäre unterliegt erheblichen Schwankungen, die sich namentlich bei der Wirkung auf grüne, blaue, gelbe und orangefarbene Körper äussern.

2. Die Wirkung auf die warmen Farben, namentlich Gelb und Orange, ist am schwächsten bei einem blauen Himmel und im Hochlande schwächer als in der Tiefebene.

3. Dunstgehalt der Atmosphäre erhöht die Wirkung(?).

Die pag. 93 hervorgehobenen auffallenden Differenzen zwischen

Erste Versuchsreihe.

| Nummer | Ort
und Jahr | Datum | Stunde | Wetter | Exposition | Vergleich
Ultramarin =
Chromgelb | Vergleich
Mennige =
Dunkelgrün | Vergleich
Mennige =
preuss. Blau |
|--------|-----------------|---------|--|--|------------|--|--------------------------------------|--|
| 1 | Berlin
1890 | 20./9. | 2 ³ / ₄ p.
m. | ganz blauer
Himmel | 5'' | Ultr. > Chr. | Men. > Dgr. | Men. = pr. Bl. |
| 2 | " | 23./9. | " | " | 5'' | Ultr. = Chr. | | Men. > pr. Bl. |
| 3 | " | 24./9. | 1 ³ / ₄ p. | ganz grauer
Himmel | 5' | " | Men. = Dgr. | " |
| 4 | " | 25./9. | 2 ¹ / ₄ | blauer Himmel,
grosse weisse
Schichtwolken | 10'' | " | Men. > Dgr. | Men. > pr. Bl. |
| 5 | " | 26./9. | " | grauer, geteilter
Himmel vor
Regen | 10'' | Chr. > Ultr. | " | > pr. Bl. |
| 6 | " | 27./9. | 450' | grauer Himmel | 20'' | Ultr. > Chr. | Dgr. > Men. | Men. = pr. Bl. |
| 7 | " | 29./9. | 10 a.
m. | bewölkt, später
weisse Haufen-
wolken | 5'' | Chr. > Ultr. | Men. = Dgr. | Men. > pr. Bl. |
| 8 | " | 2./10. | h 3 p. | stark graue über
weisse Wolken | | Chr. = Ultr. | Men. > Dgr. | > pr. Bl. |
| 9 | " | 7./10. | 3 p. | grauer Himmel,
regnerisch | | Chr. < Ultr. | " | " |
| 10 | " | 9./10. | " | rein blauer
Himmel, starker
Dunst | 8'' | Chr. = Ultr. | Men. < Dgr. | Men. > pr. Bl. |
| 11 | " | 15./10. | " | blauer Himmel
mit Schäfchen | 8'' | Chr. > Ultr. | Men. = Dgr. | " |
| 12 | " | 17./10. | " | graue und weisse
Wolken | 10'' | Ultr. > Chr. | Dgr. > Men. | " |
| 13 | " | 18./10. | 2 ³ / ₄ | blauer Himmel,
jagende weisse
Wolken nach
Regen | 7'' | Chr. > Ultr. | Men. > Dgr. | Dgr. > pr. Bl. |
| 14 | " | 19./10. | 11 a.
m. | grauer Himmel | 7'' | " | Men. < Dgr. | Men. = pr. Bl. |
| 15 | " | 20./10. | 3 p. | " | 7'' | " | " | " |
| 16 | " | 22./10. | 3 | grauer Himmel,
z. Teil regnerisch | 10'' | " | " | " |
| 17 | " | 23./10. | 3 | grauer Himmel | | Chr. = Ultr. | Men. = Dgr. | Men. > pr. Bl. |
| 18 | " | 24./10. | 3 ¹ / ₄ | grauer Himmel,
regnerisch | 10'' | Chr. < Ultr. | Men. < Dgr. | " |
| 19 | " | 25./10. | 3 | grauer Himmel | 10'' | Chr. > Ultr. | Men. = Dgr. | " |

Frühling- und Herbstlicht finden ihre Erklärung in der Quantität des Bläschendampfes in der Luft. An manchen sogenannten schönen Tagen herrscht dicker Dunst, der die Ferne stark verschleiert, d. h. eine Fülle von Bläschendampf schwebt in der Luft, an Tagen kurz vor Regenwetter zieht sich derselbe zu Wolken zusammen, die Durchsichtigkeit der Luft wird dann eine ganz auffallende. Der Dunst verschwindet und bald tritt Regen ein. Nun ist der Dunstzustand (Luftperspective) im Frühjahr viel stärker als im Herbst und da nun derselbe die Durchsichtigkeit der Luft für Violett, welches vorzugsweise auf Chlorsilber wirkt, ganz auffallend schwächt, so ist es kein Wunder, wenn bei gleicher Sonnenhöhe und scheinbar gleich gutem Wetter das Himmelslicht eine bedeutend schlechtere Wirkung auf Chlorsilberpapier im Frühjahr zeigt, als im Herbst; sind es doch namentlich die sichtbaren Enden des Spectrums, namentlich des violetten Endes, welche bei den Schwankungen in der chemischen Wirkung des Sonnenspectrums am stärksten leiden (s. pag. 93). Als photometrisches Mittel für gewöhnliche Trockenplatten-Photographie wäre hier Chrompapier*) weit vorzuziehen, welches mehr für hellblau des Spectrums empfindlich ist und welches noch intensivere Färbungen ergiebt, wenn man statt Rohpapier gelatinirtes Papier verwendet. Freilich lässt uns dieses wieder für die Beurtheilung der grünen, gelben und rothen Strahlen im Stich. Alle aus den Chlorsilberpapierphotometer-Beobachtungen gezogenen Schlüsse auf das vom Licht beförderte Wachsthum der Pflanzen sind geradezu falsch, da hier nicht das violette, sondern das rothe Licht als hauptsächlich wirksam in Betracht kommt. —

Um über die Schwankungen der Farbenhelligkeit der Atmosphäre einen Anhaltspunkt zu gewinnen, unternahm Verfasser weitere Aufnahmen der im I. Band des Lehrbuchs enthaltenen Farbentafel (Tafel VIII) unter möglichst gleichen Umständen — Objectiv, Blendung, Expositionsdauer, Entwickler, Platten (derselbe Satz Eosinsilber)**) — und beobachtete die Intensität der einzelnen Felder. Die Unterschiede zeigten sich namentlich bei Ultramarin, Mennige, Chromgelb und preussisch Blau, weshalb diese vorerst in Betracht gezogen wurden; in der Tabelle p. 261 sind die Resultate zusammengestellt.

Diese Tabelle gewährt Stoff zu interessanten Vergleichen. Nehmen wir die Beispiele 1, 2, 4, 10, 11, 13 heraus, so bieten diese Gelegenheit, die Farbenwirkung des rein blauen Himmels und des

*) Papier, wie zu Vogel's Photometer verwendet wird. Dasselbe wird präparirt durch 1 Minute langes Eintauchen in 5procentige Lösung von doppelt chromsaurem Kali.

**) Es wurde dabei festgestellt, dass eine kleine Differenz in der Expositionszeit das Verhältniss der Intensitäten der einzelnen Farben nicht ändert.

theilweise mit hellen Wolken unterbrochenen blauen Himmels resp. die Wirkung des Dunstes (zahlreiche Dunstbläschen bei heiterem Himmel) zu erkennen. 1 und 2 lassen erkennen, dass selbst bei rein blauem Himmel die Wirkung nicht immer dieselbe ist, was nach dem andern Beispiele (10) auf das Vorhandensein zahlreicherer Dunstbläschen im Fall 2 hindeutet.*)

Bei rein blauem Himmel (1) überragt die Wirkung des Ultramarins die des Chromgelbs, die Wirkung der Mennige erreicht nur die Wirkung des dunkeln preuss. Blaus. Bei Gegenwart von weissen Schichtwolken (4) kam Chromgelb dem Ultramarin gleich, Mennige überragte preuss. Blau. Starker Dunst bei blauem Himmel (10) hatte dieselbe Wirkung, nur die Wirkung des Grün zeigte sich geschwächt. Bei Gegenwart von Schäfchenwolken besserte sich dieses wieder. Bei Gegenwart jagender weisser Wolken zeigte sich die Mennige dem Dunkelgrün wieder überlegen. Aber auch bei bedecktem Himmel zeigen sich auffallende Differenzen.

Die Beispiele 3, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 14—19 lehren, dass bei solchen in der Mehrzahl der Fälle Chromgelb Ultramarin überwiegt; in einzelnen Fällen (3, 8, 17) beide gleich stark wirken, und nur in wenigen Fällen, bei regnerischem Wetter (9, 18), das Ultramarin stärker wirkt als das Chromgelb.

In den meisten Fällen (Ausnahme 6, 13, 14, 15, 16), wirkte aber Mennige stärker als preuss. Blau; in zwei Fällen, 6 und 14—16, war die Wirkung beider gleich. Das Dunkelgrün zeigt stärkere Varianten, es steht der Mennige in 5 Fällen, 4, 5, 6, 9, 13, nach; kommt ihnen in 4 Fällen, 3, 7, 11, 19, gleich, und übertrifft es in 3 Fällen, 10, 12 und 18.

Die Versuche wurden Mitte Januar 1891 wieder aufgenommen und zwar mit einem neuen Posten Eosinsilberplatten Perutz (s. Tabelle p. 263).

Aus den Beispielen erhellt, dass der Januar 1891 für Farbaufnahmen ein keineswegs günstiger Monat war. Fast in allen Fällen überwiegt die Wirkung des Ultramarins, die des Chromgelbs, dem des Dunkelgrüns die der Mennige.

Bezeichnend sind die Proben 6 und 6a, die an demselben Tage aufgenommen wurden. Hier zeigte sich um Mittag (6) eine bessere

*) Beobachtet man von hochgelegenen Standpunkten die Atmosphäre, z. B. von Rigi-Kulm, so erkennt man oftmals das Tiefland von Luzern ganz rein und klar, dagegen das Hochgebirge verschleiert; umgekehrt ist es meist der Fall, dass wenn das Hochgebirge ganz klar ist, das Tiefland verschleiert ist. So lagern sich die Dunstbläschen bald in der Höhe, bald in der Tiefe, bald in der Mittelhöhe ab, ähnlich wie der Nebel, den wir in grosser Höhe als Wolken erkennen und der nur dicht zusammengedrückte Dunstbläschen darstellt.

Dritte Versuchsreihe.

| Nummer | Ort | Datum | Stunde | Wetter | Expositionszeit | Rosa | Hellgrün | Chromg. | Ockergelb | Ultramarin | Mennige | D.-Grün | Pr. Blau | D.-Roth |
|--------|--------|--------|--------------------------------|--|-----------------|------|------------|------------|------------|------------|-------------------|-------------------|----------|---------|
| 1 | Berlin | 30./1. | 2 p. | Schön Wetter, Sonnenschleierung, etwas Cirrus. | 10 | | | | | | | | | |
| 1 a | " | 9./2. | 4 p. | Sonne bewölker | 55 | | | Ultramarin | Chromg. | Ocker | Ultramarin | Pr Blau = Mennige | Pr. Blau | " |
| 2 | " | " | 2,7 p. | heiterer Himmel | 10" | | | Chromg. = | Ocker | Ultramarin | Mennige | D.-Grün | Pr. Blau | " |
| 2 a | " | " | 3,5 | " | 10" | | | Ultram. = | Chromg. | Ocker | " | " | " | " |
| 2 b | " | " | 4,5 | " | 15 | | | " | " | " | " | " | " | " |
| 2 c | " | " | 4,30 | " | " | | | " | " | " | " | " | " | " |
| 3 | " | 10./2. | 1 p. | heiterer Himmel, Richtung ¹⁾ S | 10 | | | Chromg. | Ockerg. | Ultramarin | " | " | " | " |
| 3 a | " | " | 1,5 p. | " | 10 | | Ultramarin | Hellgrün | Chromg. | Ocker | " | " | " | " |
| 3 b | " | " | 2,5 | " | 10 | | Hellgr. | Chrom. | Ocker | Ultramarin | " | " | " | " |
| 3 c | " | " | 4,4 | " | 15 | | " | Ultram. | Chromg. | Ocker | " | " | " | " |
| 3 d | " | " | 4,50 | " | 25 | | " | " | Ockergelb | Ultramarin | " | " | " | " |
| 4 | " | 11./2. | 2 | stark verschleierte Sonne | 4 ²⁾ | | | Chromg. | " | " | " | " | " | " |
| 4 a | " | " | " | — Sonne + Himmel | 10 | | | Hellgrün | " | " | " | " | " | " |
| 5 | " | 18./2. | 2 ¹⁾ / ₂ | — Himmel | 4 | | | " | " | " | " | " | " | " |
| 5 a | " | " | " | Himmel rein blauweiss. Sonne | 10 | | | Chromg. | Ultramarin | Ockergelb | D.-Grün = Mennige | " | " | " |
| 5 b | " | " | 4,20 | sehr klar, Sonne + Himmel | 10 | | | Hellgrün | Ockergelb | Mennige | Ultramarin | D.-Grün | " | " |
| 5 c | " | " | " | Himmel allein | " | | | " | Ultramarin | Ocker | Mennige | " | " | " |
| 5 d | " | " | " | Sonne + Himmel | " | | | " | Ocker | Mennige | Ultramarin | " | " | " |
| 5 e | " | " | " | Himmel allein | " | | | " | Chromg. | Ocker | D.-Grün | Mennige | " | " |
| 6 | " | 27./2. | " | Himmel + Sonne | 5" | | | Ultramarin | Ockergelb | Ultramarin | " | " | " | " |
| 6 a | " | " | 8 a | Himmel + Sonne | 5" | | | Chromg. | " | " | " | " | " | " |
| 6 b | " | " | 10,7 a | vollkommen klarer Himmel | " | | | " | " | " | " | " | " | " |
| 6 c | " | " | 0,7 p. | " | " | | | Ultramarin | Chromg. | Ocker | " | " | " | " |
| 6 d | " | " | 2,7 p. | " | " | | | " | " | " | " | " | " | " |
| 6 e | " | " | 4,12 p. | " | " | | | " | " | " | " | " | " | " |
| 7 | " | 28./2. | 8 a m. | " | 10" | | | Hellgrün | Ocker | Ultram. | " | " | Mennige | " |
| 7 a | " | " | 10 a m. | " | 10" | | | Chromg. | Ultram. | Ocker | " | " | Pr. Blau | " |
| 7 b | " | " | 0 | " | 5" | | | " | Ultram. | Ocker | " | " | " | " |
| 7 c | " | " | 2 p. m. | " | 5" | | | Ultramarin | Chromg. | Ocker | " | " | " | " |
| 7 d | " | " | 4 p. | " | 5" | | | Chromg. | Chrom | Ocker | " | " | " | " |
| 7 e | " | " | 5 p. | " | 6" | | | Ultramarin | " | " | " | " | " | " |
| 7 f | " | " | " | " | 12 | | | " | " | " | " | Mennige | " | " |

Anmerkung 1) und 2) s. p. 266.

Wirkung des Gelbs als Nachmittags um 4 Uhr (6a), der allgemeinen Annahme entgegen.

Mit Ende Januar besserte sich das Wetter und auch die Farbewirkung (s. Tabelle p. 265). Es schien nach den erhaltenen Resultaten von Wichtigkeit, die Farbewirkung an verschiedenen Tagesstunden und neben der des Himmelslichts (Südhimmel, wenn nichts anderes angegeben ist), auch die des Sonnenlichts im Verein mit Südhimmel zu untersuchen.*) Näheres zeigt die Tabelle p. 265.

Aus diesen an demselben Tage gemachten Beobachtungen geht hervor, dass ausnahmslos die Blauwirkung des diffusen Himmelslichtes nach Sonnenuntergang hin zunimmt.

Es ist deshalb die vielfach verfochtene Meinung, dass die Wirkung der warmen Farben nach Sonnenuntergang hin günstiger sei als um Mittag, ein Irrthum; sie ist nur gültig für directe Sonnenbeleuchtung.

Dennoch ist die Zunahme des Blau mit der Zenithdistanz keine stetige (vergl. 2 und 2a, 6c und 6d, 7b und 7c) und ist keineswegs Gleichheit der Wirkung in gleichem Abstände von Mittag vorhanden. Diese Resultate bestätigen vollständig die von Crova (p. 254) auf spectrometrischem Wege erhaltenen. Auffallend ist, dass in den Vormittagsstunden, z. B. 8 Uhr a. m., fast stets eine bessere Gelbwirkung vorhanden ist, als in den Nachmittagsstunden h. 4 p. m. Gleichzeitig angestellte spectrographische Versuche haben dieses noch viel deutlicher gezeigt.

Es ist deshalb auch ein Irrthum unsrer Photometrie, aus der Bestimmung zweier Antheile des Tageslichts (roth und grün) und Anwendung einer gewissen Formel die Gesamthelligkeit des Tageslichtes ableiten zu wollen (s. p. 21).

*) Die Farbentafel war dabei um die Mittagsstunden (bis 2 Uhr) nach Süden gerichtet. In den Stunden 4 bis 5 Uhr hatte sie eine mehr westliche Richtung, um die Sonnenstrahlen, welche sich um diese Zeit stets merklich geschwächt erwiesen, mehr senkrecht auffallen zu lassen.

¹⁾ (von p. 265) Die Exposition erwies sich als relativ zu kurz und kam im Entwickler langsamer als 4a. Hier wurde die Farbentafel so aufgestellt, dass sie einmal vom Südhimmel (Sonne ausgeschlossen) und einmal vom Nordhimmel beleuchtet war. Es ergaben sich hierbei merkliche Unterschiede, indem der Südhimmel mehr gelbes Licht gab, also Chromgelb kräftiger zeichnete, der Nordhimmel dagegen mehr blaues Licht.

²⁾ (von p. 265) Beide Platten waren nur in der Intensität verschieden.

Anhang.

Gemeinverständliche Darstellung der Grundzüge der photographischen Optik.

I. Capitel. Abbildungsmethoden. Linsenbrechung.

Die Lehre von der Construction photographischer Linsen ist eines der schwierigsten Aufgaben der Optik überhaupt. Im weitesten Umfange ist dieselbe nur mit höherer Mathematik durchzuführen. Unser Freund Schroeder hat dasselbe in seinem Lehrbuch der photographischen Optik, Supplement zum II. Theil dieses Buches, mit Erfolg versucht.

Man verlangt aber von uns noch etwas Anderes. Wir sollen von diesem Gebiet eine allgemein verständliche Darstellung geben. Dr. Mietho hat dieses versucht ohne alle Mathematik. Dieses geht aber nur, wenn man gewisse Grundbegriffe der neueren Optik ausser Acht lässt.

Wir kommen den Wünschen unserer Leser entgegen und suchen die Aufgabe durchzuführen mit Hülfe einiger Formeln in elementarer Mathematik, die wir für die Geschulteren in kleiner Schrift begeben. Der Ungeschulte mag darüber hinweg lesen. Wir suchen auch in gleicher Weise die wichtigen Definitionen der Haupt- oder Cardinalpunkte, der Knotenpunkte etc., ohne welche es jetzt nicht mehr geht, dem Verständniss des Publikums zugänglicher zu machen.

Alle die Fehler, welche vorzugsweise bei photographischen Linsen auftreten: Verzeichnung, Bildwölbung, Astigmatismus etc., finden am leichtverständlichen Beispiele ihre Erklärung, ebenso die Möglichkeit ihrer Abhülfe.

Abbildungsmethoden. Eine gegebene Quantität chemisch wirksamen Lichtes ist für sich allein nicht im Stande, auf einer sensiblen Fläche ein Bild zu erzeugen; sie würde höchstens ein Stück photographischen Papiers nur mehr oder weniger intensiv schwärzen. Eine

solche schwarze Fläche ist aber kein Bild. Zur Erzeugung eines Bildes müssen wir gewisse Stellen der empfindlichen Schicht vor der Wirkung des Lichtes schützen, andere wieder demselben mehr oder weniger aussetzen. So erzeugen wir Abwechselungen von Licht und Schatten, und diese machen erst, sobald ihre Contouren den Umrissen von Gegenständen in der Natur entsprechen, ein Bild aus. (S. Theil IV dieses Buchs p. 26 ff.)

Wir erreichen diesen Zweck auf zweierlei Weise:

1. Indem wir diejenigen Gegenstände, von welchen wir Bilder zu erzeugen wünschen, unmittelbar mit der lichtempfindlichen Schicht zusammenpressen und so, das Original nach oben, dem Lichte aussetzen.

Das ist die directe Copirmethode; so kann man Pflanzenblätter, Zeichnungen u. s. w. reproduciren (Lichtpausverfahren) und erhält je nach den Umständen hierbei ein Bild, das in seinen Licht- und Schattenverhältnissen dem Original entspricht — ein Positiv, z. B. bei Willis' Anilindruck etc. (s. Bd. I p. 98), oder man erhält das Umgekehrte davon — ein Negativ (s. Cyanotypie Bd. I p. 81, Talbot's Process Bd. I p. 5). Ein solches Negativ kann wieder zum Copiren positiver Bilder mit Hülfe des Lichts benutzt werden. Dieser Copirprocess ist das sogenannte Lichtpausverfahren, welches von Industriellen bereits in sehr umfangreichem Maasse angewendet wird. In diesen Processen haben wir es also mit ebenen Originalen zu thun, die mit der empfindlichen Fläche zusammengepresst dem Lichte exponirt werden. Dieses Verfahren ist zur Entwerfung von Bildern körperlicher Gegenstände offenbar nicht geeignet; um diese zu photographiren, benutzt man eine andere Methode:

2. Man entwirft von körperlichen Gegenständen ein ebenes Bild mit Hülfe eines optischen Apparates, und lässt dieses auf die empfindliche Fläche wirken.

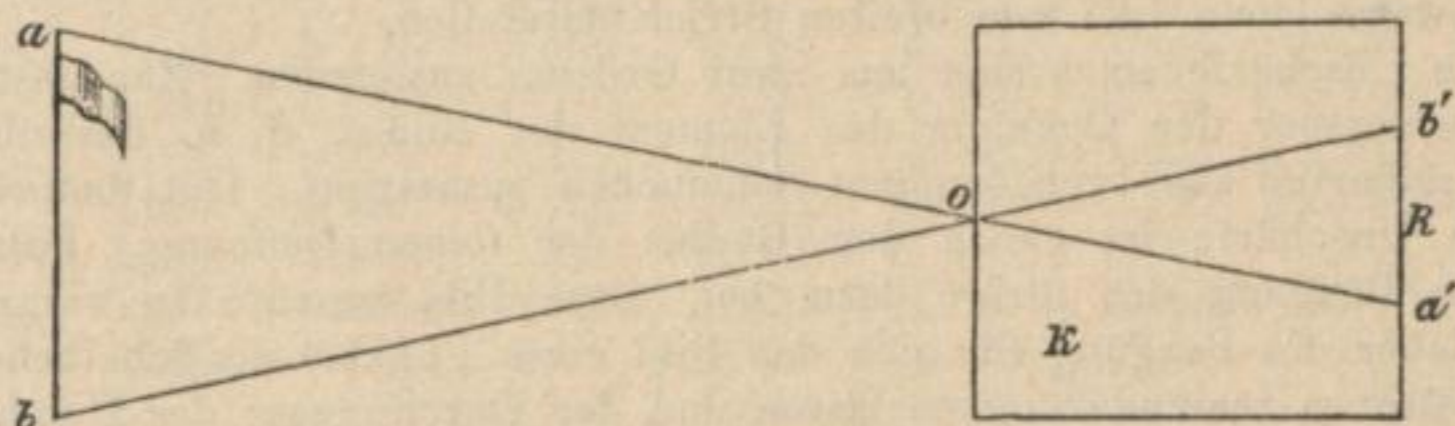
Der optische Apparat, den wir hier anwenden, ist die Camera obscura, jenes interessante, von Porta im 16. Jahrhundert zuerst beschriebene Instrument, welches 3 Jahrhunderte lang nur für eine niedliche Spielerei galt, bis es durch Einführung in die Photographie zu immenser Wichtigkeit gelangte. Wäre dieses Instrument nicht vorhanden, so würde die Photographie nur zur Copirung planer Körper verwendet werden können, während sie mit Hülfe der Camera alles bildlich zu fixiren im Stande ist, was sichtbar ist. Nicéphore Niépce hat dieses Instrument zuerst angewendet (s. Einleitung Band I).

Die Camera besteht in ihrer einfachsten Form aus einer wirklichen Kammer oder einem grossen Kasten, in dessen Vorderwand ein feines Loch gebohrt ist. Auf der dem Loche gegenüberliegenden

Wand sieht man, wenn der Kasten einem hell erleuchteten Gegenstande gegenübersteht, ein treues, verkleinertes und verkehrtes Bild des Gegenstandes, dessen Entstehung sehr einfach zu erklären ist.

Es sei ab ein heller Gegenstand (Fig. 69), K die Kammer mit der Oeffnung o . Offenbar können von dem Punkte a der Fahne durch das Loch nur Lichtstrahlen nach dem Punkte a' der Kammerwand gelangen, ebenso wie von dem Fusspunkte b nur Strahlen nach b' kommen können. So bildet sich jeder Punkt des Gegenstandes A auf der Rückwand R ab, und diese zeigt somit ein verkehrtes Bild, das um so grösser ist, je weiter die Rückwand R von dem Loche o entfernt ist, in demselben Maasse aber auch lichtschwächer wird. Stehen die Gegen-

Fig. 69.



stände vor o senkrecht und die Wand R senkrecht, so ist das Bild vollkommen correct, und das ist ein grosser Vortheil dieser Lochbilder vor vielen Linsenbildern, die oft sehr stark „verzeichnet“ sind. Ferner hat dieser Apparat die Eigenthümlichkeit, von nahen und fernen Gegenständen gleich scharfe Bilder und ein Gesichtsfeld von über 100° zu liefern, was keine Linse im Stande ist. Das Bild hat aber den Nachtheil, dass es sehr lichtschwach und unscharf ist, da jeder Punkt des Gegenstandes ein Strahlenbündel von dem Durchmesser der Oeffnung nach der Wand R sendet und demnach darauf einen Kreis von demselben Durchmesser zeichnet.

Lochcamera. Mit Hülfe solcher einfachen Vorrichtung, wie oben angegeben, z. B. einer photographischen Camera, an der man statt eines Objectivs ein Stück Blech mit einem feinen Loche (Nähnadel-loche) anbringt, lassen sich leicht Bilder sonniger Landschaften aufnehmen. Verfasser machte mit 6 Zoll Abstand der Rückwand vom Loche ein solches in 5 Minuten auf nassen Collodiumplatten. Auf Gelatineplatten dauert die Exposition nur $\frac{1}{20}$ der Zeit, also 15 Secunden. Kein Wunder, dass Colson in neuerer Zeit diese Lochcameras empfohlen und sogar ein Büchlein darüber geschrieben hat. Thatsächlich haben die Lochcameras ein grosses Gesichtsfeld und liefern eine absolut richtige Centralperspection. Leider aber sind die einzelnen Bildpunkte nicht scharf.

Miethe sagt über „Abbildung durch feine Oeffnungen“:

Allen Praktikern ist bekannt, dass es für die Schärfe nur bis zu einem gewissen Grade von Vortheil ist, ein Objectiv abzublenden. Geht man unter einen gewissen kleinsten Blendendurchmesser (ca. $\frac{1}{40}$ — $\frac{1}{50}$ der Brennweite) hinab, so erhält man, neben einer gewissen Flauheit des Bildes, unscharfe, „sammetartige“ Conturen. Diese Unschärfe rührt bekanntlich von der Beugung des Lichtes an dem Rande der engen Blende her. Wendet man nun statt des scharf abgeblendeten Objectives eine feine Oeffnung an, so wird man leicht einsehen, dass man zu einem Punkt gelangen muss, an welchem die durch Abnahme des Oeffnungsdurchmessers gewonnene Schärfe durch die Wirkung der Beugung aufgehoben wird. Es giebt demgemäss für jede Entfernung des Schirmes eine zugehörige Oeffnungsgrösse, für welche das Bild am schärfsten wird.

Unschärfe nennt man den Halbmesser desjenigen Kreises, welcher auf dem Schirm das Bild eines leuchtenden Punktes repräsentirt. Das Bild einer geraden Linie von 0,82 mm Unschärfe würde demnach beispielsweise einen 1,64 mm breiten Strich darstellen.

Die Unschärfe setzt sich aus zwei Grössen zusammen. Zunächst bildet der Durchmesser der Oeffnung das Element des Bildes, d. h. dasselbe setzt sich mosaikartig aus kreisförmigen Scheibchen zusammen. Die dadurch entstehende Unschärfe ist gleich dem Radius der feinen Oeffnung. Dann aber trägt die Beugung das ihrige dazu bei, diese Bildelemente zu vergrössern; würde daher die Beugung für sich das Bild eines Punktes als Scheibchen vom Durchmesser p zustandekommen lassen und der Durchmesser des Diaphragmas gleich q sein, so würde die gesammte Unschärfe

$$\mu = \frac{p + q}{2}$$

sein.

Der Linearwerth der Beugung hängt nur von dem Durchmesser der Oeffnung und der Entfernung des Schirmes ab. Folgende Tabelle Miethe's giebt die Halbmesser der Beugungsscheibchen in Function der Oeffnung und der Entfernung des Schirmes an. Die Köpfe der Columnen enthalten die Entfernungen des Diaphragmas vom Schirm (die Auszugslängen) in Millimetern, in der ersten Verticalreihe findet man unter φ die Grösse des Oeffnungsdurchmessers in Millimetern. (Siehe u.)

| φ | 10 | 20 | 30 | 50 | 100 | 200 | 300 | 400 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0,6 | 0,011 | 0,022 | 0,034 | 0,056 | 0,112 | 0,224 | 0,336 | 0,448 |
| 0,5 | 0,013 | 0,027 | 0,040 | 0,067 | 0,134 | 0,269 | 0,402 | 0,536 |
| 0,4 | 0,017 | 0,034 | 0,051 | 0,085 | 0,169 | 0,337 | 0,507 | 0,676 |
| 0,3 | 0,022 | 0,045 | 0,068 | 0,112 | 0,225 | 0,449 | 0,675 | 0,900 |
| 0,2 | 0,034 | 0,067 | 0,101 | 0,167 | 0,337 | 0,674 | 1,011 | 1,348 |
| 0,1 | 0,067 | 0,135 | 0,202 | 0,337 | 0,674 | 1,348 | 2,022 | 2,696 |
| 0,09 | 0,075 | 0,150 | 0,225 | 0,375 | 0,750 | 1,500 | 2,250 | 3,000 |
| 0,07 | 0,096 | 0,192 | 0,288 | 0,480 | 0,960 | 1,920 | 2,880 | 3,840 |
| 0,05 | 0,113 | 0,227 | 0,340 | 0,567 | 1,153 | 2,270 | 3,405 | 4,540 |
| 0,04 | 0,117 | 0,234 | 0,350 | 0,584 | 1,168 | 2,336 | 3,504 | 4,672 |
| 0,03 | 0,122 | 0,245 | 0,368 | 0,612 | 1,225 | 2,450 | 3,675 | 4,900 |
| 0,02 | 0,134 | 0,267 | 0,401 | 0,668 | 1,337 | 2,674 | 4,011 | 5,348 |
| 0,01 | 0,167 | 0,335 | 0,503 | 0,837 | 1,675 | 3,350 | 5,025 | 6,700 |

Sucht man z. B. die Grösse des Beugungshalbmessers für eine Oeffnung von 0,3 mm und eine Auszugslänge von 100 mm, so findet man direct 0,225 mm;

für die Oeffnung 0,25 und die Entfernung 150 erhält man durch lineare Interpolation 0,421 mm etc.

Um nun die Unschärfe des mit einer bestimmten Oeffnung und bestimmter Auszugslänge erzeugten Bildes zu finden, ist nichts nöthig, als jedesmal zu den Zahlen vorstehender Tabelle den Halbmesser der entsprechenden Oeffnung hinzulegen. Man erhält so für die Unschärfe folgende Tabelle, welche trotz ihrer Selbstverständlichkeit hergesetzt werden soll, um an dieselbe einige Betrachtungen zu knüpfen.

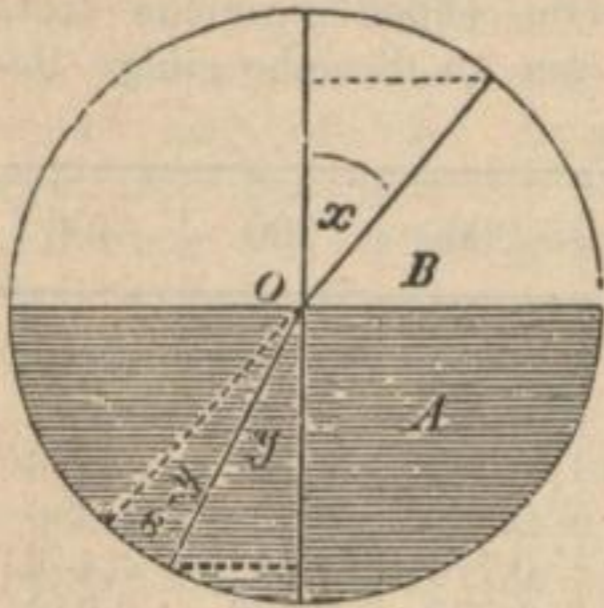
| φ | 10 | 20 | 30 | 50 | 100 | 200 | 300 | 400 |
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 0,6 | 0,311 | 0,322 | 0,334 | 0,356 | 0,412 | 0,524 | 0,636 | 0,748 |
| 0,5 | 0,263 | 0,277 | 0,290 | 0,317 | 0,385 | 0,519 | 0,652 | 0,786 |
| 0,4 | 0,217 | 0,234 | 0,251 | 0,285 | 0,369 | 0,537 | 0,707 | 0,876 |
| 0,3 | 0,172 | 0,195 | 0,218 | 0,262 | 0,375 | 0,599 | 0,825 | 1,050 |
| 0,2 | 0,140 | 0,177 | 0,201 | 0,267 | 0,437 | 0,774 | 1,111 | 1,448 |
| 0,1 | 0,122 | 0,140 | 0,252 | 0,387 | 0,724 | 1,398 | 2,072 | 2,746 |
| 0,09 | 0,120 | 0,195 | 0,270 | 0,420 | 0,795 | 1,545 | 2,295 | 3,045 |
| 0,07 | 0,131 | 0,227 | 0,323 | 0,515 | 0,995 | 1,955 | 2,915 | 3,875 |
| 0,05 | 0,138 | 0,252 | 0,365 | 0,592 | 1,160 | 2,295 | 3,430 | 4,565 |
| 0,04 | 0,138 | 0,254 | 0,370 | 0,604 | 1,188 | 2,356 | 3,524 | 4,692 |
| 0,03 | 0,138 | 0,270 | 0,383 | 0,627 | 1,240 | 2,466 | 3,680 | 4,915 |
| 0,02 | 0,144 | 0,277 | 0,411 | 0,678 | 1,347 | 2,684 | 4,021 | 5,358 |
| 0,01 | 0,172 | 0,340 | 0,508 | 0,842 | 1,680 | 3,355 | 5,030 | 6,706 |

Man bemerkt, dass die bei einer gewissen Auszugslänge entstehende Unschärfe mit der Weite der Oeffnung so variirt, dass sie für eine bestimmte Oeffnungsweite ein Minimum wird. Die Tabelle zeigt also — und das ist sehr wichtig — wie bei gegebener Auszugslänge die vortheilhafteste Oeffnung bez. vice versa zu wählen ist. So sehen wir, dass z. B. einer Auszugslänge von 50 mm ein bester Oeffnungsdurchmesser von 0,2–0,3 mm entspricht; würde man die Oeffnung auf $\frac{1}{10}$ verkleinern, so erhielte man eine fast 3 mal so grosse Unschärfe. Da sich ferner ein Gegenstand nur dann abbilden kann, wenn seine Grösse auf dem Schirm mindestens gleich der doppelten Unschärfe ist, so kann man leicht finden, dass für eine Auszugslänge von 10, 20, 30, 50, 100, 200, 300, 400 mm der kleinste noch sichtbare Gegenstand eine Winkelgrösse von beziehungsweise 41',3, 24', 21',5, 17',75, 13', 7',30, 7',1, 6',5 haben muss; ein ausgewachsener Mensch wird demnach für eine Auszugslänge von 10 mm auf 220 m, für eine solche von 400 mm auf 1250 m Distanz noch sich abbilden, vorausgesetzt, dass man die günstigste Oeffnung wählt.

Brechung. In der Photographie wendet man daher, um mit Hülfe der Camera Bilder zu erzeugen, nicht Löcher, sondern Linsen an; diese haben den Vortheil grösserer Lichtstärke und grösserer Schärfe, indem sie, richtig construirt, im Stande sind, das Bild eines Punktes auch mathematisch genau als Punkt wiederzugeben. Dagegen haben sie ein kleineres Gesichtsfeld als die Lochcamera, und eine geringere Tiefe, d. h. weniger Fähigkeit, Gegenstände, die in verschiedener Entfernung liegen, scharf abzubilden. Die Construction der Linsen beruht auf der Brechung des Lichtes, die wir jetzt näher studiren wollen.

Wir haben bereits erörtert, dass, wenn ein Lichtstrahl aus einem durchsichtigen Medium B (Fig. 70) in ein anderes A übergeht, in der Regel eine Richtungsveränderung stattfindet, die man mit dem Namen Brechung bezeichnet (s. p. 126). Für diese gelten folgende Gesetze:

Fig. 70.



1. Der Sinus des Einfallswinkels und der Sinus des Brechungswinkels stehen in einem constanten Verhältniss.

Ist x der Einfallswinkel, y der Brechungswinkel, Fig. 70, so ist demnach $\frac{\sin x}{\sin y} = \text{const.} = n$. Diesen Bruch n nennt man den Brechungsindex.

2. Einfalls- und Brechungswinkel liegen in einer Ebene.

Die Differenz zwischen Einfalls- und Brechungswinkel ($x-y$) heisst die Ablenkung. Diese Ablenkung ist einerseits abhängig vom Einfallswinkel und wächst in viel stärkerem Verhältniss als dieser.*) Ferner ist die Ablenkung abhängig vom Brechungsindex; je grösser derselbe, desto grösser ist die Ablenkung. Der Brechungsindex ist für verschiedene Substanzen sehr verschieden; er wechselt z. B. bei jeder Glassorte mit der chemischen Zusammensetzung. So ist er

| | |
|-------------------------|--------|
| für Flintglas | 1,664, |
| „ Crownglas | 1,543, |
| „ Wasser | 1,336, |
| „ Diamant | 2,470. |

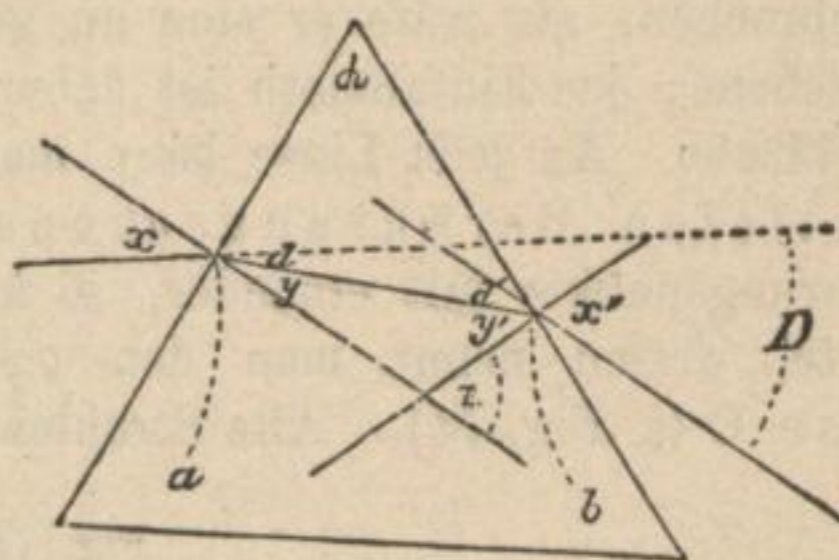
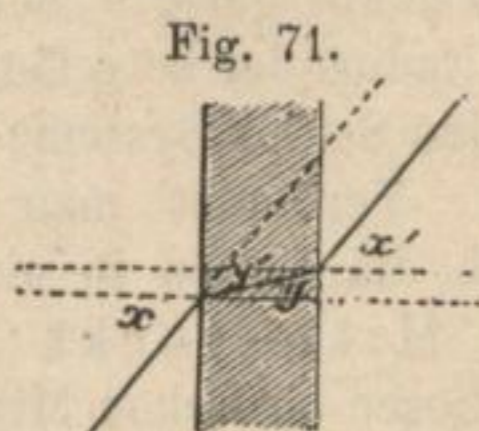
Der Brechungswinkel ist stets kleiner als der Einfallswinkel, wenn der Strahl aus einem schwächer brechenden Medium, z. B. Luft, in ein stärker brechendes, z. B. Glas, übergeht; er ist grösser als der Einfallswinkel, wenn der Strahl die entgegengesetzte Richtung nimmt.

Die durchsichtigen Medien haben nun eine sehr verschiedene Gestalt. Sie sind entweder von ebenen oder krummen Flächen begrenzt. Ein von zwei parallelen ebenen Flächen begrenztes Mittel nennen wir ein Planglas (s. Fig. 71), ein von zwei gegen einander geneigten begrenztes Mittel nennen wir ein Prisma (s. Fig. 72).

*) z. B. für $x = 10^\circ$ beträgt die Ablenkung $2^\circ 35'$ } Differenz: $0^\circ 27'$
 „ $x = 20^\circ$ „ „ „ $3^\circ 2'$ } „ $1^\circ 12'$
 „ $x = 30^\circ$ „ „ „ $4^\circ 14'$ }

Beim Durchgange durch ein Planglas (s. Fig. 71) wird der Strahl nicht von seiner Richtung abgelenkt, sondern erleidet nur eine Parallelverschiebung. Diese ist um so stärker, je dicker das Planglas ist. Beim Durchgange durch ein Prisma aber findet eine Richtungsveränderung statt, wie dies die Figur 72 versinnlicht. Der Strahl wird bei

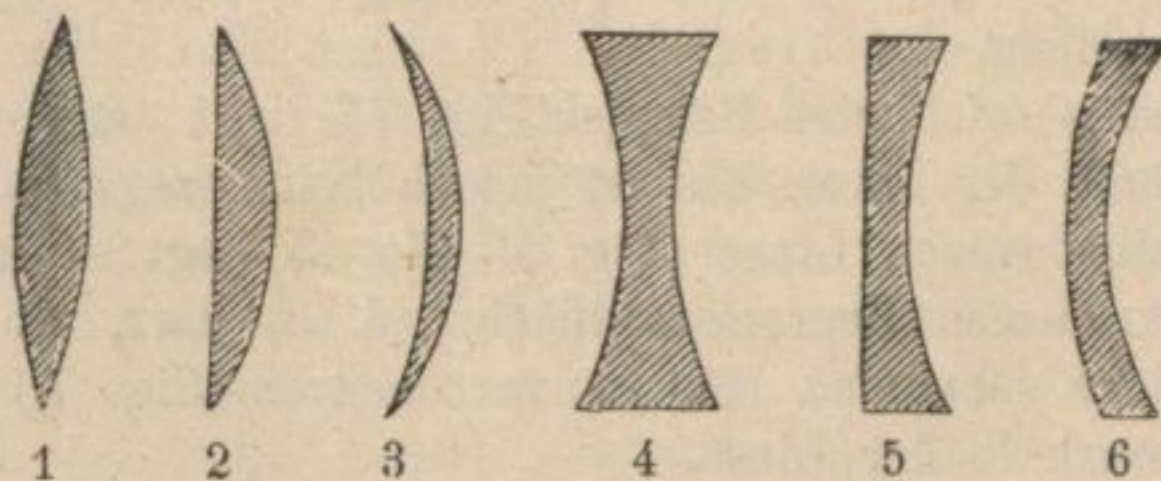
Fig. 72.



der ersten Brechung bei a um den Winkel $x-y$ abgelenkt, bei der zweiten Brechung bei b um den Winkel $x'-y'$; die Totalablenkung ist die Summe beider $= D$. Der Winkel, den die Flächen des Prismas mit einander bilden (α), heisst der brechende Winkel. Die Totalablenkung wächst mit dem Brechungsindex, dem brechenden Winkel des Prisma (α) und mit der Einfallsrichtung. Sie ist für dasselbe Prisma ein Minimum, wenn der ein- und austretende Strahl gleiche Winkel mit der Glasfläche bilden.

Von den einfachen Linsen. Die von krummen Flächen begrenzten Medien nennt man Linsen. Die Begrenzungsflächen der gewöhnlichen Linsen sind Kugelsegmente; man nennt sie deshalb sphärische Linsen. Die Form der in der Praxis gebräuchlichen Linsen erhellt aus beistehenden Figuren. Die Nummern 1, 2, 3 sind in der Mitte

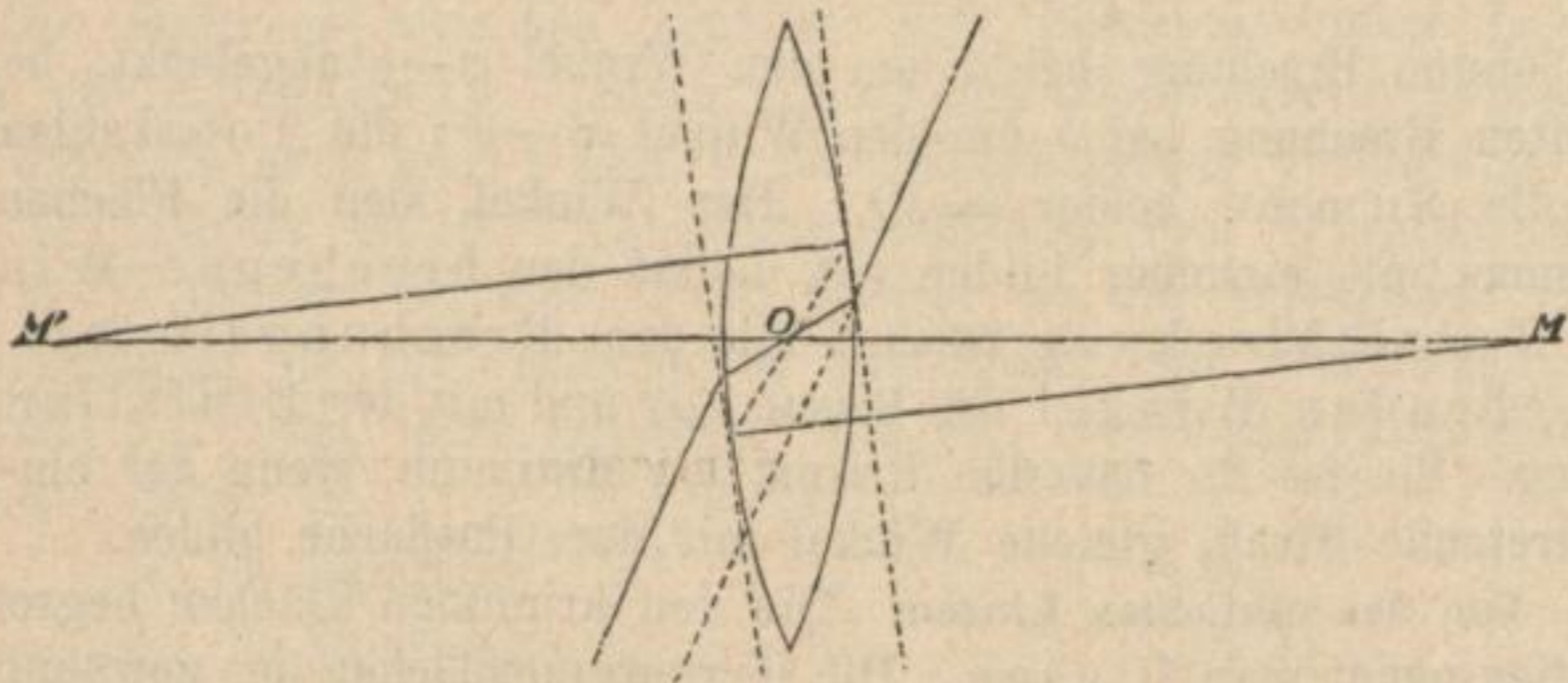
Fig. 73.



dicker als am Rande, man nennt sie Convexlinsen oder Sammellinsen. Die Nummern 4, 5, 6 sind in der Mitte dünner als am

Rande, sie heissen Concavlin sen oder Zerstreuungslinsen. Man unterscheidet biconvexe (No. 1), planconvexe (No. 2) und concavconvexe (No. 3), ebenso biconcave (No. 4), planconcave (No. 5) und convexconcave (No. 6) Linsen. Die Verbindungslinie der Mittelpunkte der Kugelflächen, welche die Linse begrenzen, nennt man die *Axe*. Irgend eine durch die *Axe* gelegte Ebene nennt man *Hauptschnitt*. Trifft ein Lichtstrahl eine Linse an irgend einem Punkte, so wird er genau so gebrochen, als träfe er eine an gedachtem Punkte gelegte Berührungsebene; das Einfallslot ist daher stets der Radius der betreffenden Kugelfläche. An jede Linse kann man auf beiden Seiten Systeme von parallelen Berührungsebenen legen. Verbindet man die Berührungspunkte mit einander, so kreuzen sich die Linien in einem Punkte, diesen nennt man den optischen Mittelpunkt der Linse *O* (s. Fig. 74). Alle Strahlen, welche diesen optischen Mittel-

Fig. 74.



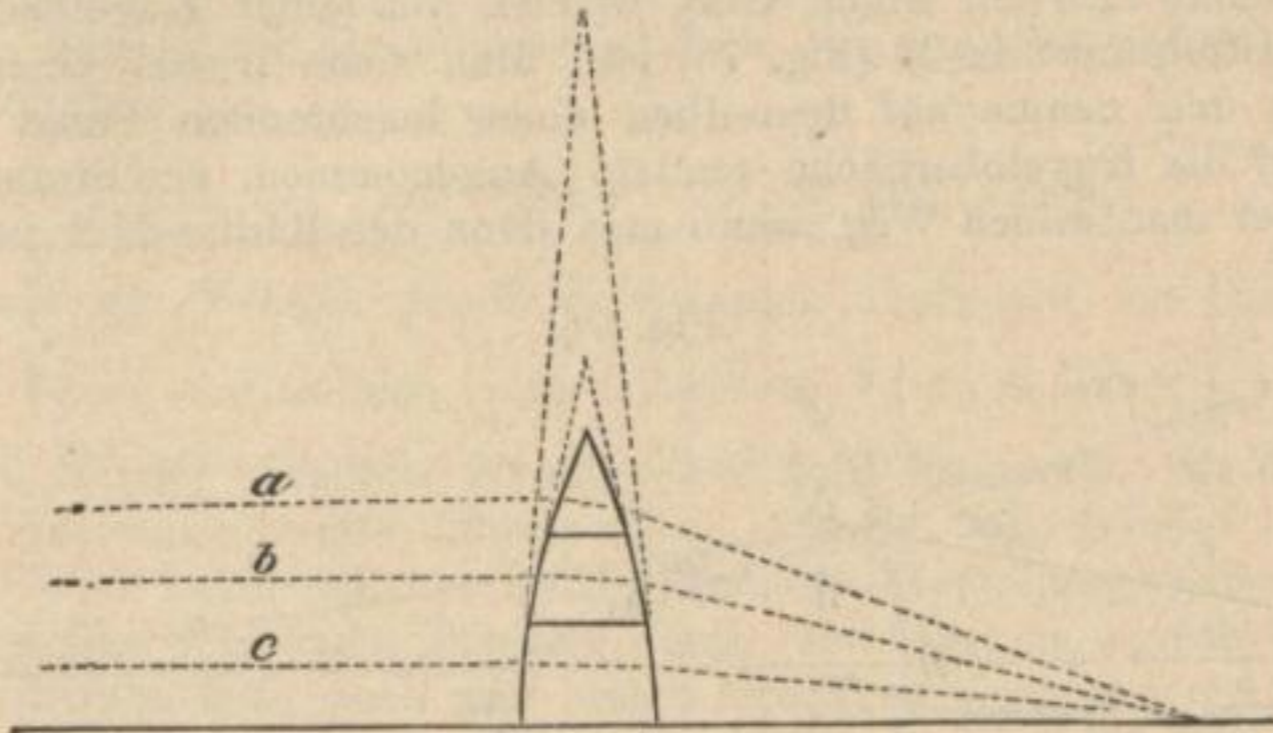
punkt kreuzen, gehen ohne Richtungsveränderung durch die Linse, sie erleiden nur eine Parallelverrückung, wie sie Fig. 71 zeigt. Die Linse verhält sich demnach an diesem Punkte wie ein Planglas. Der optische Mittelpunkt liegt bei jeder guten Linse in der *Axe* derselben.

Bei dem gezeichneten Beispiel Fig. 74 liegt der optische Mittelpunkt innerhalb der Linse, das ist jedoch keineswegs immer der Fall. Bei einer planconvexen Linse (Fig. 73 No. 2) liegt er im Scheitelpunkt der krummen Begrenzungsfläche, d. h. dort, wo die *Axe* die krumme Fläche schneidet. Bei convexconcaven (Fig. 73 No. 3) liegt er sogar ausserhalb der Linse.

Aus dem optischen Mittelpunkt, den man früher als Centrum der von Linsen entworfenen Centralperspectiven annahm, leiten sich die Gauss'schen Hauptpunkte ab (s. u.).

Um sich einen Begriff von der Wirkung der Linsen zu machen, kann man sich dieselben aus lauter einzelnen auf einander gesetzten Prismen bestehend denken, wie beifolgende Figur 75 zeigt. Treffen

Fig. 75.



drei Strahlen parallele a , b , c solche Linse, so tritt b in ein Prisma von stärker brechenden Winkel als c , a wieder in ein Prisma von noch stärker brechenden Winkel als b . Demnach wird (nach dem p. 273 erwähnten Grundsatz) b stärker abgelenkt werden als c , a wieder stärker als b , und die Folge davon ist, dass die Strahlen nach der Brechung convergiren. In ähnlicher Weise lässt sich nachweisen, dass parallele Strahlen nach der Brechung in concaven Linsen divergiren müssen.

Linsenbrechungsgesetze. Die Sammellinsen haben innerhalb gewisser Grenzen die Eigenschaft, diejenigen Strahlen, welche von einem Punkte ausgehen, auch wieder in einem Punkte zu vereinigen, falls diese Punkte auf der Axe oder in der Nähe der Axe liegen, und der Winkel, welchen die Strahlen, die von dem Punkte ausgehen, mit der Axe bilden, nicht zu gross ist. Lässt man unter diesen Vorbedingungen ein Bündel mit der Axe paralleler Strahlen auf eine Sammellinse fallen, so vereinigen sich alle diese hinter der Linse in einem Punkte, dem Brennpunkte, dessen Abstand vom optischen Mittelpunkte der Linse man die Brennweite nennt. Die von einem in der Nähe der Axe oder auf der Axe liegenden Punkte ausgehenden Strahlen werden ebenso auf der anderen Seite der Linse wieder in einem Punkte vereinigt, dessen Abstand von der Linse man leicht berechnen kann. Ist nämlich die Brennweite = p , die Entfernung des leuchtenden Punktes an der Linse = a , die Entfernung seines Bildes = α , so ist

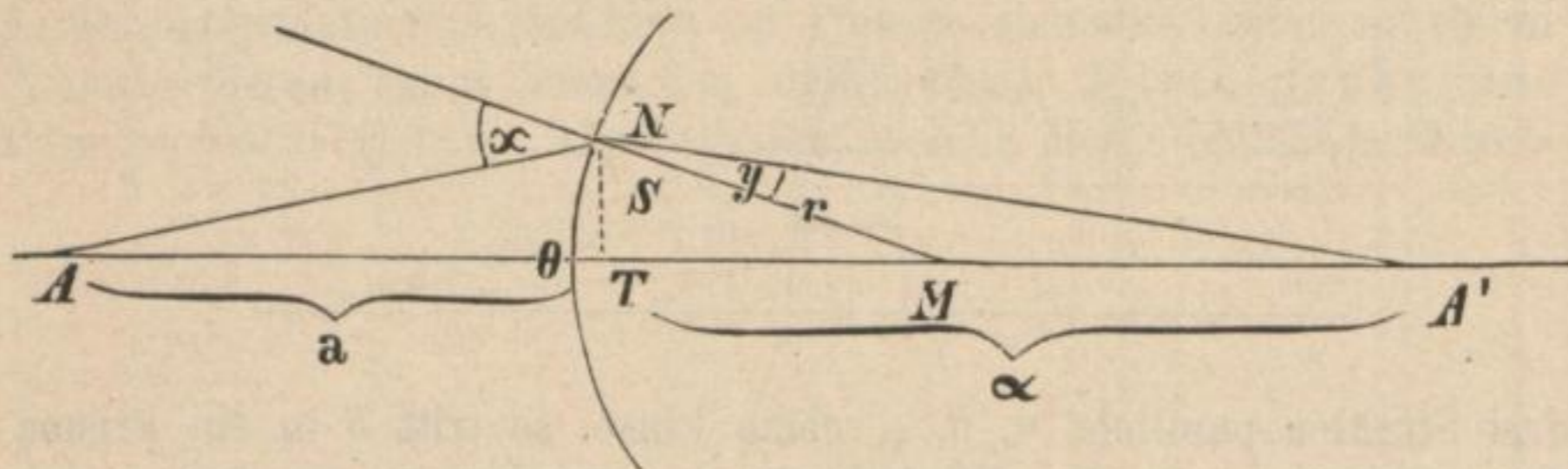
$$\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a}$$

$$\alpha = \frac{ap}{a-p}$$

Die Punkte auf der Axe, deren Entfernung gleich a , α , p , nennt man conjugirte Punkte.

Man denke sich ein Stück Glas, welches von einer Kugelfläche begrenzt ist, deren Mittelpunkt in M (Fig. 76) ist. Man ziehe irgend einen beliebigen Radius MO und nehme auf demselben einen leuchtenden Punkt A an, der Strahlen auf die Kugeloberfläche sendet. Angenommen, ein Strahl falle in N auf, so findet man seinen Weg, wenn man dann den Radius MN zieht. Dieser

Fig. 76.



ist das Einfallslot, x der Einfallswinkel, y der Brechungswinkel, dessen Grösse, wenn der Brechungsindex n ist, aus der Gleichung

$$\sin x = n \sin y$$

hervorgeht. Nimmt man nun an, dass x nicht grösser als 10° sei, so kann man statt des Sinus ohne merklichen Fehler den Bogen setzen (so ist der Bogen $10^\circ = 0,1745$, der Sinus $10^\circ = 0,1736$), dann wird

$$x = n y, \quad (\text{I})$$

nun ist x als Aussenwinkel am Dreieck $= \angle A + \angle M$; $y = \angle M - \angle A'$, da $\angle M$ auch Aussenwinkel des betreffenden Dreiecks ist.

Setzt man diese Werthe in I ein, so wird die Gleichung

$$n(M - A') = A + M. \quad (\text{II})$$

Nun kann man statt der Winkel ihre Tangenten einführen, denn für Winkel unter 8° sind Bögen und Tangenten nahezu gleich (tang 8° ist z. B. $= 0,1405$, arcus $8^\circ = 0,1396$). Setzt man die Tangenten in Gleichung II, so erhält man:

$$\frac{n \text{TN}}{\text{TM}} - \frac{n \text{TN}}{\text{TA}'} = \frac{\text{TN}}{\text{AT}} + \frac{\text{TN}}{\text{TM}}$$

Hier fällt TN heraus. Nehmen wir nun ferner an, dass T mit O zusammenfalle, d. h. dass der Cosinus von $\angle M$ gleich dem Radius sei, welches für Winkel bis 3° nahezu der Fall ist ($\cos 3^\circ = 0,9986$ also nahe $= 1$), so wird $\text{TM} = r$ (dem Radius): Nehmen wir dann die Entfernung $\text{AT} = a$, die Entfernung $\text{TA}' = \alpha$, so erhalten wir aus voriger Gleichung:

$$\frac{(n-1)}{r} - \frac{1}{a} = \frac{n}{\alpha}, \text{ also } \frac{1}{\alpha} = \frac{(n-1)}{nr} - \frac{1}{na} \quad (\text{III, Vereinigung im Glase})$$

ferner

$$\frac{1}{a} = \frac{(n-1)}{r} - \frac{n}{\alpha}. \quad (\text{IV, Vereinigung in Luft})$$

Diese Formeln gelten für alle Strahlen, die von einem Punkte wie A ausgehen und nahe bei dem Radius auffallen, der von M durch A gezogen werden kann. Demnach werden alle diese Strahlen wieder in einem Punkte auf dem verlängerten Radius AM vereinigt werden, dessen Entfernung von der Kugelfläche 0 leicht berechnet werden kann.

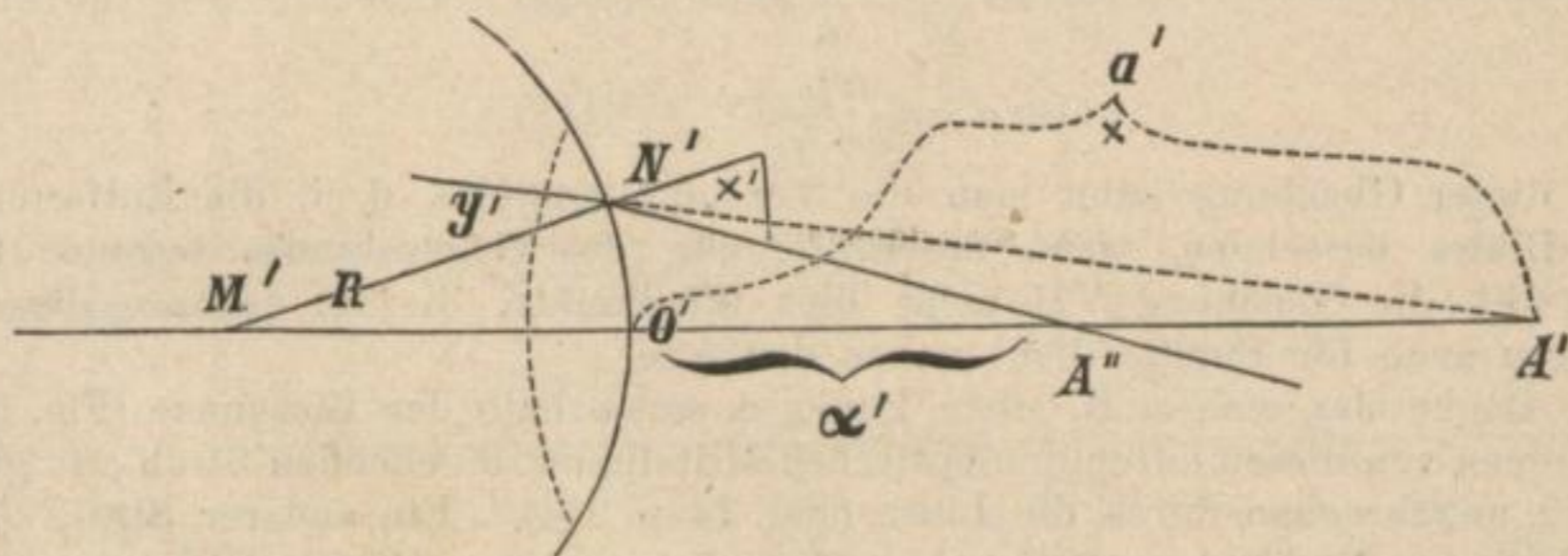
Nehmen wir z. B. an, wir hätten Crownglas, so ist $n = \frac{3}{2}$; nehmen wir ferner an, A läge in der Unendlichkeit, d. h. die Strahlen kämen parallel an, so ist in Gleichung III

$$\frac{1}{na} = \frac{1}{n\infty} = 0, \text{ daher } \frac{1}{a} = \frac{1}{3r}, \text{ also } a = 3r.$$

Kommt ferner ein Bündel paralleler Strahlen innerhalb des Glases an die Kugelfläche, so ist $a = \infty$ also $\frac{1}{a}$ in Gleichung VI = 0 daher $\frac{1}{a} = \frac{1}{2r}$, also $a = 2r$. Ein Bündel paralleler Strahlen, aus Luft kommend, hat demnach im Glase die Vereinigungsweite (Brennweite) $a = 3r$, ein Bündel ebensolcher Strahlen aus Glas kommend, hat in der Luft die Vereinigungsweite $a = 2r$.

Um nun den Weg eines Strahles durch eine Linse zu berechnen, nehmen wir an, der Strahl falle nach der ersten Brechung im Glase auf eine zweite Kugelfläche, deren Mittelpunkt M' (Fig. 77) und deren Radius R ist; er

Fig. 77.



wird dann wiederum gebrochen, und da x' grösser als y' ist, der Axe noch mehr genähert. Der Punkt, wo der Strahl $A''N'$ den Radius schneidet, berechnet sich aus Formel IV (Vereinigungsweite in der Luft), wenn wir in dieselbe R und den Werth für a einsetzen.

Nennen wir die Entfernung des Durchschnittspunkts des gebrochenen Strahles A'' von der Kugelfläche = a' , so wird nach Formel IV

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

a' ist die Entfernung des Punktes, in dem der Strahl im Glase verlängert den Radius schneidet = $A'O'$, dieses Stück a' liegt hier auf derselben Seite mit a' im Gegensatz zu den Voraussetzungen unter welchen die Gleichung IV entwickelt worden ist. Wir müssen daher auch a' das entgegengesetzte Zeichen geben. Daher erhalten wir

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

Nun ist a' Fig. 77 = a Fig. 76; setzen wir demnach den Werth von a (Gleichung III) statt $\frac{n}{a'}$ ein, so ergibt sich

$$\frac{1}{a'} = (n-1) \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right) - \frac{1}{a}. \quad (\text{V})$$

Hierbei ist angenommen, dass die Entfernung a von der zweiten Kugelfläche der Entfernung von der ersten gleich, d. h. die Dicke der Linsen verschwindend klein sei. Man ersieht aus der Gleichung, dass alle Strahlen nach der zweiten Brechung wiederum in einem Punkte vereinigt werden, vorausgesetzt, dass sie nur kleine Winkel mit der Axe der Linse bilden.

Diese Annahme trifft nun freilich für photographische Linsen nicht zu; sie führt uns aber Beispiele vor, die uns die Arbeit photographischer Linsen verständlich machen. Unten wird gezeigt werden, wie wir auch mit Berücksichtigung dicker Linsen correcte Werthe erhalten können.

Denkt man sich ein Bündel der Axe paralleler Strahlen auffallen, so ist a gleich unendlich. Dann wird

$$\frac{1}{a'} = (n-1) \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right). \quad (\text{VI})$$

Dieser Werth von a' ergibt die gewöhnlich mit p oder f bezeichnete Brennweite der Linse. Man sieht, dass diese auf beiden Seiten einer sehr dünnen Linse dieselbe ist.

Wenn man diesen Werth p in Gleichung V einsetzt, so wird sie

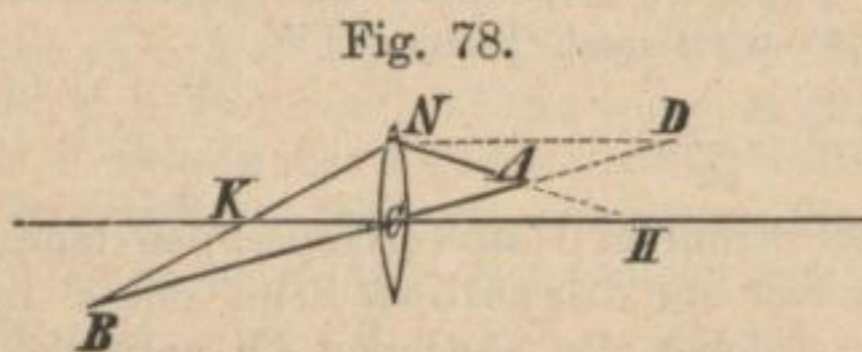
$$\frac{1}{a'} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a}, \quad (\text{VII})$$

$$\text{also } a' = \frac{ap}{a-p}. \quad (\text{VIII})$$

Aus dieser Gleichung kann man die Vereinigungsweite, d. i. die Entfernung des Bildes berechnen, wenn die Entfernung des Gegenstandes bekannt ist. Nun gilt die Gleichung VII nicht blos für Punkte, die auf der Axe liegen, sondern auch für Punkte dicht neben der Axe.

Denkt man sich z. B. einen Punkt A ausserhalb der Linsenaxe (Fig. 78) und einen von diesen durch den optischen Mittelpunkt o gehenden Strahl, so geht dieser ungebrochen durch die Linse (Fig. 74 p. 274). Ein anderer Strahl AN erleidet eine Brechung gerade so, als wenn er von einem Punkte H der Axe ausgegangen wäre.

Nach der Brechung schneiden sich beide Strahlen in B. Denkt man sich AB verlängert und die Hüllsline ND gezogen, so hat man, wegen der Aehnlichkeit der Dreiecke BND und BKO



$$\frac{BN}{BK} = \frac{DN}{OK}$$

ferner wegen der Aehnlichkeit der Dreiecke NAD und HAO

$$\frac{AH}{AN} = \frac{OH}{DN}$$

Beide Gleichungen multiplicirt liefern

$$\frac{BN \cdot AH}{BK \cdot AN} = \frac{OH}{OK}$$

Nennen wir nun OH die Entfernung eines leuchtenden Punktes $H = a$, so ist OK die Entfernung seines Bildes, d. h. gleich a analog der Formel VII.

Nehmen wir ferner $BN = BO$ an, was für sehr kleine Winkel ohne Fehler geschehen kann, ebenso $AN = AO$, ferner $HN = HO$, d. i. $= a$. Nennen wir ferner $BO = a'$, $AO = a'$ so wird

$$\frac{a' \cdot (a - a')}{a' (a' - a)} = \frac{a}{a'}$$

daher $a' a a - a' a a' = a a' a' - a a' a$. Das Ganze dividirt durch $a' a a a'$ liefert

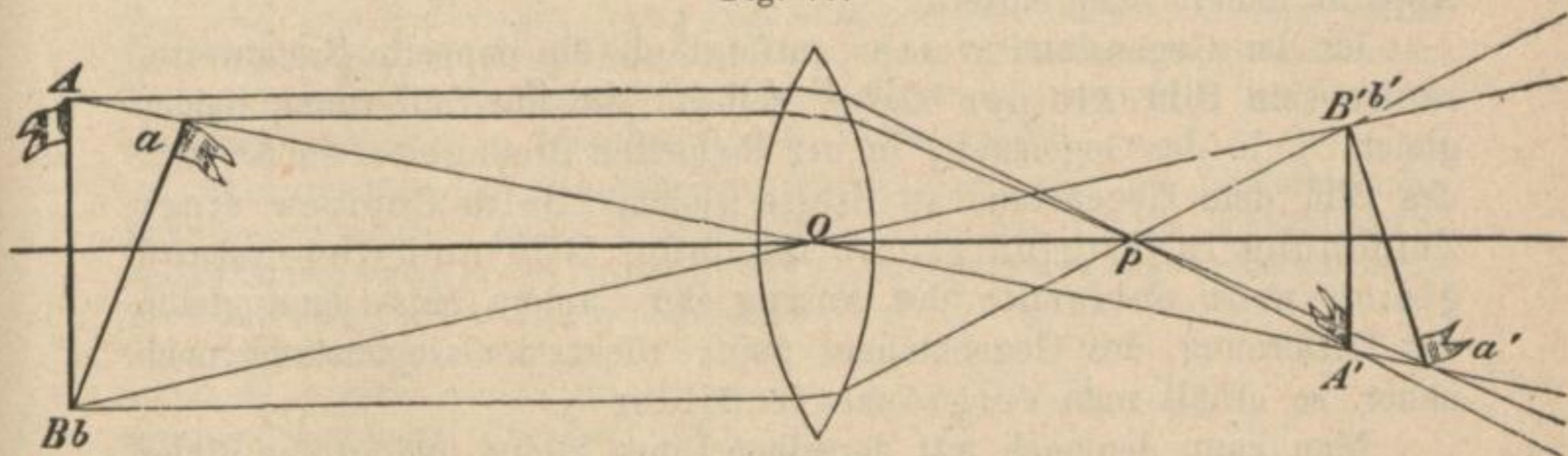
$$\frac{1}{a'} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a'}. \text{ Nun ist } \frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{p} \text{ (siehe VII),}$$

daher besteht zwischen a' und a' dieselbe Relation wie für a , d. h. die Punkte ausserhalb der Axe verhalten sich unter gedachten Vorbehalten ganz ebenso, wie die Punkte auf der Axe selbst. Befindet sich daher ein Gegenstand in der Entfernung a vor der Linse, so entsteht ein Bild des Gegenstandes in der Entfernung a' (s. Fig. 78).

Richtet man die Linse nun auf sehr weit entfernte Gegenstände, so entsteht im Brennpunkte derselben ein verkleinertes verkehrtes Bild. Rückt der Gegenstand der Linse näher, so entfernt sich sein Bild von der Linse. Den Ort desselben kann man leicht durch Construction finden.

Ist AB (Fig. 79) ein Gegenstand, so wissen wir zunächst, dass die von ihm ausgehenden, der Axe parallelen Strahlen alle durch den Brennpunkt p der Linse gehen, ebenso wissen wir aus Obigem, dass die durch den optischen Mittelpunkt o der Linse gehenden Strahlen ihre

Fig. 79.



Richtung beibehalten. Der Durchschnittspunkt der von A, resp. von B ausgehenden Strahlen bestimmt demnach den Ort des Bildes $a b$. Sind die Linse und der Gegenstand parallel, so ist auch das Bild dem Gegenstande parallel. Steht aber der Gegenstand schief zur Linse, so steht auch das Bild schief, aber in entgegengesetzter Richtung, wie dieses durch die schief stehende Fahne $a b$ und ihr Bild $a' b'$ in Fig. 79 angedeutet ist. Man sieht, dass die schiefe Fahne und das Bild beide gegen die Linse geneigt sind. Das Bild, welches eine Linse von einem Gegenstande entwirft, schwebt in der Luft. Es ist für ein geübtes Auge ohne weitere Hilfsmittel zu bemerken. Um

es aber sicher aufzufinden, fängt man es auf einem weissen Schirm oder auf einer matten Scheibe auf (wie bei der photographischen Camera). Die matte Scheibe hat gewöhnlich eine Vorrichtung zum Schiefstellen, weil die Bilder (wie oben die Fahne *a b* in Fig. 78) oft eine schiefe Lage haben.

Brennpunkt. Alle Gegenstände, die über das Hundertfache der Brennweite, entfernt sind, bilden sich fast genau im Brennpunkte ab; rücken sie näher, so rückt das Bild aus der Brennweite heraus; rücken sie bis in die Entfernung der doppelten Brennweite, so ist das Bild ebenfalls um die doppelte Brennweite entfernt, d. h. genau so weit als der Gegenstand. Rückt der Gegenstand noch näher, so rückt sein Bild über die doppelte Brennweite hinaus und seine Entfernung wird grösser als die Entfernung des Gegenstandes.

Bildgrösse. Die Grösse des Bildes richtet sich nach seiner Entfernung von der Linse. Ist dieselbe gleich α , der Abstand des Gegenstandes gleich a , seine Grösse gleich G , so ist die Bildgrösse

$$B = \frac{\alpha}{a} G = \frac{p}{a-p} G.$$

Das Bild wird demnach um so grösser, je kleiner a , d. h. je näher der Gegenstand rückt. Daher kann man grössere oder kleinere Bilder desselben Gegenstandes machen, je nachdem man den optischen Apparat nähert oder entfernt.

Ist der Gegenstand weiter entfernt als die doppelte Brennweite, so ist sein Bild kleiner als er selbst. Ist die Entfernung beider gleich, d. h. der Gegenstand in der doppelten Brennweite, so ist auch das Bild dem Gegenstand an Grösse gleich. Beim Copiren einer Zeichnung in Originalgrösse ist daher Bild und Gegenstand gleich weit entfernt; der Auszug der Camera muss dann gleich der Entfernung des Gegenstandes sein; rückt der Gegenstand noch näher, so erhält man vergrösserte Bilder.

Man kann demnach mit derselben Linse kleine und grosse Bilder machen. Danach hat es den Anschein, als wenn man mit jeder Linse Bilder beliebiger Grösse aufnehmen könne, das ist jedoch nicht der Fall, insofern als jede Linse, gleich dem Auge, nur ein beschränktes Feld auf einmal zu übersehen im Stande ist. Schliesst man das eine Auge, so übersieht man mit dem andern ein Feld von etwa 90° Winkelumfang. Ebenso übersieht jede Linse nur ein beschränktes Feld, welches man ihr Gesichtsfeld nennt. Geht man mit einem photographischen Apparat weit zurück, so erscheint z. B. die ganze Figur eines Menschen im Bilde; geht man näher heran, so wachsen die Dimensionen des Körpers; zugleich sieht man aber nicht mehr die ganze Figur, sondern nur ein Kniestück, bei noch grösserer Nähe

nur ein Brustbild im Gesichtsfelde. Bei photographischen Apparaten ist nur ein Theil des Gesichtsfeldes einer Linse sichtbar. Dasselbe tritt erst vollständig hervor, wenn die Linse an eine sehr grosse Camera geschraubt wird. Man nennt das dann sichtbare kreisrunde Feld auch den Lichtkreis.

Grosse Gegenstände müssen, wenn sie ganz in das Gesichtsfeld der Linse fallen sollen, weit entfernt sein. Von solchen kann man wegen der grossen Entfernung auch nur kleine Bilder machen, wünscht man grössere, so muss man Linsen von längerer Brennweite nehmen.

Je länger die Brennweite der Linse, desto grösser wird bei gleichbleibender Entfernung des Gegenstandes das Bild. Ist a die Entfernung des Gegenstandes, G dessen Grösse, p die Brennweite, α die Bildentfernung, so ist die Bildgrösse B

$$B = G \frac{p}{a-p}.$$

Ist a sehr gross, so kann man p vernachlässigen, dann wird

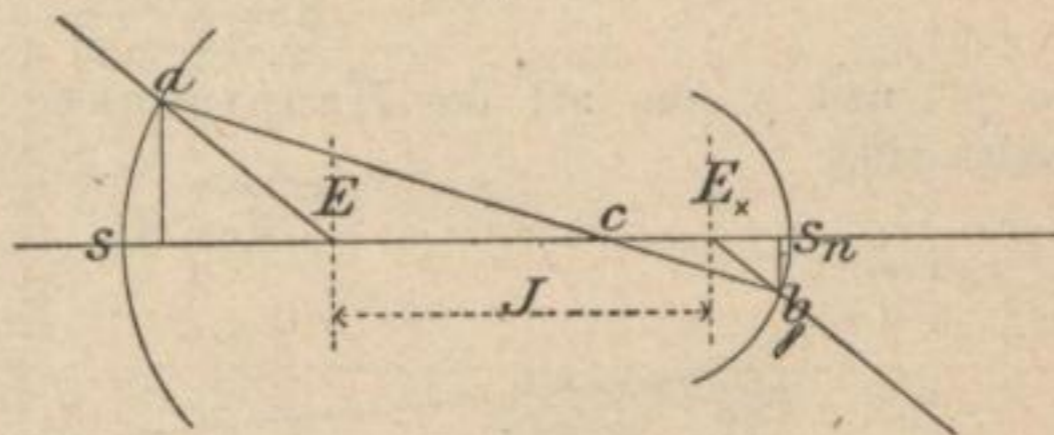
$$B = G \frac{p}{a},$$

d. h. die Bildgrössen verhalten sich wie die Brennweiten.

Gedachte Formeln sind für den Anfangsunterricht bequem. Sie erleiden aber erhebliche Modification, wenn man nicht mit sehr dünnen, sondern wie in der Photographie mit dicken Linsen zu thun hat. Dann werden die gegebenen Formeln ausserordentlich complicirt, wenn man für die Brennweite den Abstand vom Scheitelpunkt (s. p. 274) der dicken Linse einführt.

Hauptpunkte und Hauptebenen. Gauss hat gezeigt, wie die Formeln für dicke Linsen sich sehr erheblich vereinfachen, wenn man statt der Scheitelpunkte andere Punkte wählt, die er Hauptpunkte nennt und deren Lage sich constructiv nach Schröder (siehe Ergänzungsband d. B. p. 42) ergibt, wenn in Fig. 80 ein bei a auffallender, bei b austretender Strahl verlängert wird, so dass er die Axe der Linse SS_n in E und E_x schneidet. E ist dann der erste Hauptpunkt, von dem alle Vereinigungsweiten auf der linken Seite, E_x der zweite Hauptpunkt, von dem alle Vereinigungsweiten auf der rechten Seite zu rechnen sind.

Fig. 80.

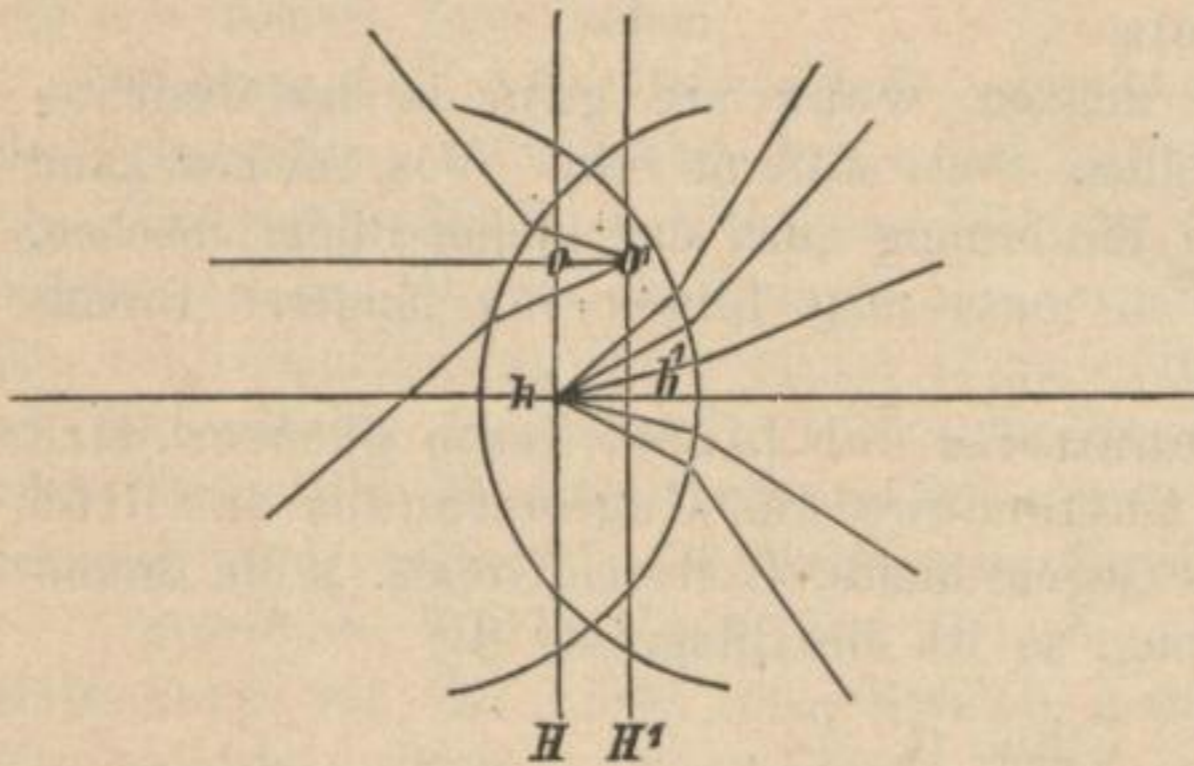


Eine Ebene senkrecht zur Axe durch die Hauptpunkte heisst eine Hauptebene. Gauss definirt diese wie folgt:

Hauptpunkte. 1. Der zweite Hauptpunkt ist das optische Bild des ersten (s. Fig. 81), d. h. die von dem Hauptpunkte h auslaufenden Strahlen divergiren nach Austritt aus der Linse, als kämen sie aus dem Hauptpunkte h' .

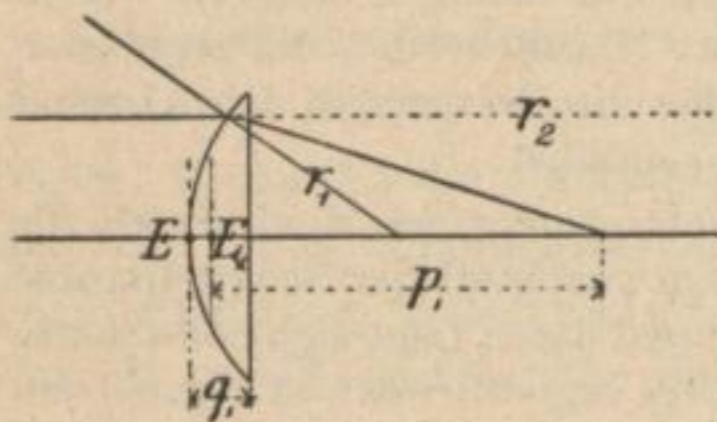
2. Ein leuchtender Punkt O' in der Hauptebene seitlich zur Axe hat sein Bild auf der andern Hauptebene O und zwar liegt dasselbe auf derselben Seite der Axe und ebenso weit entfernt von ihr als der Punkt o' .*) Danach hat jede Linse zwei Brennweiten, je nachdem die Strahlen von der rechten oder linken Seite eintreten, und von dem betreffenden Hauptpunkte aus gemessen werden. So ist der erste Hauptpunkt bei einer planconvexen Linse in der Scheitelfläche selbst gelegen, (Fig. 82) die Entfernung von dem Scheitelpunkt also gleich Null, der zweite Hauptpunkt E_x dagegen $-0,333$ für den Krümmungsradius 5 und den Brechungsindex $n = 1,5$. Bei einem Meniskus, ähnlich Fig. 83, bei dem die Krümmungsradien 5 und 8 und Brechungsindex 1,5 sind, liegen

Fig. 81.



$E = -0,526$ und $E_x = -0,842$

Fig. 82.



woraus hervorgeht, dass die Hauptpunkte ausserhalb der Linse auf der convexen Seite liegen (s. Supplementband Schroeder p. 42–44).

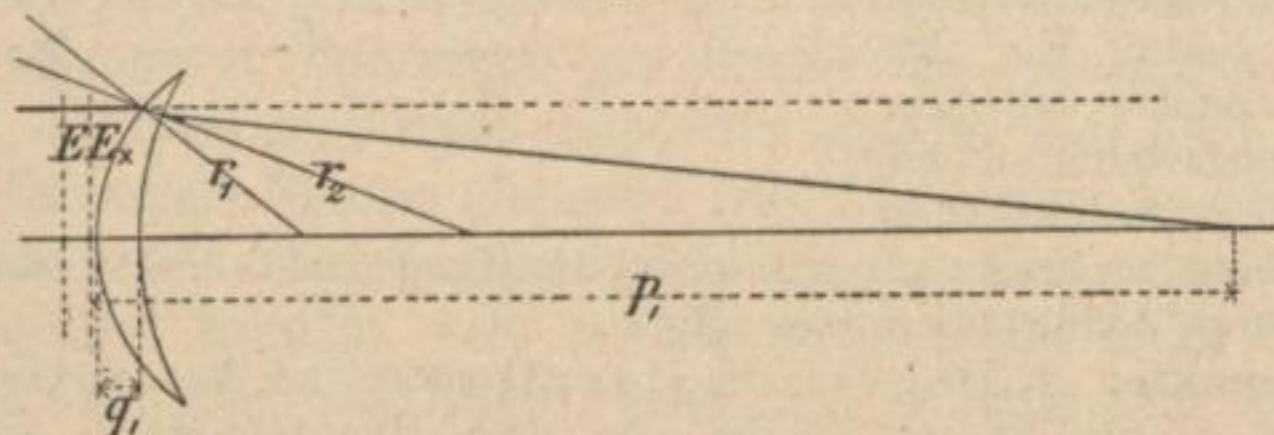
Das Minuszeichen bedeutet, dass die Entfernungen nach der entgegengesetzten Richtung der einfallenden Strahlen zu rechnen sind.

Führt man diese Hauptpunkte in die Rechnung ein, so kommt man auf eine ähnliche Formel wie VIII p. 278.

$$a' = \frac{a p''}{a - p'}, \quad (\text{IX.})$$

wo p'' und p' die auf die Hauptpunkte E_x und E bezogenen Brennweiten sind.

Fig. 83.



*) Siehe auch das Büchlein: „Die Haupt- und Brennpunkte eines Linsensystems, elementar-mathematische Darstellung von Dr. Neumann,“ Leipzig bei Teubner.

Knotenpunkte. Bei Entwicklung der Brennweite eines seitlich der Axe befindlichen Objectes nach der Brechung durch eine einzige sphärische Fläche kommen wir zu dem Resultat, dass der Brennpunkt auf einer sogenannten Nebenaxe liegt. Hat man es mit zwei entfernteren brechenden Flächen zu thun, so existiren solche Nebenaxen streng genommen nicht mehr. Wohl aber findet sich in dem gebrochenen System von Strahlen, die von einem Punkte neben der Axe ausgehen, ein Strahl, welcher einem Strahle des auffallenden Systems parallel ist. Die Punkte, wo diese beiden Strahlen, welche gleichsam die Nebenaxe vertreten und zu Bildconstructions von Werth sind, hinreichend verlängert, die Axe schneiden, nennt man **Knotenpunkte**.

Diese sind einander „conjugirt“, d. h. der zweite ist das Bild des ersten, weil nach den obigen Annahmen der Strahl, der vor der Brechung die Richtung auf den ersten Knotenpunkt hat, erst nach Passirung aller brechenden Flächen durch den zweiten Punkt gehen soll. Nennt man den Abstand dieser Punkte vom ersten und zweiten Hauptpunkt entsprechend K^1 und K^2 , so ist nach Gleichung IX p. 282

$$K_2 = \frac{K' f''}{K' - f'} \quad (1)$$

entsprechend a' und a'' (s. oben).

Wenn aber die Strahlen $q'K'$ und dK^2 parallel sind, so sind die Dreiecke deren Hypothenuse sie bilden, ähnlich und es folgt

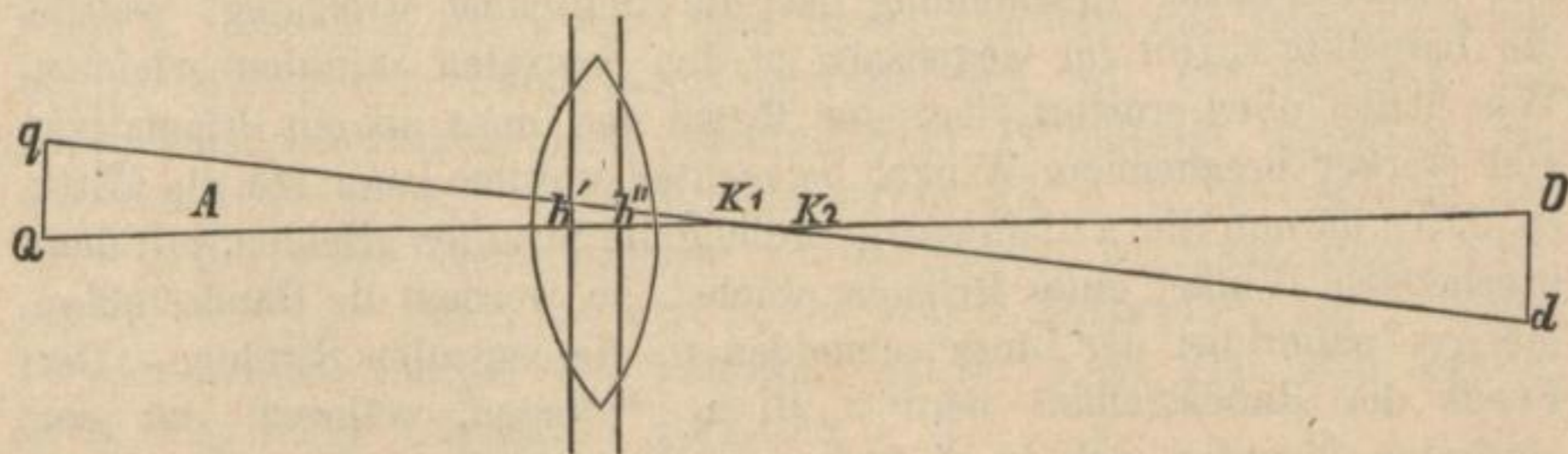
$$Qq : QK' = dD : DK''$$

Wird Qq mit G (Gegenstandsgrösse) das entgegengesetzt gerichtete Dd mit $-g$ (Bildgrösse) bezeichnet, so wird

$$-\frac{g}{G} = \frac{K''D}{K'Q}$$

Die Formel zeigt bereits, dass die p. 280 entwickelte Formel für Grössenverhältnisse zwischen Bild und Gegenstand auch bei Linsen von merklicher

Fig. 84.



Dicke wiederkehren, falls man die Knotenpunkte als Ausgang nimmt. Näheres siehe Schroeder Supplementband.

II. Capitel. Linsenfehler.

Mängel der Linsen. Die Bilderzeugung durch Linsen geht jedoch nur unter gewissen Bedingungen regelmässig vor sich, die bereits oben angedeutet sind, und welche sich aus der mit kleiner Schrift gedruckten mathematischen Entwicklung p. 276 noch genauer ergeben, nämlich:

1. dass die Strahlen nahe bei der Axe der Linse einfallen,
2. dass sie nur kleine Winkel mit der Axe bilden,
3. dass sie einfarbig sind, d. h. alle denselben Brechungsindex besitzen.

Diesen Bedingungen kann bei mikroskopischen und teleskopischen Gläsern ziemlich gut Genüge geleistet werden, viel schwieriger aber bei photographischen. Bei diesen fallen die Strahlen oft ziemlich entfernt von der Axe ein, sie bilden oft sehr grosse Winkel (bis 50°) mit derselben und daraus ergibt sich denn eine Reihe von Linsenfehlern, deren gründliche Betrachtung die Anwendung der höheren Mathematik nothwendig macht. Wir begnügen uns hier mit einer möglichst gemeinverständlichen Darstellung dieses schwierigsten Theils der Optik.

Die sphärische Abweichung. Schraubt man eine einfache Linse (sogenannte Landschaftlinse) an eine Camera und nimmt alle daran befindlichen Blenden heraus, so sieht man ein Bild, welches in keiner Stellung der matten Scheibe absolut scharf zu erhalten ist, sondern immer trübe und verschwommen erscheint. Das Bild wird aber augenblicklich scharf, sobald man den Rand der Linse mit einer Scheibe, in deren Mitte ein Loch geschnitten ist, d. h. einer Blende, zudeckt. Die Ursache dieser Erscheinung ist die ungleiche Brechung, welche die Randstrahlen im Gegensatz zu den centralen Strahlen erleiden. Wir haben oben erörtert, dass der Rand der Linse als ein Prisma von viel stärker brechendem Winkel betrachtet werden kann als die Mitte (p. 275); da nun die Ablenkung, welche die Strahlen erleiden, mit dem brechenden Winkel eines Prismas wächst, so werden die Randstrahlen die Axe näher bei der Linse schneiden als die centralen Strahlen. Der Focus der Randstrahlen wird z. B. in f^s liegen, während der der centralen Strahlen sich in f' findet (s. Fig. 85).*)

*) Noch präciser geht dieses aus der S. 276 sich findenden mathematischen Entwicklung hervor, bei welcher ausdrücklich bemerkt ist, dass die Strahlen nahe bei der Axe einfallen und keinen zu grossen Winkel mit denselben bilden dürfen, wenn die Formel $\frac{1}{a} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a}$ ihre Gültigkeit behalten soll.

zu, als eine biconvexe, und für jede Glassorte giebt es je nach dem Brechungsindex ein Verhältniss der Krümmungsradien, für welches die Linse in Bezug auf Freiheit von sphärischer Abweichung die besten Resultate giebt. Man nennt eine Linse mit solchen Krümmungsradien eine Linse bester Form.

Linsen, die bei voller Oeffnung keine sphärische Abweichung zeigen, nennt man aplanatisch.

Ausser der Form der Linse ist nun aber noch ihre Stellung von Wichtigkeit. Eine planconvexe Linse, welche ihre convexe Seite parallelen Strahlen zukehrt, erlaubt eine Oeffnung von 8° , dagegen wenn sie die plane Seite den parallelen Strahlen zuwendet, nur eine Oeffnung von $6\frac{2}{3}^\circ$. Daher kehrt bei dem Portraitobjectiv, dessen Vorderlinse fast aplanatisch ist, diese ihre convexe Seite den Strahlen zu.

Es folgt jedoch daraus keineswegs, dass diese Stellung immer die beste sei. Im Gegentheil, bei den einfachen photographischen Linsen (den sogenannten Landschaftslinsen) findet man gerade die entgegengesetzte Stellung. Diese Linsen sind meist Menisken, deren concave Seite den Strahlen zugewendet ist. Hier ist die sphärische Abweichung allerdings ein Maximum, dagegen zeigt sich gerade in dieser Stellung ein anderer Linsenfehler in geringerem Grade, d. i. die sogenannte Verzeichnung. Dann aber wird dadurch der Rand der Linse, der sonst unbrauchbar ist, besonders geeignet für schief auffallende Strahlen (s. u.). Daher zieht man diese Stellung vor und corrigirt die Abweichung durch Blenden.

Ein anderes Mittel, die sphärische Abweichung unbeschadet der Oeffnung zu corrigiren, ist gegeben

3. durch Linsencombination. Setzt man zwei Linsen, deren Brennweite p' und p'' ist, zusammen, so dass sie um die Grösse d von einander entfernt sind, so ist die Brennweite der Combination*)

*) Die Entwicklung dieser Formel ist folgende: Ein Bündel paralleler Strahlen wird von der ersten Linse in der Entfernung p' zu einem Strahlenkegel vereinigt werden. Sie fallen daher auf die zweite Linse in einer Richtung, als kämen sie von einem Punkt in der Entfernung $-(p' - d)$ her. Setzt man diesen Werth anstatt a in die Gleichung

$$a = \frac{ap''}{a - p''}$$

so erhält man als Vereinigungsweite der Strahlen nach der Brechung durch die zweite Linse

$$a = \frac{p''(p' - d)}{p' + p'' - d}$$

$$p = \frac{p''(p' - d)}{p'' + p' - d}, \text{ ist } d = 0, \text{ so ist } p = \frac{p'' p'}{p'' + p'}$$

und für den Fall, dass $p'' = p'$

$$p = \frac{p'}{2}.$$

Demnach wird die Combination zweier Linsen der Brennweite p nur einen halb so langen Focus haben, als jede einzelne Linse.

Gewöhnliche Linsen macht man zur Vermeidung der sphärischen Abweichung nur so gross, dass sie vom Brennpunkte f' Fig. 85 ausgesehen unter einem Winkel afb von höchstens 6° erscheinen. Ihr Durchmesser (auch Oeffnung genannt) ist dann, wenn p die Brennweite ist $= 2 p t g 3^\circ$. Er ist somit der Brennweite proportional.

Eine einfache Linse der Brennweite $\frac{p'}{2}$ würde dennoch nur die Oeffnung $p' t g 3^\circ$ haben dürfen. Die Linsencombination hat aber bei gleicher Brennweite eine doppelt so grosse Oeffnung $= 2 p' t g 3^\circ$ und in Folge dessen, wie wir später sehen werden, eine vierfache Lichtstärke. Daher wendet man in der Optik statt einfacher Linsen gern Linsencombinationen an. Je nach der Form, die man denselben giebt, und je nach ihrer Entfernung erreicht man zugleich mit der Wegschaffung der sphärischen Aberration noch andere Vortheile, die wir später erörtern werden.

Betrachtung der Linsenbrechung mit Berücksichtigung der Linsendicke und der schiefen Strahlen, sowie der Stellung der Linse. Bisher haben wir bei Besprechung der sphärischen Abweichung der Axe parallel auffallende (axiale) Strahlen angenommen. In noch viel auffallenderem Maasse offenbart sich aber die sphärische Abweichung bei schief auf die Axe fallenden Strahlen.

Man nehme eine planconvexe Crown Glaslinse an, welche für den centralen Theil ab (Fig. 86) als aplanatisch betrachtet werden kann, so wird ein parallel der Axe einfallendes Strahlensystem senkrecht durch die Vorderfläche gehen, innerhalb des Glases wieder einen Strahlencylinder bilden, und schliesslich in f vereinigt werden; f ist für Crown Glas $= 2r$ von 0 ab gerechnet (s. p. 277). Man nehme ferner ein schief auf die Oeffnung ab fallendes Strahlenbündel SS' ; dieses wird zunächst beim Auffallen auf die plane Vorderseite eine Brechung erleiden, und da alle Strahlen gegen die Vorderfläche gleich geneigt sind, so werden sie alle in gleichem Maasse abgelenkt werden, d. h. nach der ersten Brechung innerhalb des Glases wieder ein Bündel paralleler Strahlen bilden, die jedoch weniger gegen die Axe der Linse geneigt sind als vorher, und deren Richtung die punktirten Linien angeben. Diese punktirten Strahlen werden sich nun nach der

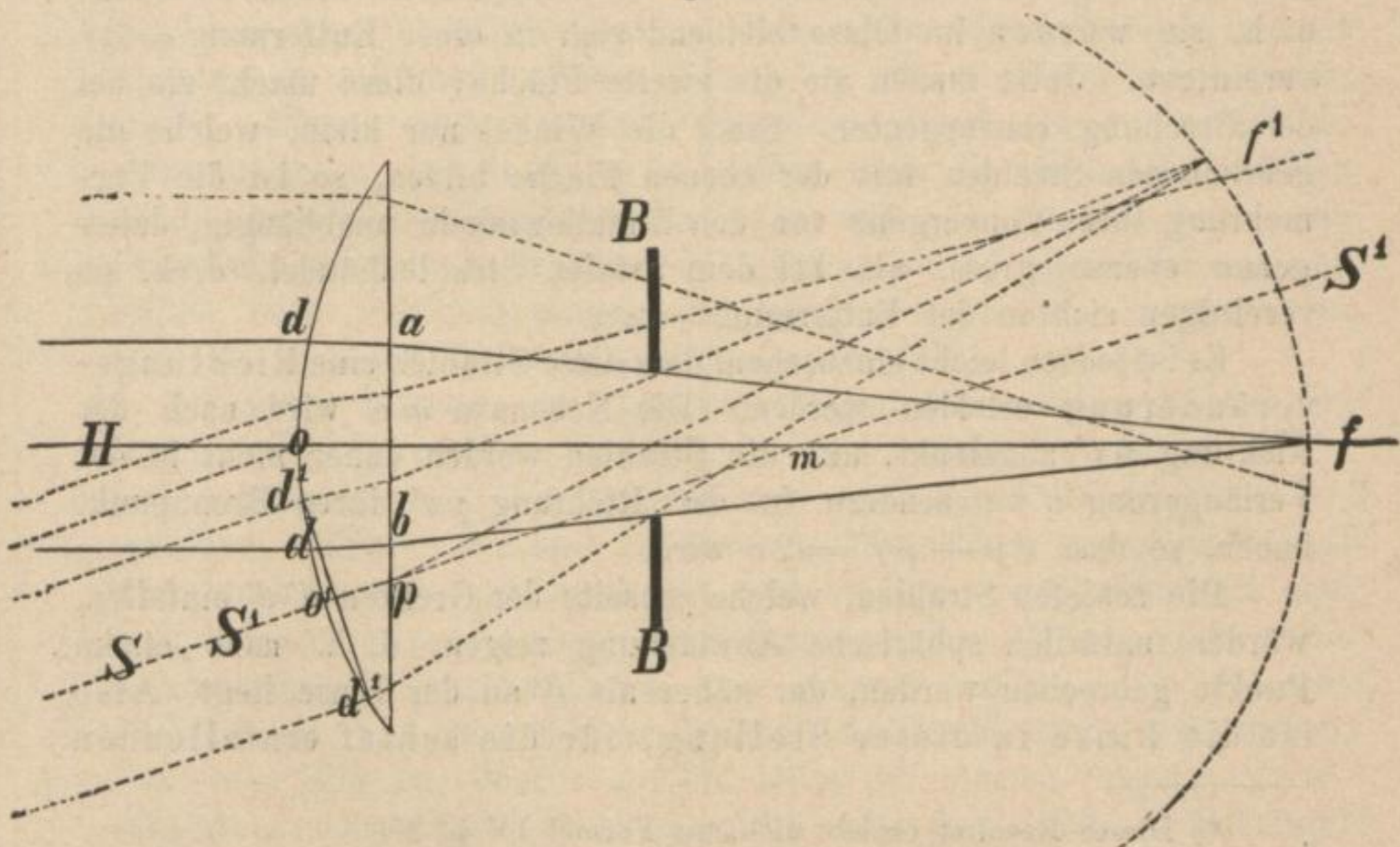
Man bringt deshalb eine Vorrichtung an, durch welche die schiefen Strahlen mehr auf den Rand der Linse geleitet werden, während die axialen Strahlen nur die Mitte der Linse treffen und so corrigirt man die sphärische Aberration für beide Strahlensysteme. Diese Vorrichtung ist eine Blende, die nicht dicht an der Linse liegt, sondern um ein gewisses Stück davon entfernt ist.

Schiebt man die Blende z. B. nach B, so können die axialen Strahlen nach wie vor nur auf die Mitte der Linse fallen, während die schiefen Strahlen mehr auf den Rand d. i. dasjenige Linsenfeld geleitet werden, welches für sie brauchbar ist.

Blendenstellung zur Linse. Die Stellung der Blende ist für jeden speciellen Fall verschieden, sie richtet sich nach der Schiefe der Strahlenbüschel und nach der Form der Linse. Bei den meisten einfachen Linsen (Landschaftslinsen), welche fast planconvex sind, steht die Blende in der Regel um $\frac{1}{5}$ der Brennweite von der Linse ab.

Wesentlich anders wird das Verhältniss, wann die Linse die umgekehrte Stellung hat, d. h. ihre convexe Seite den Strahlen zukehrt.

Fig. 87.



Da dieser Fall in der photographischen Praxis vorkommt und als Gegensatz zu den eben erörterten von besonderem Interesse ist, wollen wir ihn hier näher betrachten. Es sei ab , Fig. 86, die zulässige Oeffnung der Linse für der Axe parallele Strahlen. Dann werden die der Axe of parallel ankommende Strahlen innerhalb des

Raumes ab so gebrochen werden, dass sich sämtliche in f vereinigen.

Die auf die gewölbte Linsenfläche fallenden Strahlen werden bei der Brechung durch die Kugelfläche convergent gemacht und würden sich, wenn sie keine weitere Brechung erlitten, d. h. ihren Weg im Glase fortsetzten, in einer Entfernung $= 3r$ vom Scheitelpunkt o vereinigen (siehe die mathem. Entwicklung p. 277).

Fallen aber diese convergenten Strahlen auf eine ebene Fläche, so werden sie abermals gebrochen und dabei noch convergenter gemacht. Das Resultat beider Brechungen ist ihre Vereinigung in $f = 2r^*$) falls man die Linsendicke vernachlässigt.

Jetzt nehme man an, es falle ein schiefes (hier punktirtes) Strahlenbündel $S'S'$ auf die Linse, so wird sich unter diesen Strahlen einer finden, So' , der verlängert durch den Mittelpunkt m der Linsenfläche geht. Dieser wird ungebrochen eintreten. Die symmetrisch um diesen Strahl liegenden schiefen Strahlen werden innerhalb einer Oeffnung $d'd'$, welche gleich ist der erlaubten Oeffnung dd sich analog den parallel zur Hauptaxe om kommenden Strahlen verhalten. Ihre Brechung wird demnach an der vorderen Fläche dieselbe sein, d. h. sie würden im Glase bleibend sich in einer Entfernung $= 3r$ vereinigen. Jetzt treffen sie die zweite Fläche; diese macht sie bei der Brechung convergenter. Sind die Winkel nur klein, welche die gebrochenen Strahlen mit der ebenen Fläche bilden, so ist die Vermehrung ihrer Convergenz von den Einfallswinkeln unabhängig, daher genau ebenso gross, als bei dem axialen Strahlenbündel, d. h. sie vereinigen sich in der Entfernung $= 2r$.

Es ist jedoch leicht einzusehen, dass diese Strahlen eine Richtungsveränderung erleiden werden. Die Nebenaxe mo' wird nach der Richtung pf' abgelenkt, und die Strahlen werden daher nicht in der Verlängerung $o'm$, sondern in der Richtung pf' ihren Brennpunkt haben, so dass $op + pf' = 2r$ wird.

Die schiefen Strahlen, welche jenseits der Grenzen $d'd'$ einfallen, würden natürlich sphärische Abweichung zeigen, d. h. nach einem Punkte gebrochen werden, der näher als f' an der Linse liegt. Also ist die Linse in dieser Stellung, für die schief einfallenden

*) Dieses Resultat ergibt sich aus Formel IV p. 276

$$\frac{1}{a} = \frac{(n-1)}{r} - \frac{n}{\alpha}$$

wo man für α nur $-3r$ und für $r = \infty$ zu setzen hat. Führt man die Linsendicke ein, so muss die Brennweite vom Hauptpunkt abgerechnet werden, der für den Krümmungsradius 5 cm um 0,333 cm (bei einer Linsendecke 0,5) von der krummen Fläche absteht (Fig. 82).

Strahlen nur innerhalb des Randtheiles $d' d'$ benutzbar. Um nun sowohl für die axialen als auch für die schief auffallenden Strahlenbündel diejenigen Strahlen, welche sphärische Abweichung zeigen würden, abzufangen, setzt man hier die Blende hinter die Linse an die Stelle B B.

Wie man hieraus ersieht, ist das Verhältniss hier umgekehrt, wie bei der ersten Stellung der Linse, wo sie ihre plane Seite dem Objecte zukehrt. Dort wurde der obere Bildtheil vom oberen Linsenrande gebildet, hier vom unteren; dort liegt das Bild auf einer Kugelfläche, deren Radius $= 3r$ ist, hier liegt es auf einer Fläche, die stärker gekrümmt ist als $2r$, denn $p f'$ ist kleiner als $2r$; dort wurden die schiefen Strahlen nach der Brechung dem Mittelpunkt des Bildes genähert (denn die Nebenaxe bildet dort nach der Brechung einen kleineren Winkel mit der Hauptaxe als vorher), hier werden sie dagegen von demselben entfernt (denn die Nebenaxe bildet hier nach der Brechung einen grösseren Winkel mit der Hauptaxe, als vorher). In beiden Fällen aber ist man wie durch zweckmässige Anwendung einer Blende, die man nicht an die Linse legt, sondern um ein gewisses Stück davon entfernt, im Stande, auch den Rand der Linse (der für axiale Strahlen allein nicht verwendbar ist) nutzbar zu machen. Photographische Linsen in dieser Weise angewendet, dürfen daher einen relativ grösseren Durchmesser haben als astronomische. Bei letzteren schneidet man die für axiale Strahlen nicht verwendbaren Linsenränder ganz weg, so dass die Linse vom Focus aus gesehen keine grössere Oeffnung als 6° (ja in den meisten Fällen noch weniger) zeigt. Photographische Linsen benutzt man aber bis zu einer Oeffnung von mindestens 20° .

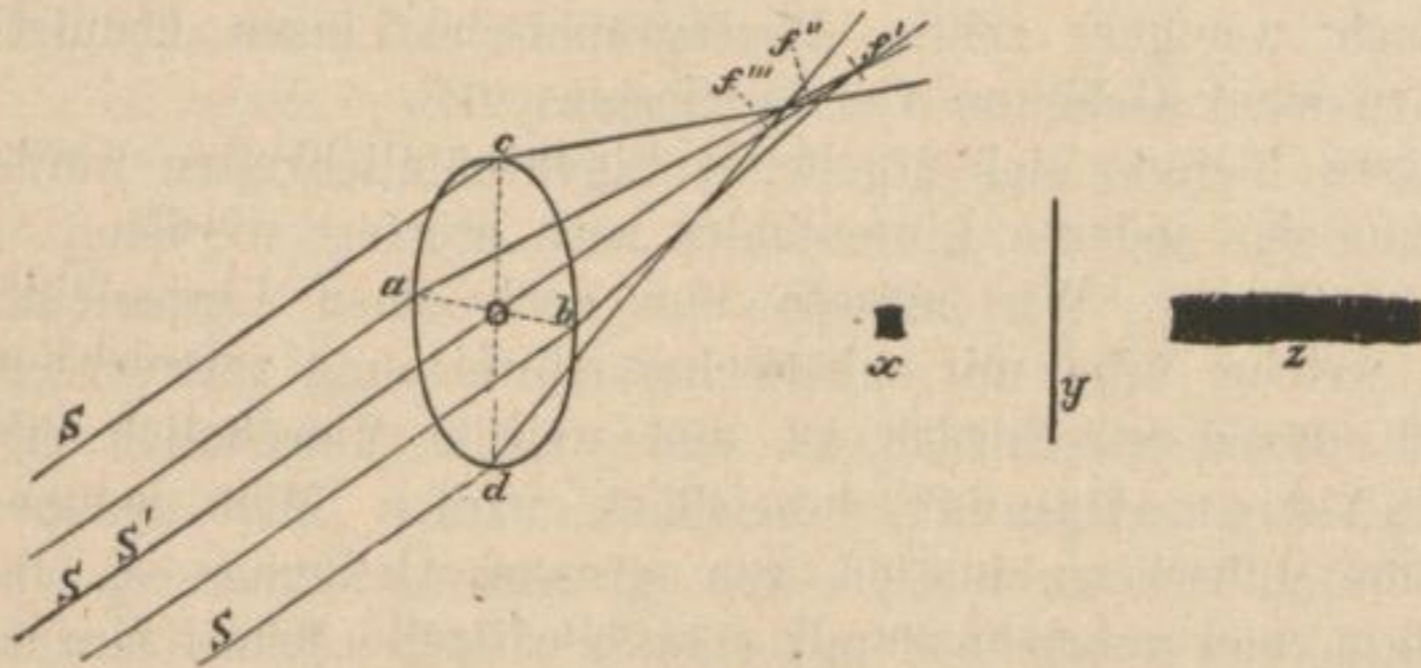
Weitere hieraus sich ergebende Eigenthümlichkeiten werden bei Besprechung der anderen Linsenfehler noch erörtert werden.

Astigmatismus. Wir müssen nun noch einen Linsenfehler besprechen, welcher öfter mit sphärischer Abweichung verwechselt wird aber doch davon verschieden ist und welcher gewöhnlich mit dem Namen „Astigmatismus“ bezeichnet wird. Man nehme eine aplanatische Linsencombination von grosser Oeffnung, z. B. eine Portraitlinse, und versuche damit eine Schriftzeile scharf einzustellen. Fällt das Bild der Schrift auf die Mitte der matten Scheibe, so erscheint es sehr scharf; fällt sie jedoch nahe dem Rande, so bekommt man es nie absolut scharf. Der Grund liegt darin, dass in der Brechung der verschiedenen Strahlen des schiefen Strahlenbündels $S S'$ Fig. 87 selbst, wenn dies die zulässige Breite $d' d'$ nicht überschreitet, dennoch ein Unterschied vorhanden ist, der in d' neben o einfallende Strahl bildet, wie aus Fig. 87 ersichtlich ist, nach der Brechung

einen kleineren Winkel mit der Hinterfläche der Linse als der dicht am unteren Rande der Linse bei d' einfallende Strahl. In Folge dessen wird der untere Strahl auch eine stärkere Brechung beim Passiren der zweiten Fläche erleiden als der obere und nach einem der Linse etwas näher liegenden Punkt der Nebenaxe $p f''$ gebrochen werden als ersterer.

Denkt man sich auf der Linsenfläche um o' einen Kreis $a b c d$ Fig. 88 mit dem Radius $o' d'$ geschlagen, der alle an der ersten Fläche ohne sphärische Abweichung eintretender Strahlen des Bündels $S S'$ einschliesst, so werden die Strahlen $S c$ und $S d$ die stärksten Differenzen in der Brechung zeigen. In Folge dessen wird sich auch in der Richtung des Hauptschnittes $c d$ die stärkste Unschärfe bemerklich machen. Die Strahlen $S a$ und $S b$ dagegen, welche in einem Horizontalschnitt $a b$ liegen, fallen symmetrisch zu o ein, ihre Einfallswinkel an der zweiten Fläche sind dieselben, ihre Brechungsverhältnisse, also auch ihr Focus f , derselbe. Gehen die Strahlen S von einem (weit entfernt) gedachten Punkte aus, so wird sich im Bilde desselben nach oben und unten eine Unschärfe stark bemerklich machen, seitlich aber viel weniger stark. Das Bild des Punktes erscheint wie x in Fig. 87. Diesen Fehler nennt man Astigmatism. Denkt man sich mehrere Punkte in senkrechter Richtung übereinander, d. h. eine senkrechte Linie, so decken sich die Unschärfen und das Bild der senkrechten Linie y erscheint demnach scharf. Liegen die

Fig. 88.



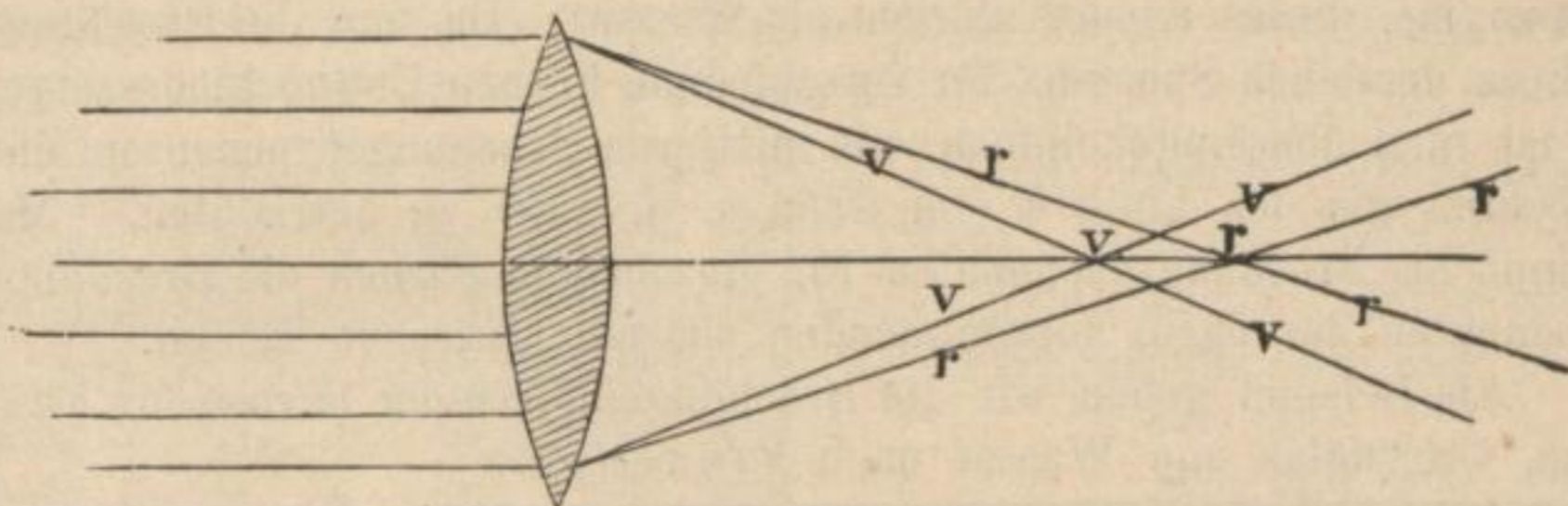
Punkte aber wagerecht nebeneinander, so zeigt jeder seine Unschärfe im Bilde selbstständig und das Bild der so erzeugten wagerechten Linie z erscheint demnach unscharf.

Man ersieht daraus, dass senkrechte und wagerechte Linien sich in Folge der Astigmatism ganz verschieden verhalten und solches beobachtet man leicht, wenn man zwei sich senkrecht kreuzende

Linien, deren Bild an den Rand des Gesichtsfelds einer Linse fällt, scharf einzustellen sucht. Miethé ist sicher der erste gewesen, der den Astigmatismus vermindern lehrte (Photo. Mittheil. Jahrg. 25 p. 173) und einen Anastigmaten von Hartnack auf den Markt brachte. Dr. Rudolph (Zeiss in Jena) wies nach, dass der Astigmatismus abhängig sei von der Wölbung (s. u.) der Bildfelder, von der Differenz der Brechungsindices der Cronflintlinsen (s. u. Achromasie), endlich vom Constructionstypus, dann, wie aus dieser Zeichnung hervorgeht, von der nutzbaren Oeffnung. Aus diesen Forschungen gingen Zeiss' unsymmetrische Anastigmaten hervor (s. u.; ferner Eder, Jahrbuch p. 225; Schroeder Suppl. Bd. p. 94).

Die chromatische Abweichung oder Farbenzerstreuung und die Focusdifferenz. Bereits im ersten Bande haben wir erwähnt, dass das weisse Licht beim Durchgange durch brechende Medien neben der Ablenkung noch eine Farbenzerstreuung erleidet, die daher rührt, dass das scheinbar einfache weisse Licht aus qualitativ verschiedenen

Fig. 89.



Strahlen besteht, die sich einerseits durch die eigenthümliche Wirkung auf Chemicalien und die Netzhaut, andererseits durch ihre verschiedene Brechbarkeit unterscheiden. Roth ist die am schwächsten, Violett die am stärksten brechbare Farbe. Diese Farbenzerstreuung tritt am auffallendsten beim Gange des Lichtes durch ein Prisma hervor. Da nun eine Linse sich, wie wir p. 275 gezeigt haben, einem Prismensystem analog verhält, so tritt solche Farbenzerstreuung auch bei der Brechung des Lichtes durch Linsen ein, und da Violett stärker brechbar ist als Roth, so werden nach dem Durchgange durch die Linse die violetten Strahlen vv als die stärker gebrochenen sich in einem der Axe näher liegenden Punkte schneiden, als die rothen rr .

Fällt demnach ein Bündel der Axe paralleler weisser Strahlen auf die Linse, so werden dieselben nach der Brechung nicht in einem Punkte vereinigt werden, sondern je nach ihrer verschiedenen Brech-

barkeit eine verschiedene Vereinigungsweite zeigen, die violetten die kürzeste, die rothen die längste, und statt eines einzigen leuchtenden Punktes, des Brennpunktes, welcher bei Anwendung einfarbigen Lichtes resultirt, wird man eine ganze Reihe verschiedenfarbiger Brennpunkte erhalten.*)

Den Unterschied zwischen den Brennweiten der rothen und violetten Strahlen nennt man die *chromatische Abweichung*.

Bringt man in den Brennpunkt der rothen Strahlen r eine matte Scheibe, so erhält man ein rothes Bild mit violettem Saume. Bringt man die Scheibe in den Brennpunkt der violetten Strahlen v , so erhält man ein violettes Bild mit rothem Saume. Diese farbigen Säume stören natürlich die Deutlichkeit der Bilder in hohem Grade und machen ein scharfes Einstellen überhaupt unmöglich. Linsen würden deshalb zur Erzeugung scharfer Bilder völlig ungeeignet sein, wenn wir nicht Mittel besäßen, diese chromatische Abweichung zu corrigiren. Wir haben bereits oben erläutert, dass die Brechungsindices für verschiedene durchsichtige Medien für ein und dasselbe einfarbige Licht sehr verschieden sind, dass Flintglas das Licht stärker breche, als Crown Glas, dieses wieder stärker als Wasser. Da nun die Brechungsindices derselben Substanz für verschiedene Farben Unterschiede zeigen, so ist man übereingekommen, als mittleren Brechungsexponenten einer Substanz den der Linie E (im Grün s. p. 135) zu betrachten. Man nimmt als Brechungsexponenten für die übrigen Farben die Brechungsexponenten der darin vorkommenden charakteristischen Linien.

Als Beispiel geben wir die Brechungsindices der Farben für Flintglas, Crown Glas und Wasser nach Fraunhofer.

| Substanz | B | C | D | E | F | G | H |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Flintglas | 1,627 | 1,629 | 1,635 | 1,642 | 1,648 | 1,660 | 1,671 |
| Crown Glas | 1,525 | 1,526 | 1,529 | 1,533 | 1,536 | 1,541 | 1,546 |
| Wasser | 1,330 | 1,331 | 1,333 | 1,335 | 1,337 | 1,341 | 1,344 |

Die Differenz zwischen den Brechungsindices der rothen und violetten Strahlen nennt man die *totale Dispersion*. Dieselbe beträgt

| | |
|---------------|---------|
| für Flintglas | 0,0433, |
| „ Crown Glas | 0,0207, |
| „ Wasser | 0,0132. |

*) Dieselben ergeben sich mathematisch leicht aus der Formel

$$\frac{1}{a} = (n-1) \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{R} \right) - \frac{1}{a}$$

wenn man für n die Brechungsindices der verschiedenen Farben einsetzt.

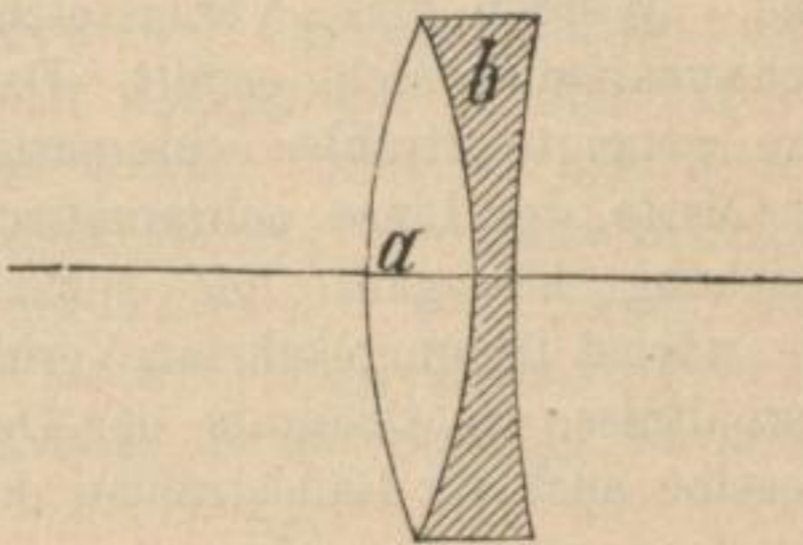
Die totale Dispersion ist demnach bei Flintglas mehr als doppelt so gross als bei Crownglas. Schleift man zwei Prismen aus Crownglas und Flintglas, welche beide die Linie E um gleichviel ablenken, so ist das Spectrum des Flintglases doppelt so gross als das des Crownglases. Construiert man aber ein Flintglasprisma, welches ein ebenso grosses Spectrum liefert, wie ein gegebenes Crownglasprisma, so ist die Ablenkung der Linie E in dem so erhaltenen Flintglasprisma bei gleicher Farbenzerstreuung eine geringere als in dem Crownglasprisma.

Legt man zwei solcher Prismen in verkehrter Lage auf einander, so werden die Strahlen durch das zweite Prisma nach der entgegengesetzten Richtung hin abgelenkt, die durch das erste Prisma bewirkte Farbenzerstreuung wird durch die gleich starke des zweiten Prismas aufgehoben, die Ablenkung der grünen Strahlen aber, welche, wie ausdrücklich bemerkt, bei dem zweiten Prisma geringer ist, wird nur um etwas vermindert, so dass sie jetzt die Differenz der beiden Ablenkungen ist. Wir besitzen demnach ein Mittel, die Farbenzerstreuung eines Prismas durch Combination mit einem Prisma anderer Dispersion aufzuheben, und solches Doppelprisma ohne Farbenzerstreuung nennt man ein achromatisches Prisma.

Eine absolute Farblosigkeit kann dadurch freilich nicht erreicht werden. Aus obiger Tabelle geht hervor, dass die Differenz der Brechungsexponenten für die Linien BC im Flintglase 1,9 mal so gross ist, wie im Crownglas, die Differenz der Brechung für GH aber beim Flintglas 2,19 mal so gross. Die Folge davon ist, dass bei zwei gleich langen Crown- und Flintglasspectren der violette Theil des Flintglasspectrums diesen Zahlen entsprechend länger ist, als beim Crownglas, und daher ist auch keine absolute Aufhebung der Farbenzerstreuung möglich.

Da Linsen als Combinationen von Prismenelementen angesehen werden können, so können wir gleicherweise auch Linsen achromatisch machen, indem wir eine convexe Crownglaslinse mit einer concaven Flintglaslinse *b* combinirt (Fig. 90). Beide werden entweder unmittelbar zusammengekittet (wie bei der Frontlinse des Portraitsobjectivs), oder sie stehen in einer gewissen Entfernung von einander (wie bei der Hinterlinse derselben Combinationen).

Fig. 90.



Focusdifferenz. Die Linsen sind für gewöhnlichen optischen Gebrauch so construirt, dass die rothen und die violetten Strahlen gleichen Focus zeigen. In solchem Falle besteht aber für den Focus der gelben und dunkelblauen Strahlen eine sehr merkliche Differenz, die sogenannte Focusdifferenz. Diese macht sich in photographischer Hinsicht sehr bemerklich. Das Auge pflegt beim Einstellen den Focus der gelben Strahlen als den hellsten zu fixiren, das so dem Auge scharf erscheinende Bild wird aber in der Photographie gänzlich unscharf werden, da nicht die gelben, sondern die blauen Strahlen es sind, welche die stärkste Wirkung auf die Platte hervorbringen.

Um diese Focusdifferenz zu vermeiden, werden neuerdings die photographischen Linsen so geschliffen, dass der Focus der gelben und dunkelblauen Strahlen zusammenfällt. Solche Achromate sind photographisch streng richtig für Collodiumplatten, wo die stärkste Wirkung (dunkelblau) bei G liegt, aber weniger richtig für Gelatineplatten, wo die stärkste Wirkung bei $G \frac{1}{2} F$ liegt.

Apochromate. Zeiss hat Linsen construirt, die auf drei Sonnenlinien G , F und D durch passende Wahl von Jenenser Glassorten achromatisirt sind. Der Theorie nach sind dieselben von Wichtigkeit zur Aufnahme passender Negative für den Dreifarbendruck (s. p. 220). Bei der praktischen Probe haben sich dieselben bei einem in unseren Händen befindlichen Exemplar dem gewöhnlichen Zeiss'schen Anastigmaten nicht überlegen gezeigt.

Die für Achromasie gegebenen Formeln werden entwickelt aus den Prismen- und Linsenformeln, die jedoch, wie wir früher gesehen haben, nur unter den Voraussetzungen, dass die Strahlen nahe bei der Axe einfallen und nur kleine Winkel mit derselben bilden, gültig sind. Werden diese Voraussetzungen nicht erfüllt, so ist auch der Achromatismus nicht erfüllt. Daher kommt es, dass schief gegen die Axe geneigte Strahlen chromatische Abweichung zeigen, wenn auch die Mitte der Linse achromatisch erscheint. Die chromatische Abweichung ist ganz der sphärischen Längenabweichung analog. Sie wächst im umgekehrten Verhältniss zur Brennweite und im directen Verhältniss des Quadrats der Oeffnung, und ähnlich wie dort kann dieselbe auch für Randstrahlen durch passende Wahl und Stellung der Blenden corrigirt werden.

Linsen mit Focusdifferenz kommen jetzt nur selten vor. Um Linsen auf Focusdifferenz zu prüfen, stelle man ein grosses Buch oder ein auf ein Brett geklebtes Zeitungsblatt schief auf und stelle die Linse auf die mittlere Zeile scharf ein, so dass dieselbe nahezu naturgross erscheint. Dann mache man eine Aufnahme. Ist auf derselben die eingestellte Zeile scharf, so ist keine Focusdifferenz vorhanden;

ist eine andere scharf, so ist entweder Focusdifferenz da oder matte Scheibe und Kasette stimmen nicht genau überein. Um darüber in's Klare zu kommen, stellt man mit Hülfe einer matten Scheibe ein, die man in die Kasette legt. Dadurch ist die „Kassettdifferenz“ eliminirt und dann kann man, wenn eine andere als die eingestellte Zeile scharf erscheint, sicher auf Focusdifferenz schliessen.

Um mit solchen Linsen dennoch scharfe Bilder zu erzielen, muss man die Einstellung corrigiren. Angenommen, es sei statt der eingestellten ersten Zeile die dritte Zeile scharf auf der Platte erschienen, so ergiebt sich, dass man, wenn man Zeile 3 scharf haben will, man auf Zeile 1 einstellen muss.

Nun markire man dann am Objectiv die scharfe Einstellung für Zeile 1, stelle dann auf Zeile 3 ein und mache wieder eine Marke. Um die Entfernung der beiden Marken muss man das Objectiv nach der scharfen Einstellung verrücken, falls man ein scharfes Bild auf der Platte erzielen will. Zu bemerken ist hierbei, dass diese Differenz verschieden ist bei verschiedener Entfernung des Objectivs. Man thut daher gut, sich nach letzterer zu richten. Will man z. B. die Focusdifferenz für Portraitaufnahmen feststellen, so stelle man das Prüfungsobject in der Entfernung der zu portraiturenden Person auf.

Wölbung der Bildfläche. Stellt man eine Camera mit irgend einer aplanatischen Linse auf einen Gegenstand scharf ein, so findet man, dass es nicht möglich ist, alle Theile des Bildes gleichzeitig scharf zu bekommen. Entweder ist der Rand unscharf und die Mitte scharf, oder umgekehrt. Dieser Fehler rührt keineswegs von der sphärischen Abweichung, denn er kommt bei allen vollkommen aplanatischen Linsen vor, sondern von der Wölbung der Bildfläche.*)

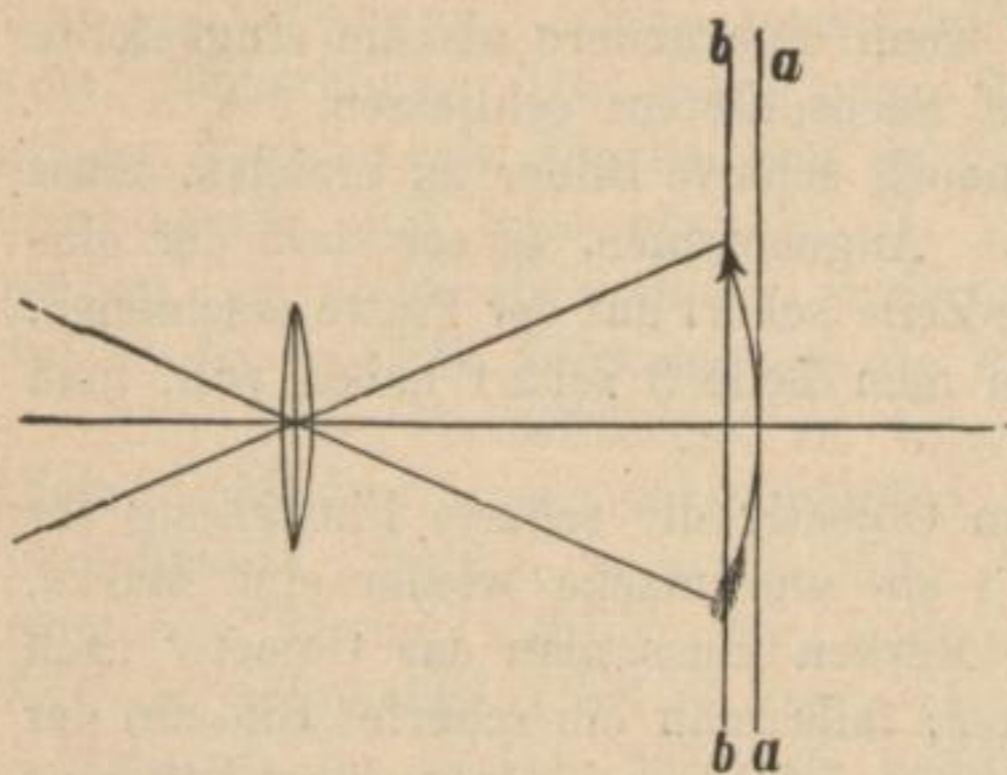
Wir haben bereits Seite 288, 289 bewiesen, dass das Bild nicht auf einer Ebene, sondern auf einer mehr oder weniger gekrümmten Fläche liegt, und beim Verrücken der matten Scheibe wird nur der Theil des Bildes auf derselben scharf erscheinen, welchen die matte Scheibe berührt oder schneidet. Der Pfeil der Figur 91 stellt solch ein gekrümmtes Bild dar. Bringt man die matte Scheibe an die Stelle *aa*, so erscheint nur der mittlere Theil scharf, in der Stellung *bb* aber nur der Rand.

Wir haben a. a. O. gezeigt, wie dieses gekrümmte Bild entsteht. Es wurde daselbst auch nachgewiesen, wie diese Bildkrümmung je nach der Stellung der Linse sehr verschieden ist. Bei Linsen mit

*) Wir bedienen uns hier, des Ausdrucks Wölbung, weil „Krümmung“ der Bildfläche gar zu häufig mit Krümmung der Linien im Bild (siehe Verzeichnung) verwechselt wird.

sehr beschränktem Gesichtsfeld (wie die astronomischen) ist die Bildwölbung nicht von Bedeutung; sehr auffallend offenbart sie sich aber

Fig. 91.



in der photographischen Praxis, wo die Strahlen oft einen bedeutenden Winkel mit der Axe bilden. Die Mittel, sie wegzuschaffen, resp. auf ein Minimum zu reduciren, bestehen

1. in der passenden Wahl der Linsen- und Blendenstellung. Auf p. 288 ist gezeigt, dass für eine planconvexe Linse mit Vorderblende der Krümmungsradius des

Bildes gleich $3r$ ist, wenn die Linse ihre plane Seite den Objecten zukehrt, dagegen kleiner als $2r$, wenn die Stellung von Linse und Blende die entgegengesetzte ist. Demnach ist das Bild im ersten Fall ein viel flacheres.

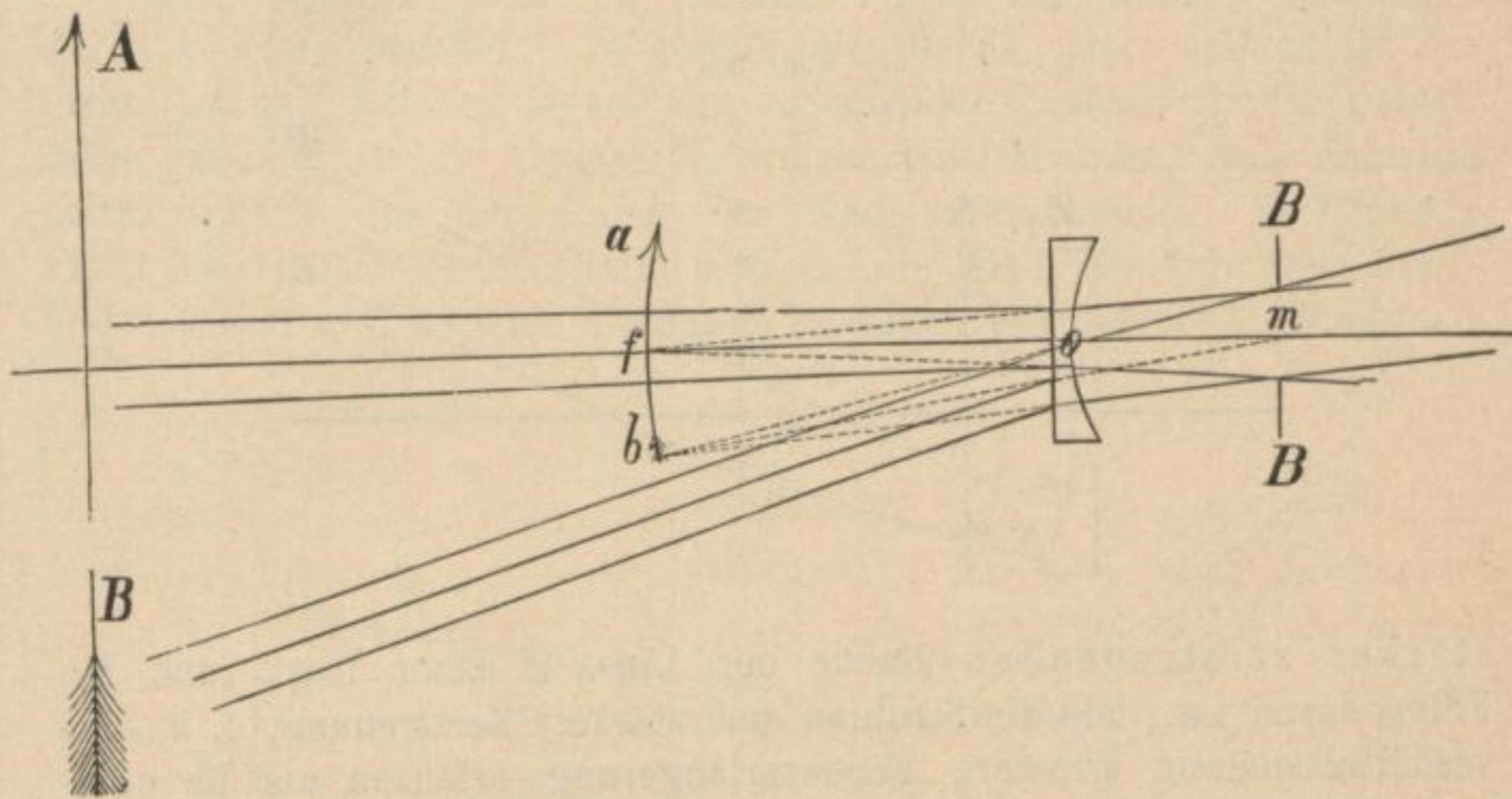
2. Durch passende Wahl der Linsenform. Wie es in Bezug auf sphärische Abweichung eine Linse bester Form giebt, so existiren auch Linsen bester Form in Bezug auf Verminderung der Bildwölbung, und hat die Erfahrung ergeben, dass die Menisken, deren concave Seite dem Objecte zugekehrt ist, das ebenste Bild liefern. Solche Linsen sind z. B. die Dallmeyer'schen Landschaftslinsen.

3. Durch Linsencombination. Wie oben gezeigt worden ist, giebt eine Sammellinse ein gewölbtes positives Bild eines ebenen Gegenstandes. In ähnlicher Weise liefert eine Zerstreuungslinse ein gewölbtes negatives Bild, d. h. die Strahlen, welche der Axe parallel auf die Zerstreuungslinse fallen, treten so aus, als gingen sie von dem Punkte f aus, die Strahlen des schief von unten kommenden Strahlenbündels werden so gebrochen, als kämen sie von einem Punkte b (Fig. 92). Denkt man sich den Pfeil AB in grosser Entfernung von der Linse, so werden die Strahlen, die von jedem einzelnen Punkte desselben kommen, so austreten, als gingen sie von einem kleinen Pfeil ab im Brennpunkt der Concavlinse aus. Dieser kleine Pfeil erscheint gekrümmt und auf derselben Seite mit dem Gegenstande.*)

*) Die Construction dieses Bildes so wie sein Krümmungsverhältniss sind ganz analog dem der Bilder einer planconvexen Linse, s. p. 287 u. s. f. Kehrt die planconvexe Linse ihre ebene Fläche den Gegenständen zu, so ist der Krümmungsradius gleich $3r$, im andern Fall kleiner als $2r$. Die Blende B muss für den in der Fig. 91 angenommenen Fall hinter die Linse gesetzt werden.

Nun bleiben die optischen Erscheinungen dieselben, wenn die Strahlen die entgegengesetzte Richtung verfolgen. Es folgt daraus, dass, wenn Strahlen von der rechten Seite der Linse her auf eine Zerstreuungslinse fallen, welche verlängert ein solches gewölbtes Bild ab liefern würden, diese zu einem ebenen Bilde AB vereinigen werden. Ist

Fig. 92.



das Bild, welches die Strahlen verlängert liefern würde, noch stärker gekrümmt, als es die Linse für sich allein erzeugen würde, so wird das Resultat ein concaves Bild sein.

Combinirt man demnach eine Sammellinse, welche ein gewölbtes Bild liefert, mit einer passend gewählten Zerstreuungslinse, so wird aus der Vereinigung beider ein ebenes Bild resultiren.

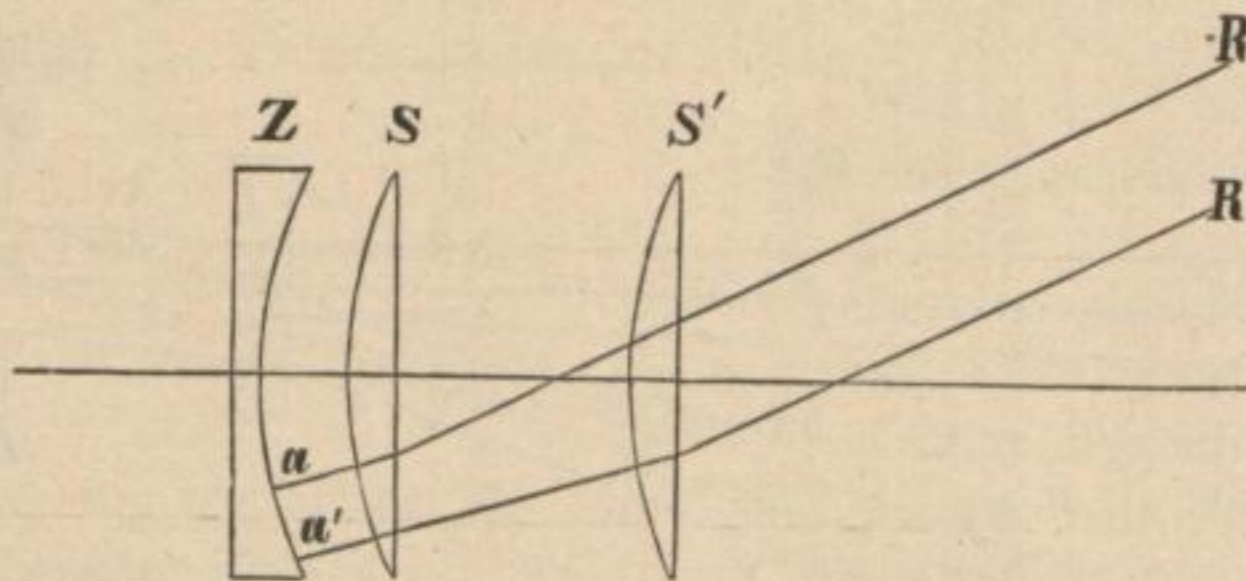
Man kann auf diese Weise die Bildwölbung freilich nicht vollständig aufheben, da sonst zu gleicher Zeit die Brechung aufgehoben würde.

Zur Correctur der Bildwölbung durch eine concave Linse benutzt man bei einfachen Linsencombinativen die Flintglaslinse, welche auch zur Correctur der chromatischen Abweichung dient. Einen besondern Einfluss hat hierbei auch die Stellung der Linsen zu einander. Planconvexe wie planconcave Linsen liefern viel stärker gekrümmte Bilder, wenn sie ihre gewölbte Seite den Gegenständen zukehren, als umgekehrt. Hat man demnach die planconvexe Linse so gestellt, dass sie ein stark gewölbtes Bild liefert, so corrigirt man dasselbe zweckmässig durch eine planconcave Linse, die ihre ebene Fläche der Convexlinse zukehrt.

Von wichtigem Einfluss ist auch die Entfernung der Linsen von einander. Fällt z. B. ein schiefes Strahlenbündel R auf eine Sammellinse S mit Vorderblende (Fig. 93), so wird das Bündel nach der Brechung die Zerstreuungslinse in a treffen. Steht die Linse aber weiter entfernt, z. B. bei S' , so trifft das Bündel R nach der Brechung in S die Linse Z in a' .

In letzterem Falle fällt es demnach auf einen Punkt, der dem

Fig. 93.



stärker zerstreuernden Rande der Linse Z näher liegt, und die Folge davon ist, dass die Strahlen eine stärkere Zerstreuung, d. h. eine verhältnissmässig grössere Focusverlängerung erfahren als die centralen Strahlen, die auch bei der zweiten Stellung von der Mitte der Linse Z aufgenommen werden. Das Resultat ist grössere „Ebnung“ der Bilder.

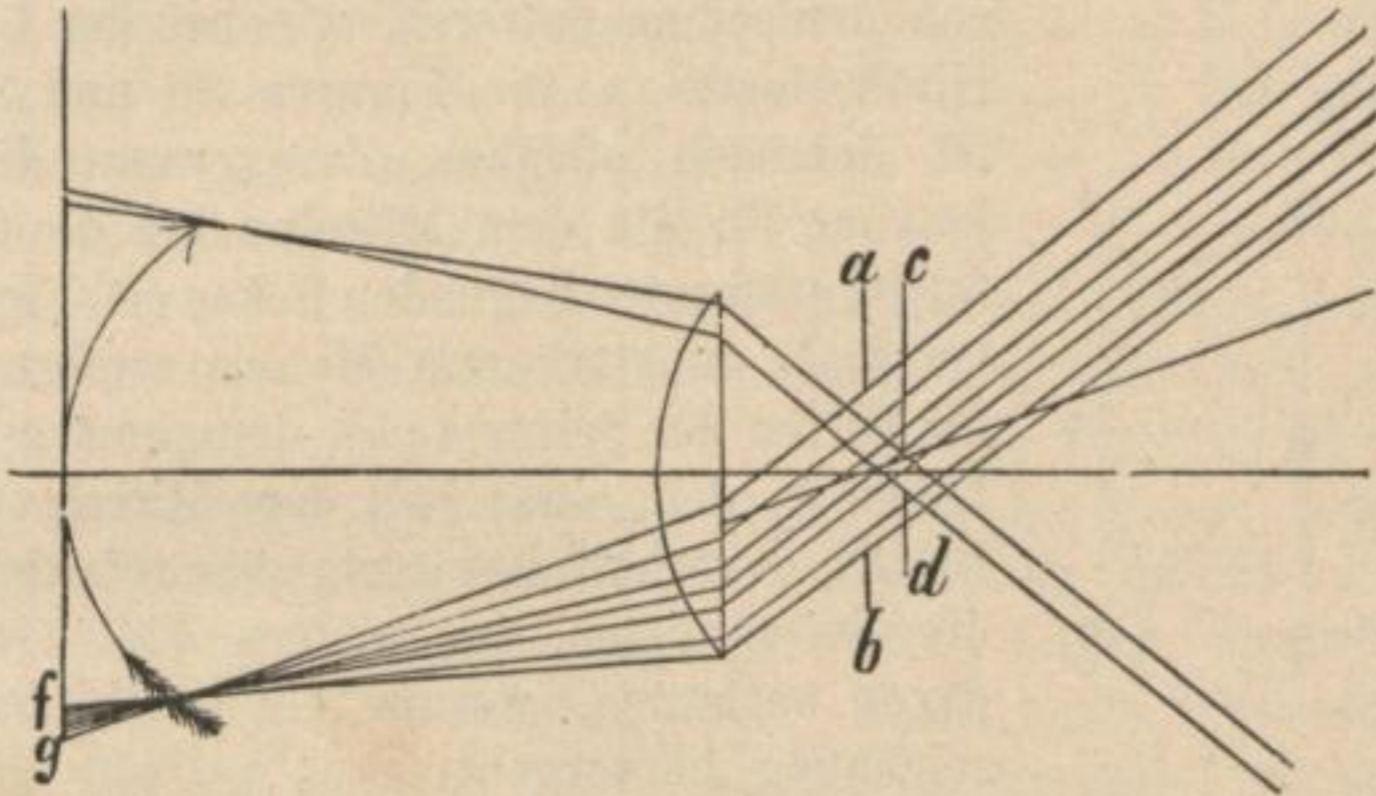
In dieser Weise sind die beiden Linsen der Hinterlinse des Portraitkopfs behufs der Correction der Bildwölbung um ein gewisses Stück von einander entfernt. Zuweilen ist die Entfernung eine nicht richtig gewählte, dann kann man durch Variation derselben nicht selten eine Linse verbessern. Man schraubt die hintere Combination auseinander, nähert oder entfernt die Linsen mit Hülfe eingelegter Papier- oder Pappstreifen und macht Probeaufnahmen; hierbei findet man, bei welcher Linsenstellung das Objectiv am günstigsten wirkt.

Ferner ist hier das Petzval'sche Orthoskop zu erwähnen. Dieses ist eine Combination einer Sammellinse mit einer um ein gewisses Stück davon entfernten Zerstreuungslinse. Die Sammellinse kehrt ihre convexe Seite den Strahlen zu. Sie allein würde ein sehr gewölbtes Bild liefern, indem jedoch die schiefen Strahlen, welche von ihr ausgehen, auf den Rand der Concavlinse fallen, der stärker zerstreut als die Mitte, wird ihre Brennweite mehr verlängert, als die der axialen Strahlen, und als Folge davon resultirt ein ebeneres Bild. In ähnlicher Weise wird bei den Dallmeyer'schen Tripelobjectiven durch Ein-

führung einer negativen Zwischenlinse die Verlängerung des Focus der schiefen Strahlen und dadurch Ebenheit des Bildes erzielt. Freilich ist diese bei keinem Objectiv eine vollkommene; die übrigbleibende Bildwölbung schadet jedoch nicht immer. Bei Portraits z. B. brauchen nicht alle Punkte scharf zu sein, sondern nur die charakteristischen Theile. Anders ist es jedoch bei Aufnahme von Zeichnungen, Architecturen etc.

Nun erreicht man die Schärfe über das ganze Bild auch durch kleine Blenden. Je kleiner die Blende, desto spitzer ist der Strahlenkegel, welchen irgend ein auffallender Strahlencylinder liefert, desto geringer ist die Unschärfe, welche bewirkt wird, falls man die matte Scheibe aus der Spitze der Kegel herausrückt. Beifolgende Figur 94 erläutert dies. Stellt man auf die Mitte des krummen Pfeilbildes scharf ein, so wird der Rand unscharf, bei grosser Oeffnung ab

Fig. 94.

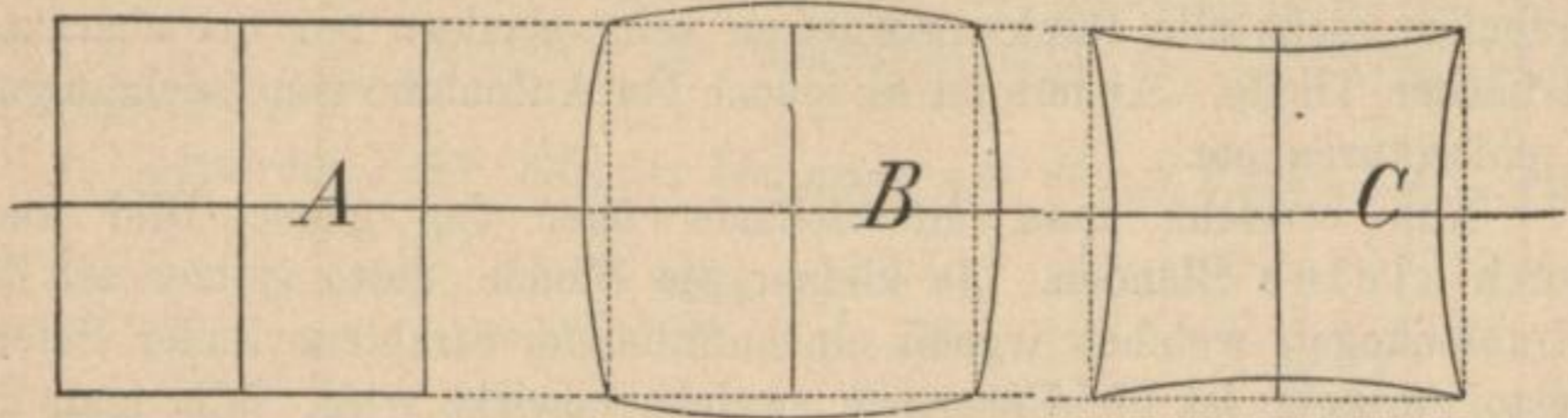


ist die Unschärfe eine beträchtliche, sie bildet dann einen Zerstreungskreis vom Durchmesser fg . Bei kleiner Blende cd ist dagegen der Zerstreungskreis von viel geringerem Durchmesser, d. h. die Unschärfe viel geringer.

Die Verzeichnung. Stellt man mit einer einfachen Linse mit Vorderblende auf ein Quadrat A scharf ein, so erscheint das Bild desselben nicht als Quadrat, sondern mit gekrümmten Seiten, fast wie eine Tonne (B) Fig. 94. Die Linien sind nach auswärts gekrümmt. Nimmt man statt der Linse mit Vorderblende eine mit Hinterblende, so ist die Krümmung die entgegengesetzte (C). Diesen Fehler findet man bei allen einfachen Linsen, wenn auch nicht in gleichem Grade. Er beruht darauf, dass die von den Ecken des Quadrats $bbbb$ Fig. 95 ausgehenden Strahlen unter stärkerem Winkel auf die Linse fallen,

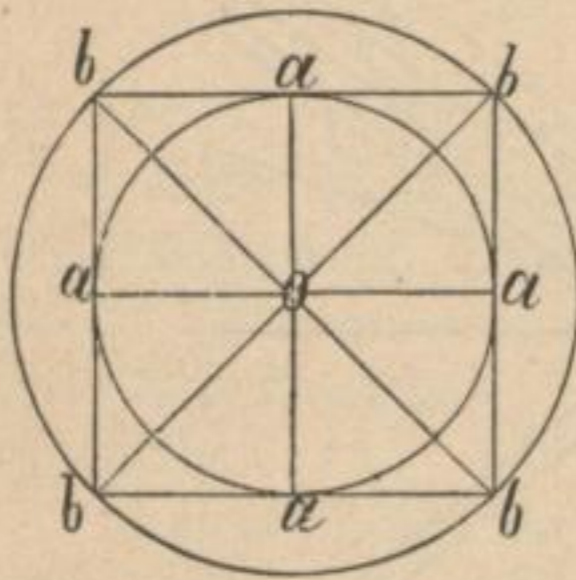
also eine stärkere Ablenkung erleiden als die von der Mitte der Seiten *aaaa* ausgehenden Strahlen. (Wie wir früher gesehen haben, wächst

Fig. 95.



die Ablenkung in grösserem Maasse als der Einfallswinkel.) Nun werden jedoch bei dieser Ablenkung, je nach der Blendenstellung, wie früher gezeigt worden ist, die Randstrahlen entweder dem Mittelpunkte des Gesichtsfeldes genähert, wie bei der Linse mit Vorderblende, oder

Fig. 96.



von demselben entfernt, wie bei der Linse mit Hinterblende (s. die Figuren 86 und 87). Es ist demnach offenbar, dass, wenn diese Ablenkung für die dem Mittelpunkte des Gesichtsfeldes entfernter liegenden Ecken (*bb* Fig. 96) des Quadrats in stärkerem Maasse erfolgt, als für die Mitten der Seiten (*aa*), demgemäss auch die Ecken in dem einen Fall dem Mittelpunkte des Bildfeldes verhältnissmässig näher rücken werden die Seitenmitten, im andern Fall sich mehr davon entfernen, woraus die geschilderte Verzeichnung hervorgeht.

Dieser Uebelstand der Verzeichnung zeigt sich um so auffallender, je grösser das Gesichtsfeld der Linse genommen wird. Er stört namentlich bei Aufnahmen von Zeichnungen und Architecturen. Will man einfache Linsen zu diesem Zweck benutzen, so darf nur der mittlere Theil des Bildfeldes verwendet werden. Die Verzeichnung ist auch abhängig von der Linsenform. Unter allen einfachen Linsenformen zeigt der Meniscus mit der concaven Seite dem Object zugerichtet die Verzeichnung am wenigsten, stärker ist sie schon bei der planconvexen Linse, deren flache Seite nach dem Object gerichtet ist, noch stärker bei den biconvexen. Bei einfachen Linsen ist durch passende Wahl der Form die Verzeichnung zwar auf ein Minimum zu reduciren, jedoch niemals ganz aufzubeben.

Aufhebung der Verzeichnung. Doppelobjectiv. Vermeidung dieses Fehlers erzielt man nur durch Linsencombinationen. Man denke sich

zwei Linsen *AB* in gewisser Entfernung von einander, und zwischen beiden in der Mitte eine Blende *D*. Diese Blende wirkt in Bezug auf die erste Linse wie eine Hinterblende, sie erzeugt die Verzeichnung *C* (Fig. 96); in Bezug auf die zweite Linse wirkt sie dagegen wie eine Vorderblende, sie erzeugt dann die Verzeichnung *B*. Da beide Verzeichnungen entgegengesetzt sind, so heben sie sich gegenseitig auf, und das Resultat ist ein correctes Bild.

Solche Doppelobjective mit Centralblenden sind z. B. die Kugelobjective, Pantoskope und die neuen Steinheil'schen Aplanate. Die Portraitlinsen von Petzval sind ähnlich construirt, da aber die beiden Linsen sehr ungleich sind, so bleibt noch eine merkliche Verzeichnung übrig.

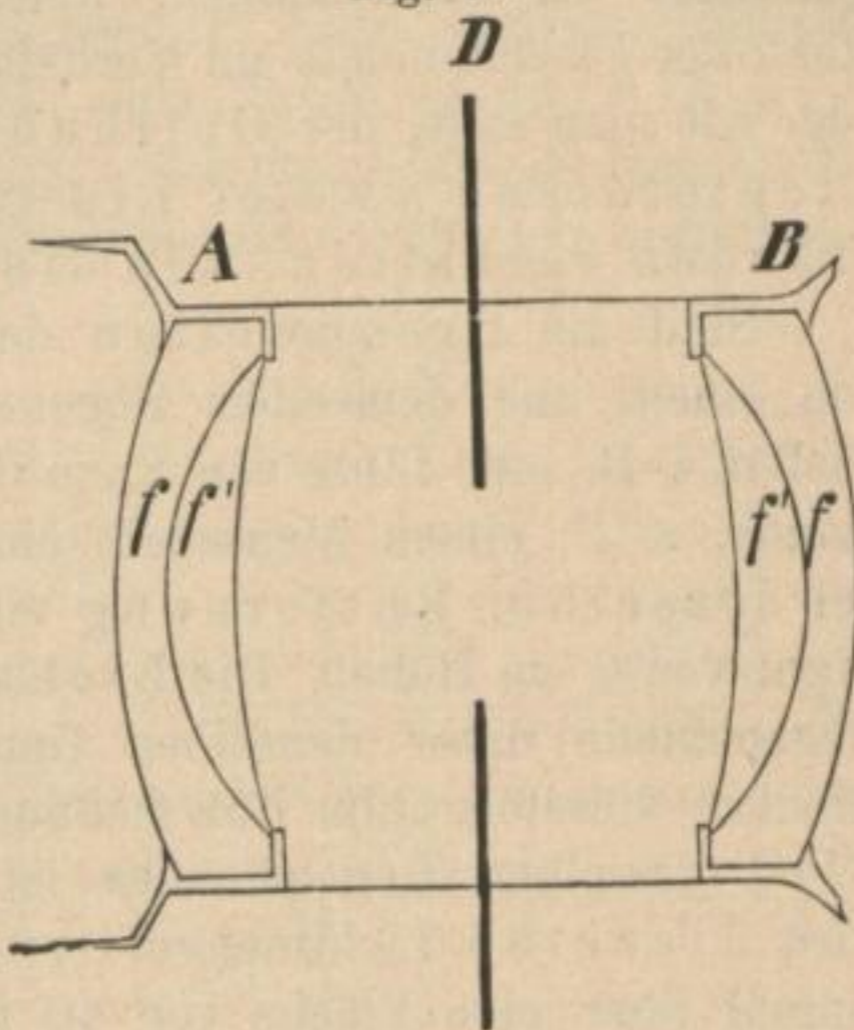
In Dallmeyer's und Busch, Voigtländer's und sonstigen unten zu beschreibenden neueren Constructionen ist dieselbe beseitigt.

Perspectivische Verzeichnung. Neben der hier beschriebenen optischen Verzeichnung existirt auch noch eine perspectivische Verzeichnung, die sich auch bei solchen Linsen einstellt, welche frei von optischer Verzeichnung sind. Stellt man z. B. eine Camera mit Steinheil's Aplanat schief nach oben gerichtet einem Gebäude gegenüber, so bemerkt man, dass alle senkrechten Linien nach oben zusammenlaufen. Richtet man den Apparat nach unten, so convergiren die senkrechten Linien nach unten. Diese perspectivische Verzeichnung tritt nur ein, wenn der Apparat nicht senkrecht steht. Andere perspectivische Verzeichnungen, die im Portraitfach etc. auftreten, sind im vierten Band unseres Buches (Kunstlehre) erörtert.

Capitel III. Ueber Lichtstärke, Gesichtsfeld und Tiefe der Linsen.

Lichtstärke. Unter der Lichtstärke einer Linse versteht man ihre Fähigkeit, ein mehr oder weniger helles Bild zu liefern. Diese Fähigkeit hängt ab 1. von dem Flächeninhalt der Linse, 2. von ihrer Brennweite, 3. von dem Verlust durch Reflexion

Fig. 97.



und Absorption, welche das Licht beim Durchgange durch die Glasmasse erleidet.

Je grösser die Fläche einer Linse ist, desto grösser ist die Quantität der Lichtstrahlen, welche sie aufzunehmen vermag. Nun steht der Flächeninhalt im Verhältniss des Quadrats des Durchmessers, oder wie man sagt, der Oeffnung. Demnach werden sich die Lichtstärken zweier Linsen unter sonst gleichen Umständen verhalten, wie die Quadrate ihrer Oeffnung.

Sind die Brennweiten der Linsen verschieden, so liefern sie von einem und demselben Gegenstande ein verschieden grosses Bild. Liefert z. B. eine Linse von 8 cm Brennweite von irgend einem Gegenstande, z. B. einem Menschen, eine Figur von 3 cm Höhe, so liefert bei derselben Entfernung eine Linse von 36 cm Brennweite eine Figur von 6 cm Höhe. Die Lichtmenge, welche von demselben Gegenstande unter denselben Umständen auf beide Linsen fällt, ist offenbar dieselbe, falls ihre Oeffnung dieselbe ist. Je grösser aber das Bild desselben Gegenstandes ist, über eine desto grössere Fläche wird dieselbe Lichtmenge zerstreut. Wird dieselbe Lichtquantität einmal über eine Fläche von 10 Quadratcm, ein andermal über eine von 20 Quadratcm Grösse vertheilt, so ist im letztern Falle die Lichtmenge, d. h. die Helligkeit auf 1 Quadratcm Fläche nur halb so gross, als im ersten Falle.

Nun verhalten sich die Flächeninhalte zweier ähnlicher Figuren wie die Quadrate gleich liegender Linien, z. B. wie die Quadrate ihrer Höhe; da aber die Grösse einer Figur im Bilde der Brennweite einer Linse proportional ist, so verhalten sich demnach die Flächeninhalte derselben wie die Quadrate der Brennweiten, und da die Lichtstärke zweier Bilder im umgekehrten Verhältnisse ihres Flächeninhaltes steht, so folgt daraus:

Die Lichtstärken zweier Linsen verhalten sich, unter sonst gleichen Umständen, umgekehrt wie die Quadrate ihrer Brennweite. Oeffnung und Brennweite sind demnach die Hauptelemente zur Beurtheilung der Lichtstärke einer Linse. Das directe Verhältniss der ersten, das indirecte Verhältniss der letzteren bilden das Kriterium derselben. Will man daher zwei Linsen mit einander vergleichen, so dividirt man zunächst ihre Oeffnung o durch ihre Brennweite f und erhebt diesen Bruch in's Quadrat.

Man nennt diesen Bruch $\frac{o}{f}$ die relative Oeffnung.

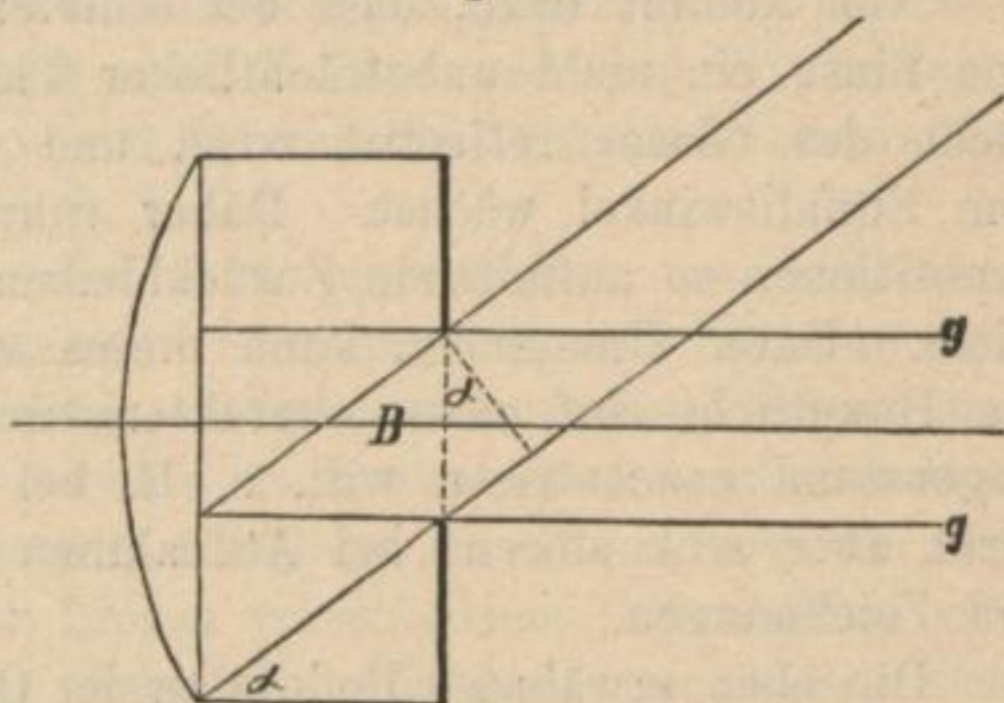
Abnahme der Helligkeit nach dem Rande hin. $\frac{o}{f}$ gilt in Preislisten meist nur für Linsen mit voller Oeffnung. Benutzt man aber Linsen mit Blende, so ist statt der Linsenöffnung die Blendenöffnung

zu setzen und dürfen nur Vorderblenden mit Vorderblenden, Hinterblenden mit Hinterblenden verglichen werden.

Nun ist aber die Lichtstärke eines Bildes nicht in allen Theilen dieselbe. Schon mit blossem Auge bemerkt man, dass die Helligkeit der Linsenbilder von der Mitte nach dem Rande zu nachlässt.

Der Umstand ist leicht zu erklären. Man nehme den einfachsten Fall einer Linse mit Vorderblende. Der Durchmesser des gerade auffallenden Strahlenbüschels $g\bar{g}$ (Fig. 98) ist hier gleich dem Blendendurchmesser B , der Durchmesser des schief auffallenden Strahlenbüschels dagegen ist gleich dem Blendendurchmesser, multiplicirt mit dem Cosinus des Einfallswinkels, d. h. gleich $B \cos \alpha$, demnach z. B. für einen Winkel von $60^\circ = \frac{1}{2} B$, und da die Helligkeiten sich wie das Quadrat der Oeffnung verhalten, so

Fig. 98.



werden die Helligkeiten für Mitte und Rand des Bildes sich verhalten wie 1:4. Je grösser der Neigungswinkel der Strahlen gegen die Linse ist, desto geringer wird demnach die Helligkeit des Bildrandes, daher tritt dieser Fehler sehr auffallend bei den Weitwinkellinsen hervor.

Die Randintensität i' ist, wenn die der Mitte des Gesichtsfeldes $= i$ ist:

$$i' = i \cos^2 \varphi$$

Setzt man die Lichtmenge nahe der Mitte der Platte gleich 1, so erhalten die in einem gewissen Winkelabstand davon gelegenen Punkte die in nachfolgender Tabelle aufgeschriebenen Lichtmengen:

| 0° | 5° | 10° | 15° | 20° | 25° | 30° | 35° | 40° | 45° | 50° | 60° |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1.00 | 0.99 | 0.97 | 0.93 | 0.88 | 0.82 | 0.75 | 0.67 | 0.59 | 0.50 | 0.41 | 0.25 |

Man sieht also — und dies gilt für jedes Objectiv mit Centralblende bis nahe an den Rand des Bildfeldes genau — dass die Lichtstärke erst langsam und dann rascher und rascher abnimmt und bei 90° nur noch die Hälfte derjenigen beträgt, welche nahe der Mitte der Platte herrscht. Bei Weitwinkelobjectiven ist diese Erscheinung sehr bemerkbar, da hier das Bildfeld bis 110° umfasst. Unabhängig jedoch von dieser unumgänglichen Abnahme des Lichts ist der bei unvollkommen construirten Objectiven nahe der Mitte des Bildfeldes

auftretende Lichtfleck, S. u., welcher von einer Spiegelung an den gegen die Platte concaven Linsenflächen herrührt und durch passende Wahl der Radien dieser Flächen verringert oder beseitigt werden kann.

Ungleich complicirter wird das Gesetz der Lichtabnahme, wenn das Objectiv ohne Blende arbeitet. Ein seitlich auffallendes Strahlenbüschel wird nämlich zum Theil von der Fassung des Objectives abgeblendet, und nur der Rest kann auf die Hinterlinse fallen.*)

Nun kommt dazu, dass bei schiefem Auffallen der Strahlen auf eine Linse ein nicht unbeträchtlicher Theil des Lichtes an der Oberfläche des Glases reflectirt wird, und dass dieser Lichtverlust mit dem Einfallswinkel wächst. Daher rührt das namentlich bei kurzen Expositionen so auffallende Zurückbleiben des Randes gegen die Bildmitte. Unter Umständen kann dieses von Vortheil sein, wenn man das Hauptlicht auf einen charakteristischen, in der Mitte liegenden Gegenstand concentriren will, z. B. bei Portraits auf den Kopf; es wirkt aber sehr störend bei Aufnahmen von Gebäuden, Landschaften und Zeichnungen.

Die eben erwähnten Reflexe an der Oberfläche der Linsen bewirken aber noch eine andere unangenehme Erscheinung, den sogenannten Lichtfleck und das Entstehen secundärer Bilder.

Fällt Licht auf eine Linse, so wird ein Theil desselben an der Oberfläche reflectirt, ein anderer Theil geht hinein; an der Hinterfläche findet aber eine abermalige Reflexion statt, die reflectirten Strahlen treffen die Vorderfläche, werden hier wieder zurückgeworfen und nun von der Hinterfläche theils wieder zurückgeworfen, theils gebrochen; so entsteht ein secundäres Bild, welches allerdings sehr lichtschwach ist und daher bei kurzer Exposition selten nachtheilig ist, wohl aber bei langer. Der Focus dieses secundären Bildes ist abhängig von der Krümmung der Flächen, in der Regel ist er von dem Hauptbrennpunkte der Linse sehr verschieden und die Folge davon ist, dass das secundäre Bild im Hauptbrennpunkt nicht scharf erscheint, sondern sich als verschwommener Lichtfleck neben dem hellen Gegenstande, der ihn veranlasst, markirt. Herr Busch in Rathenow erzählt von einer Linse, bei welcher seltsamer Weise das secundäre Bild mit dem Hauptbilde dieselbe Brennweite hatte und als verkleinertes, verkehrtes Bild des Hauptbildes auf der matten Scheibe deutlich sichtbar war. Je stärker gekrümmt die Flächen einer Linse sind, desto stärker spiegeln sie, desto heller ist das secundäre Bild resp. der Lichtfleck; je kleiner die Blende, desto mehr wächst

*) Näheres darüber s. Miethes, fotogr. Mittheil. XXV, p. 28.

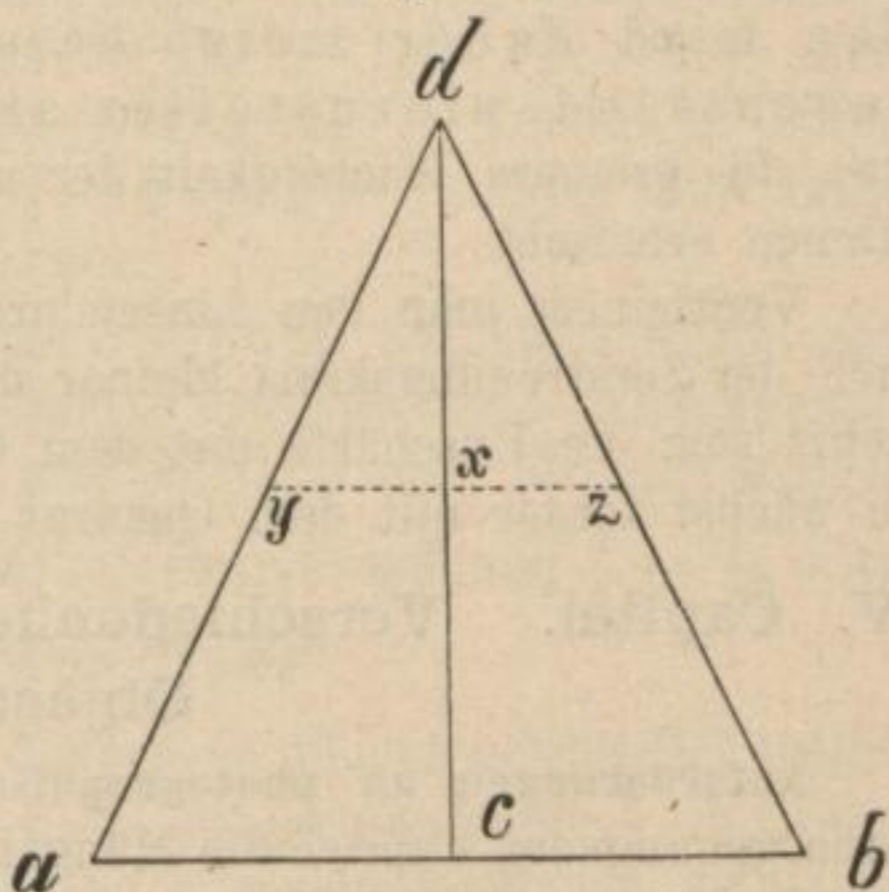
seine Schärfe, daher sieht man ihn sehr auffallend bei den Kugellinsen, namentlich wenn die Vorderfläche vom Sonnenlicht getroffen wird, oder dem hellen Himmel gegenübersteht. Liegt die Brennweite des secundären Bildes in der Unendlichkeit, so erscheint dasselbe als Bild der Blende und markirt sich deutlich als heller Fleck mitten im Bilde. Verrückt man in solchem Fall die Blende nach vorn, so wird der Fleck schärfer und kleiner; verrückt man sie nach hinten, so wird er grösser und verschwommen. Durch letzteres Mittel kann man den Uebelstand zuweilen heben oder vermindern. Näheres über diese Erscheinung siehe in den Artikeln von Dallmeyer und Steinheil, Photogr. Mittheil. IV. Jahrg., p. 143 und 283, ferner Schroeder Supplementbd.

Gesichtsfeld. Wir haben nun noch zu erörtern, was wir unter Gesichtsfeld einer Linse verstehen. Schraubt man eine Linse an eine grosse Camera, und stellt auf einen entfernten Gegenstand scharf ein, so erkennt man auf der matten Scheibe ein kreisrundes, ziemlich scharf begrenztes Bild. Der Durchmesser desselben ist unabhängig von der Blendengrösse. Vergleicht man Linsen verschiedener Construction und gleicher Brennweite mit einander, so erkennt man, dass dieses kreisrunde Bild bei verschiedenen Linsen sehr verschieden an Grösse ist. Den Winkel, unter welchem dieses Bild, vom optischen Mittelpunkt d des Objectivs aus gesehen, erscheint, nennt man das Gesichtsfeld der betreffenden Linse.

Ist ab (Fig. 99) der Durchmesser des runden Bildes, cd gleich der Brennweite, so ist der Winkel adb das Gesichtsfeld. Von dem runden Bilde erscheint nur ein Theil scharf, nämlich der mittlere, und die Schärfe verbreitet sich um so weiter nach dem Rande hin, je kleiner die Blenden genommen werden.

Das bei einer bestimmten Blendengrösse brauchbare Bildfeld ist demnach immer kleiner als das Gesichtsfeld. Es wird ebenso wie das Gesichtsfeld aus dem Winkel bei d bestimmt, welchen zwei, nach diametral gegenüberstehenden, noch hinreichend scharf erscheinenden Punkten gezogene Linien mit einander machen. Wir ziehen es jetzt vor, das Gesichtsfeld und brauchbare Bildfeld nicht

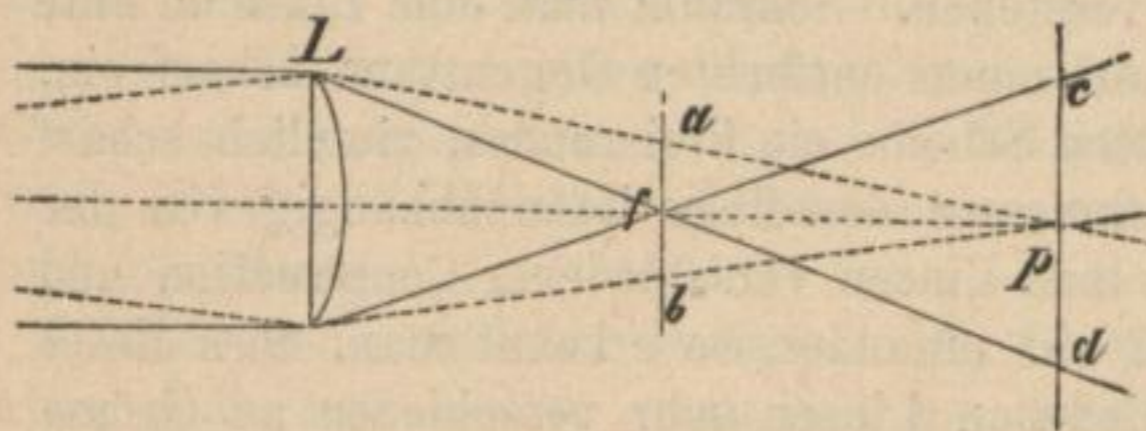
Fig. 99.



durch Winkel, sondern durch ihr Verhältniss zur Brennweite anzugeben (s. u.).

Tiefe. Unter Tiefe einer Linse versteht man die Fähigkeit derselben, nahe und ferne Gegenstände annähernd in derselben Ebene scharf abzubilden. Für praktische Anforderungen erscheinen alle Gegenstände genügend scharf, deren Entfernung von der Linse mehr als das fünfzigfache ihrer Brennweite beträgt, d. h. ihre Bilder erscheinen dann mit den Bildern unendlich weit entfernter Gegenstände fast in demselben Focus, rücken die Gegenstände aber näher, so rücken ihre Bilder weiter von der Linse ab. Hat man demnach sehr nahe und ferne Gegenstände gleichzeitig im Bilde, so kann man nicht gleichzeitig auf beide mit voller Oeffnung scharf einstellen. Stellt man auf das Bild des

Fig. 100.



ferneren bei f (Fig. 100) ein, so bildet der nähere, dessen Bild bei p liegt, einen Zerstreuungskreis von dem Durchmesser ab , stellt man auf den näheren bei p ein, so bildet der fernere einen Zerstreuungskreis von

dem Durchmesser cd . Die Grösse dieses Zerstreuungskreises bedingt die Grösse der Unschärfe, ab ist nun ersichtlich kleiner als cd . Man wird daher meist besser thun, auf die ferneren Gegenstände einzustellen als auf die näheren, falls nicht etwa die grössere Wichtigkeit der näheren Gegenstände andre Maassnahmen erheischt.

Verkleinert man den Linsendurchmesser durch Blenden, so wird auch der Zerstreuungskreis kleiner und daher vermindert sich und vermehrt sich die Unschärfe mit dem Quadrate des Linsendurchmessers, sie wächst ferner mit dem Quadrat der Brennweite.

IV. Capitel. Verschiedenheit der photographischen Objective.

Anforderungen an photographische Linsen. Wir haben in dem vorhergegangenen Capitel die Mängel unserer optischen Gläser und die Mittel, sie zu vermeiden resp. auf ein Minimum zu reduciren, kennen gelernt und in verschiedenen Punkten darauf hingedeutet, dass deren Wegschaffung mit Rücksicht auf die grossen Anforderungen, die man an photographische Linsen stellt, nur theilweise möglich ist, und daher werden alle unsere photographischen Linsen selbst bei der besten Ausführung noch zu wünschen übrig lassen.

Man verlangt von einer photographischen Linse: 1. grosse Lichtstärke, um in möglichst kurzer Zeit, namentlich von Gegenständen, die sehr dunkel oder unruhig sind, Aufnahmen machen zu können. Diese lässt sich nur erreichen mit grossen Oeffnungen und kurzen Brennweiten; 2. grosse Schärfe bis zum Rande. Diese ist nur mit kleinen Oeffnungen (Blenden) zu erzielen, also dem Gegensatz zu Bedingung 1; 3. grosses und ebenes Gesichtsfeld. Dieses bedingt sehr schief einfallende Strahlenbüschel, für welche die sphärische Abweichung und Bildkrümmung nur schwer zu corrigiren sind; 4. Freiheit von Verzeichnung; 5. Freiheit von Focusdifferenz; 6. Gleichmässigkeit der Lichtkraft über das ganze Gesichtsfeld; 7. Tiefe, d. h. hinreichende Schärfe für Gegenstände, die verschieden weit von der Camera entfernt sind.

Alle diese Bedingungen sind nur schwer oder nicht gleichzeitig zu erfüllen; daher ist man genöthigt, sich für verschiedene Zwecke verschiedener Objective zu bedienen.

Der Bedingung 5 entsprechen die meisten Doppel-Objective in einem für die Praxis ausreichenden Grade, den übrigen Bedingungen jedoch nur theilweise.

So erfüllt das Portraitobjectiv namentlich die Bedingung 1 (Lichtstärke), weniger die übrigen, der Steinheil-Aplanat und die neueren Linsen die Bedingung 4 (correcte Zeichnung); sie übertreffen das Portraitobjectiv in Bezug auf Bedingung 3 (Gesichtsfeld) und 7, stehen ihm jedoch in Bezug auf Lichtstärke nach. Das Pantoskop übertrifft alle an Gesichtsfeld und Tiefe (Bedingung 7), kommt in Bezug auf Correctheit (Bedingung 4) den vorhergehenden gleich, steht ihnen aber in der Lichtstärke bedeutend nach.

Die neueren deutschen Linsen wie Steinheil's Aplanat, Antiplanet, Voigtländer's Euriskop, Zeiss' und Voigtländer's Anastigmat, Goerz' Doppelanastigmat zeigen eine mittlere aber für die jetzigen Trockenplatten ausreichende Lichtstärke, relative Oeffnung $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{8}$, mittleren Bildwinkel ca. 60—70°, mittlere Tiefe.

Ueber Objectivprüfungen. Photographen pflegen gewöhnlich behufs der Prüfung eines Objectivs ein paar Versuchsaufnahmen mit dem fraglichen Objective zu machen. Solche sind sehr schätzbar, sie geben einen ungefähren Anhalt über die Bildgrösse, die Schärfe nach dem Rande hin und die Freiheit von Focusdifferenz und Verzeichnung, und über die Lichtstärke. Zur genaueren Bestimmung der letzteren aber so wie des Gesichtsfeldes ist es nöthig Focus und Lichtkreis (p. 307) und Bildfeld zu messen.

Portraitlinsen. Häufig sagt man: ein Portraitobjectiv, welches eine doppelt so hohe Figur liefert, als sein Durchmesser, ist ein gutes.

Man braucht aber nur in die Preiscourants der Optiker zu blicken, um zu erkennen, dass die Bildgrösse bei Objectiven derselben Oeffnung total verschieden ist. Z. B. giebt der Busch'sche Dreizöller

| System | I | ein Bild von | 7 | × | 9 | Zoll | 12 | Zoll | 138 | Mark. |
|--------|-----|--------------|-------------------------------|---|-------------------------------|------|---------------------------------|------|-----|-------|
| " | II | " | 6 | × | 7 ¹ / ₂ | " | 10 ⁷ / ₁₀ | " | 153 | " |
| " | III | " | 4 ³ / ₄ | × | 6 ¹ / ₄ | " | 9 ² / ₁₀ | " | 180 | " |
| " | IV | " | 4 ¹ / ₄ | × | 5 ¹ / ₄ | " | 7 ⁷ / ₁₀ | " | 210 | " |

Nimmt man die Bildgrösse als Ausgangspunkt, so würde der erste der beste sein. Nun ist aber gerade der letzte, welcher das kleinste Bild liefert, der theuerste. Worin beruht demnach der Unterschied? Es ist die Lichtstärke. Je kürzer die Brennweite, desto grösser ist, bei gleicher Oeffnung, die Lichtstärke. Hieraus geht schon die Wichtigkeit der Brennweitenbestimmung zur Beurtheilung der Güte eines Objectivs hervor. Kennt man die Brennweite, so kann man zunächst einen Schluss auf die Lichtstärke machen. Die Lichtstärken verhalten sich bei gleicher Oeffnung umgekehrt wie die Quadrate der Brennweiten (s. p. 304).

Nimmt man z. B. No. IV und I zum Vergleich, so verhalten sich deren Lichtstärken wie 12^2 zu $(7,7)^2$ d. h. wie 144 zu 59,29 also fast wie $2\frac{1}{2} : 1$.

Demnach ist das System IV $2\frac{1}{2}$ mal so lichtstark als System I und darin beruht sein Vorzug. Nun sind aber die Brennweiten in den optischen Preiscourants in der Regel oft ungenau angegeben. Viele Leute glauben, Brennweite sei die Entfernung der matten Scheibe von der Hinterlinse bei scharfem Einstellen. Dies stimmt für planconvexe einfache Linsen (s. p. 287), nicht für die zusammengesetzte.

Für die zusammengesetzten Linsen ist die Brennweite und die Entfernung der Visirscheibe von der Hinterlinse etwas ganz Verschiedenes, beide differiren oft um mehr als 10 cm.

Da man nun oft nicht einmal weiss, ob unter Brennweite die Entfernung der matten Scheibe von der Hinterlinse oder der wirkliche *a equ. Focus* verstanden ist, so ist es von Wichtigkeit diesen selbst genau zu bestimmen. Zur genauen Focusbestimmung hat man verschiedene Wege empfohlen. Wir haben alle durchprobirt und halten die folgenden für die einfachsten und zuverlässigsten.

Man schraubt das zu prüfende Objectiv an eine Camera, wo die matte Scheibe beweglich ist, d. h. genähert und entfernt werden kann, und stellt zunächst auf einen sehr weit entfernten Gegenstand scharf ein.

Dann markirt man die Stellung der Rückseite der Scheibe am Boden der Camera, nachher stellt man auf ein kleines Stück Papier mit Schrift ein, welches der Camera gegenüber auf einer Tafel befestigt ist und verrückt so lange, bis Bild und Gegenstand gleich gross erscheinen. Man markirt alsdann die Stellung der Scheibe wieder und misst die Entfernung der beiden Marken. Die Erklärung dieses Verfahrens ist leicht. Ist Bild und Gegenstand gleich gross, so findet sich das Bild genau in der doppelten Brennweite s. u., ist der Gegenstand sehr weit, so befindet sich sein Bild in der einfachen Brennweite, die Differenz beider ist demnach gleich der Brennweite.

So einfach die Regel so schwierig ist die Ausführung, zur Bestimmung der Schärfe muss die matte Scheibe etwas eingeölt werden, zur genauen Einstellung auf Naturgrösse kann man auch 2 Streifen Papier von gleicher Länge nehmen, man klebt den einen auf ein Reissbrett, den andern auf die matte Seite der matten Scheibe der Camera, mit der man einstellte, stellt genau die Camera dem Reissbrett gegenüber (Sehaxe senkrecht zum Reissbrett), dann stellt man auf Naturgrösse ein.

Kennt man nun die Brennweite, so kann man mit ziemlicher Sicherheit einen Schluss auf die Lichtstärke machen.

Man misst den Durchmesser der Linse und dividirt die Grösse desselben durch die Brennweite und erhebt diese Zahl in's Quadrat. So ist z. B. dieser Bruch für

| Voigtländer | Auzoux | Steinheil |
|-------------|-------------|--------------|
| Visit | Dreizöller | |
| 68,5 | 76 | 43,5 |
| <hr/> 230,4 | <hr/> 350,5 | <hr/> 303,06 |

oder in einfachen Zahlen ausgedrückt:

| | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|---------|
| 1 | 1 | 1 |
| <hr/> 3 ⁴ / ₁₁ | <hr/> 4 ⁴ / ₇ | <hr/> 7 |

Diese Zahlen in's Quadrat erhoben, erhält man:

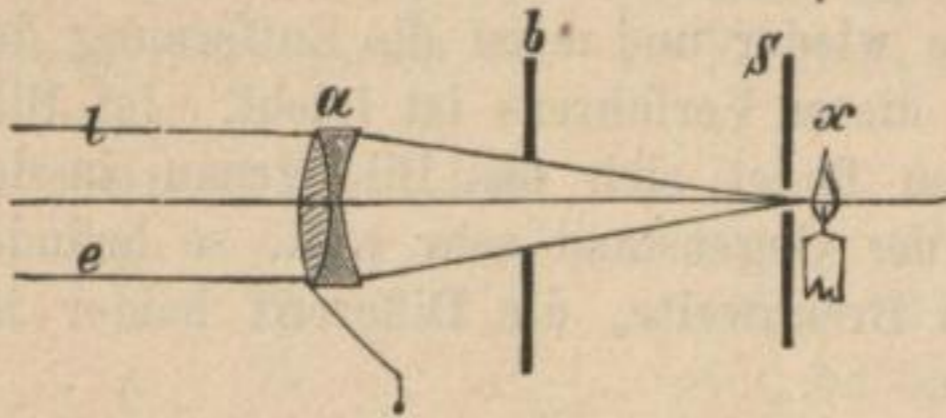
| | | |
|------------|----------|----------|
| 1 | 1 | 1 |
| <hr/> 11,3 | <hr/> 21 | <hr/> 49 |

In demselben Verhältniss werden die Lichtstärken der einzelnen Objective zu einander stehen. Die Praxis erweist freilich manche Abweichungen. Der mehr oder weniger feine Schliff und die Farbe und Form des Glases spielen hier eine grosse Rolle. So lange man aber noch kein genaues Mittel zur Bestimmung der Lichtstärke besitzt, wird die angeführte Rechnung wenigstens einen annähernden Anhaltspunkt zur Bestimmung dieses wichtigen Factors geben.

Wahrer Blendendurchmesser. Dann ist Rücksicht zu nehmen auf die Blendung im Innern des Objectivs, die oft einen ziemlichen

Theil der Oeffnung der Vorderlinse zudeckt, der ganz von der Grösse und Stellung der Blende abhängt. Ist z. B. a (Fig. 101) eine Linse

Fig. 101.



mit Hinterblende b , so ist es klar, dass bei weitem Abstände derselben von dem auf die Vorderlinse a fallenden Lichtbündel ein viel grösserer Theil zur Wirkung gelangt, als wenn die Blende dicht an der Linse sässe.

Hier muss also statt des Durchmessers von b , der Durchmesser des Lichtbüschels le als nutzbare Oeffnung angenommen werden. Um die Grösse desselben zu bestimmen, setzt man in den Brennpunkt der Linse eine Blechscheibe mit einer kleinen Oeffnung und hält ein Licht x davor. Die Strahlen desselben treten dann als Büschel ll aus, können dann auf geöltem Papier aufgefangen und ihr Durchmesser gemessen werden (Steinheil).

Miethel giebt ein anderes Verfahren an: Um die wahre Oeffnung eines Doppelobjectives kennen zu lernen, operire man folgendermaassen:

Zunächst entferne man die Hinterlinse, schiebe die zu untersuchende Blende, deren Durchmesser man durch sorgfältige Messungen bestimmt hat, ein und stelle ein entferntes Object scharf ein. Sodann misst man die Entfernung zwischen Mattscheibe und Vorderlinse, sowie die zwischen Mattscheibe und Blende und multiplicirt mit dem Quotienten aus beiden den Blendendurchmesser; die so erhaltene Zahl ist die wahre Oeffnung des Objectivs.

Beispiel: An einem älteren Portraitobjectiv wurde bestimmt:

1. Blendendurchmesser: 27,2 mm.
2. Entfernung von Mattscheibe bis Blende (nach Abschrauben der Hinterlinse): 227,1 mm.
3. Entfernung der Mattscheibe von der Vorderlinse: 282,3 mm.

Daraus ergibt sich die wahre Objectivöffnung zu

$$27,2 \text{ mm} \times \frac{282,3}{227,1} = 33,8 \text{ mm.}$$

Eine einfache Rechnung zeigt, dass im Falle dieses Beispiels, dessen Zahlen nicht einmal einen extremen Fall darstellen, der falsch bestimmte Objectivdurchmesser die berechnete Lichtstärke von 1,613 auf 1,000 herabgedrückt hätte, eine Grösse, die in der Praxis sehr wohl mitsprechen dürfte.

Gesichtsfeld und Bildfeld. Eben so wichtig, wie zur Beurtheilung der Lichtstärke ist die Brennweite zur Beurtheilung des Gesichtsfeldes einer Linse. Um dieses zu bestimmen, schraube man die Linse an eine möglichst grosse Camera, so dass man auf der matten Scheibe den Lichtkreis deutlich sieht.

Man messe den Durchmesser desselben genau und trage denselben auf ein Stück Papier (siehe Figur 99 *ab*). In der Mitte errichte man eine Senkrechte *dc*, mache dieselbe gleich der Brennweite und construire dann das Dreieck *adb*. Der Winkel bei *d* ist das Gesichtsfeld der Linse. Dieser kann mit dem Transporteur gemessen werden.

Besitzer trigonometrischer Tabellen haben diese Construction nicht nöthig, sondern können aus dem Lichtkreishalbmesser und der Brennweite den Winkel durch Rechnung bestimmen. Die Tangente des halben Gesichtsfeldwinkels ist gleich dem Radius des Lichtkreises, getheilt durch die Brennweite.

Macht man nun eine Aufnahme, in welcher der ganze Lichtkreis sichtbar ist, so findet man alsbald, dass nur der mittlere Theil desselben scharf und brauchbar ist und dass sich die Schärfe mit der Kleinheit der Blende immer weiter nach dem Rande hin ausdehnt. Dies rührt daher, dass das Linsenfeld gekrümmt ist (siehe p. 297), je flacher es ist, desto grösser ist das brauchbare Feld. Wie weit die Schärfe nun für die Praxis brauchbar ist, hängt sehr von der individuellen Ansicht ab. Manche Photographen sind in dieser Hinsicht unglaublich penibel, manche sind mit mässigen Anforderungen zufriedengestellt.

Auch die Natur des Gegenstandes (ob Portrait oder Landschaft, oder Reproduction) spielt hier eine grosse Rolle. Will man nun bestimmen, wie gross das wirklich brauchbare Bildfeld einer Linse sei, nehme man eine Zeitung auf, d. h. eine Schriftseite von grossem Format. Man heft sie auf ein Reissbrett, stellt das Reissbrett der Camerarückwand genau parallel und stellt auf die Mitte scharf ein. Nachher sehe man zu, bis zu welcher Zahl die Schrift noch hinreichende Schärfe zeigt. Je weiter, desto besser ist die Linse.

Misst man den Durchmesser des Kreises der brauchbaren Schärfe auf der matten Scheibe und trägt ihn als Linie *ab* auf, errichtet darauf die Senkrechte *cd* so lang als die Brennweite, so ist *d* (Fig. 99) der brauchbare Bildwinkel.

Einschieben von Blenden hat natürlich auf Ausdehnung desselben grossen Einfluss und muss daher die wahre Blendenöffnung s. o. bei Vergleichung zweier Objective in Rücksicht gezogen werden. Es ist jedoch falsch, hier blos den Durchmesser der Blende bei vergleichenden

Arbeiten als Richtschnur zu nehmen. Man muss, um einen richtigen Maassstab zu erhalten, die reducirte Blendengrösse (s. p. 312) durch die Brennweite des betreffenden Objectivs dividiren. In dieser Weise erhält man die in der Preisliste vorkommenden Werthe $\frac{f}{3}$, $\frac{f}{7}$, $\frac{f}{9}$, wo f Focus bedeutet.

Die Bildgrösse gilt natürlich nur für den Fall, dass die matte Scheibe im Focus steht. Anders ist dies aber, wenn das Bild vom Brennpunkte fortrückt. Eine Visitenkarten-Linse giebt z. B. im Brennpunkte ein 6 cm grosses Bild eines Menschen, umgekehrt würde sie von einem im Brennpunkte aufgestellten Objecte ein naturgrosses Bild entwerfen können.

Ueber Objectivprüfungen. Schröder hat in seinem Supplementband Cap. VII detaillirte Anweisung gegeben, wie man alle Linsenfehler (Astigmatismus chrom. Abweichung etc. etc.) durch Anwendung eines besonderen Instruments des „Horse“ erkennen kann. Trotz dieser wissenschaftlichen, besser begründeten, aber jetzt noch nicht in allgemeiner Anwendung befindlichen Methode, wird die sogenannte empirische Prüfung ihren Werth behalten. Ebenso gut wie der Astronom, um die auflösende Kraft seines Fernrohres zu prüfen, das Lesen eines entfernten Buches durch das Fernrohr vornimmt, dann das Auflösen von Doppelsternen, ebenso gut wie der Mikroskopiker durch das Ansehen sogenannter Testobjecte die guten Eigenschaften seiner Linsen feststellt, ebenso gut nimmt der Lichtbildkünstler die Prüfung auf Aufnahmeobjecte — Portrait oder Landschaft — bei verschiedener Blendung als massgebend an. Freilich muss nun hier bemerkt werden, dass die Ansichten über die grössere oder geringere Leistungsfähigkeit eines Objectivs noch auseinander gehen können. Denn unter dem Begriff: „hinreichende Schärfe bis zum Rande,“ versteht Jeder etwas Anderes; der Reproducent wünscht grösste „Geschnittenheit,“ der Andere ist mit einer Mittelschärfe zufrieden.

Verfasser präcisirte seinen Begriff „ausreichende Schärfe“ dahin, dass er jene Schärfe darunter meint, welche selbst bei 6 facher Vergrösserung unter der Loupe die Conturen noch deutlich erkennen lässt. Wenn das der Fall ist, so weiss man, dass das Negativ eine 6 fache Vergrösserung aushält, und das ist immerhin aner kennenswerth.

Die Brennweite als Ausgangspunkt für Angabe über Gesichtsfeld etc. Man hat sich bisher mit Bestimmung des chemischen Focus, der Helligkeit (relativer Oeffnung), Bildfeld und Gesichtsfeld (Lichtkreis) begnügt und letztere in Winkeln angegeben. Verfasser glaubt, dass man dem Verständniss der Techniker besser entgegen kommt,

wenn man für alle Grössen ohne Ausnahme die Brennweite (Focus) als Grundlage nimmt, wie man das für Blenden schon längst thut. Wenn man sagt, das brauchbare Bildfeld sei 54° , so macht sich höchstens ein Mathematiker, wenn er zugleich die Brennweite kennt, eine Vorstellung von der wirklichen Bildgrösse, er wird aber doch zur Sicherheit die trigonometrische Tabelle nachsehen müssen. Wer weiss z. B. wie gross die Platte ist, welche ein Objectiv bei einem brauchbaren Bildfeld von 60° zeichnet? Erst durch Rechnung erfahren wir, dass sie 1,15 des Focus beträgt.

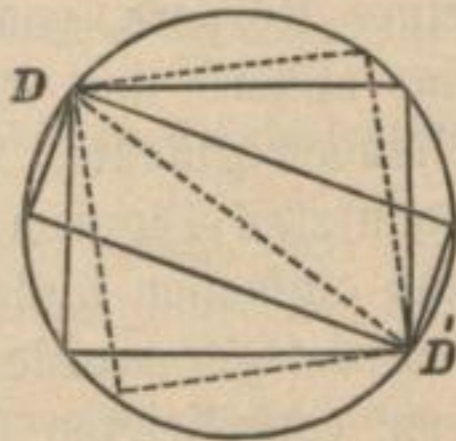
Das wird erspart, wenn man die Bildgrösse nach der Brennweite angiebt. Sagt man z. B., das brauchbare Bildfeld ist gleich oder $1\frac{1}{4}$ der Brennweite, so ist damit dem Leser sofort die Grösse (oder besser Länge) der Platte, welche das Objectiv zeichnen kann, klar gemacht, ohne trigonometrische Tabellen zur Hand nehmen zu müssen, welche doch die Wenigsten besitzen. Dasselbe gilt für das Gesichtsfeld (Bildkreisdurchmesser). Hier sagt man viel besser, das Gesichtsfeld beträgt 1 oder $1\frac{1}{2}$ des Focus, als dass man den Winkel angiebt.

Hinsichtlich der Bestimmung des Focus ist zweifellos die Methode mit Einstellung auf Unendlich und Naturgross, (s. o.) vorzuziehen.

Hinsichtlich der Bestimmung der wirksamen Oeffnung scheint die Steinheil'sche Methode vor der Miethé'schen insofern angenehmer zu sein, als erstere ein Auseinanderschrauben des Objectivs nicht erfordert. Verfasser kennt Fälle, wo sich solches als unmöglich erwies.

Hat man nun den Durchmesser der brauchbaren runden Bildfläche, so folgt daraus noch nicht die Plattengrösse, welche ausgearbeitet wird. Wenn der Kreis, siehe beistehende Figur 102, die brauchbare Bildfläche bedeutet, so lassen sich daraus die verschiedensten rechteckigen Formate ausschneiden, wie sie in Linien angedeutet sind. Der Durchmesser DD' des Lichtkreises oder des brauchbaren Bildfeldes bildet stets die Diagonale der betreffenden Platten. Wir sind aber an die im Handel befindlichen Formate gebunden. Aus nachstehender Tabelle ergibt sich, wie gross der Durchmesser des brauchbaren Bildfeldes sein muss, wenn er die herkömmlichen Handelsplattenformate decken soll:

Fig. 102.



Aus nachstehender

Tabelle ergibt sich, wie gross der Durchmesser des brauchbaren Bildfeldes sein muss, wenn er die herkömmlichen Handelsplattenformate decken soll:

| Plattengrösse
cm | Nöthiger Durchmesser des brauchbaren Bildfeldes
cm |
|---------------------|---|
| 9 × 12 | 15 |
| 12 × 16 | 20 |
| 13 × 18 | 22,2 |
| 13 × 21 | 24,7 |
| 18 × 24 | 30 |
| 21 × 26 | 34 |
| 24 × 30 | 38 |

Ist demnach das brauchbare Bildfeld (s. u.) auf 1,2 Focus angegeben, der Focus 19 cm, so ist $1,2 \times 19 = 22,8$ das brauchbare Bildfeld, woraus nach obiger Tabelle hervorgeht, dass das Objectiv das Format 13×18 (mit gegebener Blende) vollständig ausarbeitet.

Für Winkelgrössen dienen folgende Angaben zur Orientirung:

Für 90° Bildfeld (in der Diagonale des Bildes) beträgt das Bildfeld in der Diagonale $2f$,

Bei 60° Bildfeld in der Diagonale $1,1546 \times f$,

Bei 45° " " " " $0,8282 \times f$.

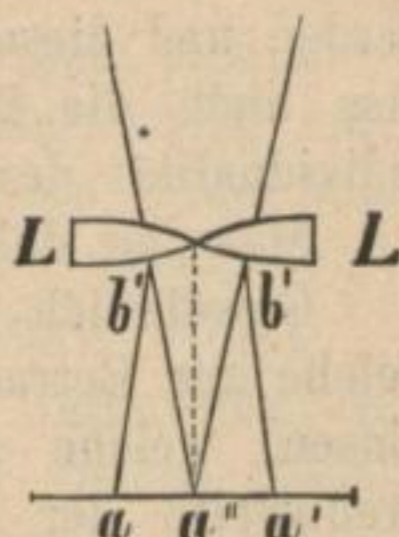
V. Capitel. Das Stereoskop.

Betrachtet man mit beiden Augen einen nahen Gegenstand, so ist die Ansicht, die jedes der Augen von demselben hat, verschieden. Das linke sieht mehr von der linken, das rechte mehr von der rechten Seite des Körpers. Beide Ansichten combiniren sich und geben den körperlichen Eindruck.

Weathstone versuchte nun 1838 einen ähnlichen Effect zu erzielen durch Betrachtung zweier neben einander gelegten Bilder eines Körpers, von denen das eine der Ansicht mit dem rechten, und das andere der Ansicht mit dem linken Auge entsprach, und sein Versuch glückte. Es sah die ebenen Figuren körperlich. Die von ihm benutzten Figuren wurden mit der Hand gezeichnet und bestanden aus einfachen Linien und Kreisen, welche sich leicht entwerfen liessen. Schwieriger wurde aber die Aufgabe der Construction solcher Bilder von complicirten Gegenständen, wie Personen, Landschaften. Diese wurden erst möglich durch die Photographie. Gleichzeitig brachte man auch ein handliches Instrument zur Betrachtung solcher Bilder in Anwendung, das von Brewster erfundene Stereoskop, welches jetzt Eigenthum eines jeden Salons geworden ist. Stereoskopen- und Visitenkartenbilder wetteifern darum, sich den Rang streitig zu machen, und beide Artikel sind ein Sporn für den Photographen geworden, das möglichst Vollkommenste für einen möglichst billigen Preis zu leisten.

Das Brewster'sche Stereoskop besteht aus zwei prismatisch erscheinenden Gläsern LL (Fig. 103), welche, mit ihren Grundflächen zusammengesetzt, eine Sammellinse bilden würden. Beide Gläser fasst man so in ein ausgeschnittenes Brett, dass sich die scharfen Kanten der Gläser gegenüber stehen und beide ungefähr der Stellung der Augen entsprechen. Sieht man alsdann ein Stereoskopbild durch diese Gläser an, indem man beide dicht vors Auge hält und das Bild in die Entfernung bringt, innerhalb welcher es deutlich erscheint, so decken sich die getrennt erscheinenden Bilder und machen jetzt einen vollständig körperlichen Eindruck.

Fig. 103.



Die Deckung ist daraus zu erklären, dass die Linsen analog Prismen wirken, d. h. die Sehlinien nach der Richtung der brechenden Kanten hin ablenken. Ein bei o' Fig. 86, 87 p. 288—89 befindliches Auge sieht den Strahl $S p$ nicht in seiner ursprünglichen Richtung, sondern in der Richtung om , d. h. nach Rechts (dem näheren Linsenrand hin) abgelenkt. Setzt man daher zwei Linsenstücke LL mit ihren Kanten zusammen, so wird der Punkt a' durch das rechte Glas gesehen nach links, der Punkt a durch das linke Glas gesehen, nach rechts hin abgelenkt erscheinen. Dadurch wird veranlasst, dass die Bilder desselben Gegenstandes in derselben Richtung gesehen werden, als man sie bei dem Original beim Anschauen mit beiden Augen sehen würde.*)

*) Falls diese Erscheinung normal vor sich gehen soll, sind nach A. Steinhauser (Repertorium der Physik von Carl 1877 p. 445) folgende Regeln einzuhalten:

1) Alle Stereoskopbilder sollen mit Objectiven von gleicher äquivalenter Brennweite (etwa 15 cm) erzeugt werden, da von dieser Brennweite allein die Höhe des Stereoskopkastens abhängt.

Es wäre daher eine Einigung über die allgemein zu wählende (äquivalente) Brennweite anzustreben.

2) Alle Stereoskophalbbilder sollen, wenn sie aneinander stossen (was am zweckmässigsten ist), eine gleiche Breite (etwa 75 mm) erhalten, damit in allen Stereoskopbildern die Bilder des Hauptpunktes denselben Abstand (welcher dann der Bildbreite gleich ist) besitzen. Dies ist nöthig, wenn alle Stereoskopbilder sollen mit dem nämlichen Stereoskope besichtigt werden können.

3) Auch die Entfernung der beiden Objectivmittelpunkte soll womöglich immer gleich (etwa 80 mm) angenommen werden. Ist dies aber wegen zu grosser Entfernung des Objectes nicht thunlich, so wäre diese Entfernung auf der Rückseite des Bildes anzugeben, damit beurtheilt werden kann, ob das Object in wahrer Grösse und Entfernung oder verkleinert und angenähert erscheint. Steinhauser wünscht ferner, dass

4) so lange eine Einigung bezüglich der Brennweite der Objective nicht erfolgt ist, oder wegen des Vorhandenseins von Apparaten, welche der fest-

Da die Stereoskopgläser Linsen sind, so wirken sie gleichzeitig als Loupen, d. h. sie vergrößern.*) Diese Vergrößerung ist gleich der Summe aus der Weite des deutlichen Sehens (21 cm) und der Brennweite, geteilt durch die Brennweite. Da die Gegenstände durch die Linse in die Weite des deutlichen Sehens gerückt werden und diese bei verschiedenen Personen verschieden ist, so folgt, dass auch die Entfernung des Bildes von den Gläsern je nach der Individualität des Beschauers verschieden gewählt werden muss.

Man hat daher Stereoskopen mit verstellbaren Gläsern.

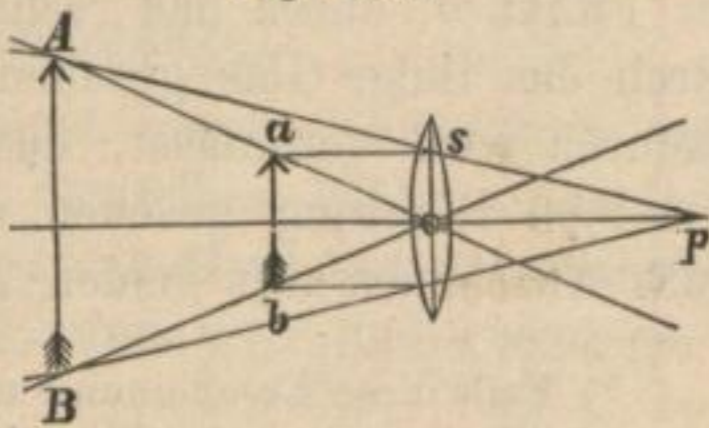
Gewöhnlich liegt das Bild dicht am Brennpunkt der Linse, welche zur Betrachtung dient. Wichtig ist, dass die Brennweite der Linsen, welche zur Aufnahme des Bildes gedient haben, mit der Brennweite der Linsen, welche zur Betrachtung dienen, möglichst

gestellten Brennweite nicht entsprechen, noch Bilder mit Apparaten von verschiedener Brennweite erzeugt werden, dass die (äquivalente) Brennweite des verwendeten Objectives am Bilde angegeben wird.

*) Rückt ein Gegenstand näher an eine Linse, als die Brennweite beträgt, so liefert dieser kein reelles, sondern ein imaginäres Bild, welches auf derselben Seite der Linse zu liegen scheint.

Der von a (Fig. 104) ausgehende Strahl as wird als parallel zur Axe nach der Brechung durch den Brennpunkt gehen, der Strahl ao seinen Weg ungebrochen fortsetzen; beide Strahlen divergieren demnach nach der Brechung und ein nahe p befindliches Auge wird das Bild des Punktes a in dem Kreuzungspunkt A der rückwärts verlängerten Strahlen sehen. Gleiches gilt für den Punkt b . Das Resultat ist dann ein vergrößertes imaginäres aufrechtes Bild AB des kleinen Pfeils ab .

Fig. 104.



So wirken die Linsen als Vergrößerungsgläser oder Loupen.

Ist a die Entfernung eines Gegenstandes von der Linse der Brennweite p , a' die Entfernung seines Bildes, so ist

$$a' = \frac{ap}{a - p}.$$

Ist die Entfernung a kleiner als die Brennweite, so rückt a' auf dieselbe Seite mit dem Gegenstand, muss daher ein entgegengesetztes Zeichen wie a haben, dann wird

$$a' = \frac{ap}{a + p}.$$

Denkt man sich nun das Auge unmittelbar am Glase liegend, so muss, falls der Gegenstand deutlich erscheinen soll, die Entfernung a' seines Bildes gleich der Weite des deutlichen Sehens W sein. Demnach haben wir

$$a' = \frac{Wp}{W + p}.$$

Die Vergrößerung ist daher $\frac{W}{a} = \frac{W + p}{p}$.

übereinstimmen. Geschieht dies nicht, so entsteht ein falscher stereoskopischer Effect. Daher die übertriebene Perspective von Bildern, die mit Linsen von sehr kurzer Brennweite aufgenommen worden sind, wenn sie mit nur schwach vergrößernden Stereoskopen betrachtet werden.

Zur Aufnahme von Stereoskopenbildern bedient man sich entweder einer Camera mit zwei Objectiven, deren Entfernung ungefähr der der Augen entspricht, oder man nimmt die Bilder mit einer einfachen Camera nach einander auf, indem man dieselbe erst in die Stellung des rechten, dann in die des linken Auges bringt.

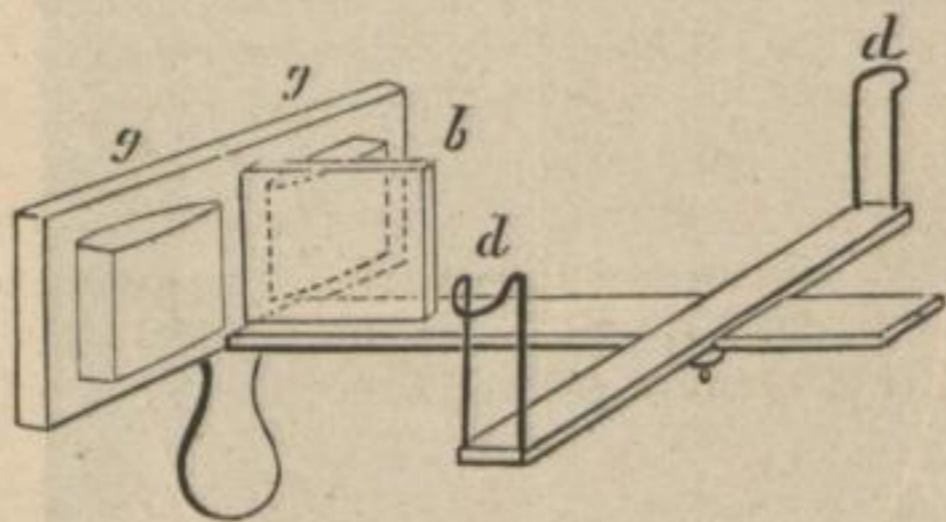
Für sehr entfernte Gegenstände muss man die Entfernung des Standpunkts der Camera behufs der Aufnahme der beiden Bilder etwas grösser nehmen, wenn sie hinreichend plastisch erscheinen sollen. Man vergrössert dieselbe bei Landschaften oft bis zu einem Meter.

Für nahe Gegenstände hat Distanzübertreibung den Nachtheil, dass sie übermässig plastisch erscheinen und Extremitäten, wie Nase, Hände, meterweit aus dem Körper herauszuwachsen scheinen.

Merkwürdig ist, dass nach H. Hartmann's Versuchen vermöge der Akkomodationsfähigkeit unseres Auges selbst Bilder stereoskopisch zusammenzubringen sind, die sich nicht entsprechen. Man findet Stereoskopenbilder, wo die Gegenstände des einen Bildes sehr merklich grösser sind als die Gegenstände in dem andern, ferner Portraitstereoskopien, wo das Object in dem einen Bilde in Folge zufälliger Bewegung eine andere Pose hat als in dem vorher aufgenommenen. Dennoch geben solche Bilder einen plastischen Effect.

Die europäischen Stereoskope bilden gewöhnlich Kästen, in denen das Bild nur durch eine einzige Oeffnung Licht empfängt. Die Beleuchtung ist daher eine höchst ungenügende. Besser ist das hier abgebildete amerikanische Stereoskop (Fig. 105), wo das Bild frei in den Drähten *dd* steht und von allen Seiten Licht empfängt. Der Stab, worauf die Drähte ruhen, lässt sich hin- und herschieben und so die Entfernung des Bildes für Weit- und Kurzsichtige reguliren. Das Brettchen *gg* trägt ausser den Gläsern einen (in der Figur nicht abgebildeten)

Fig. 105.



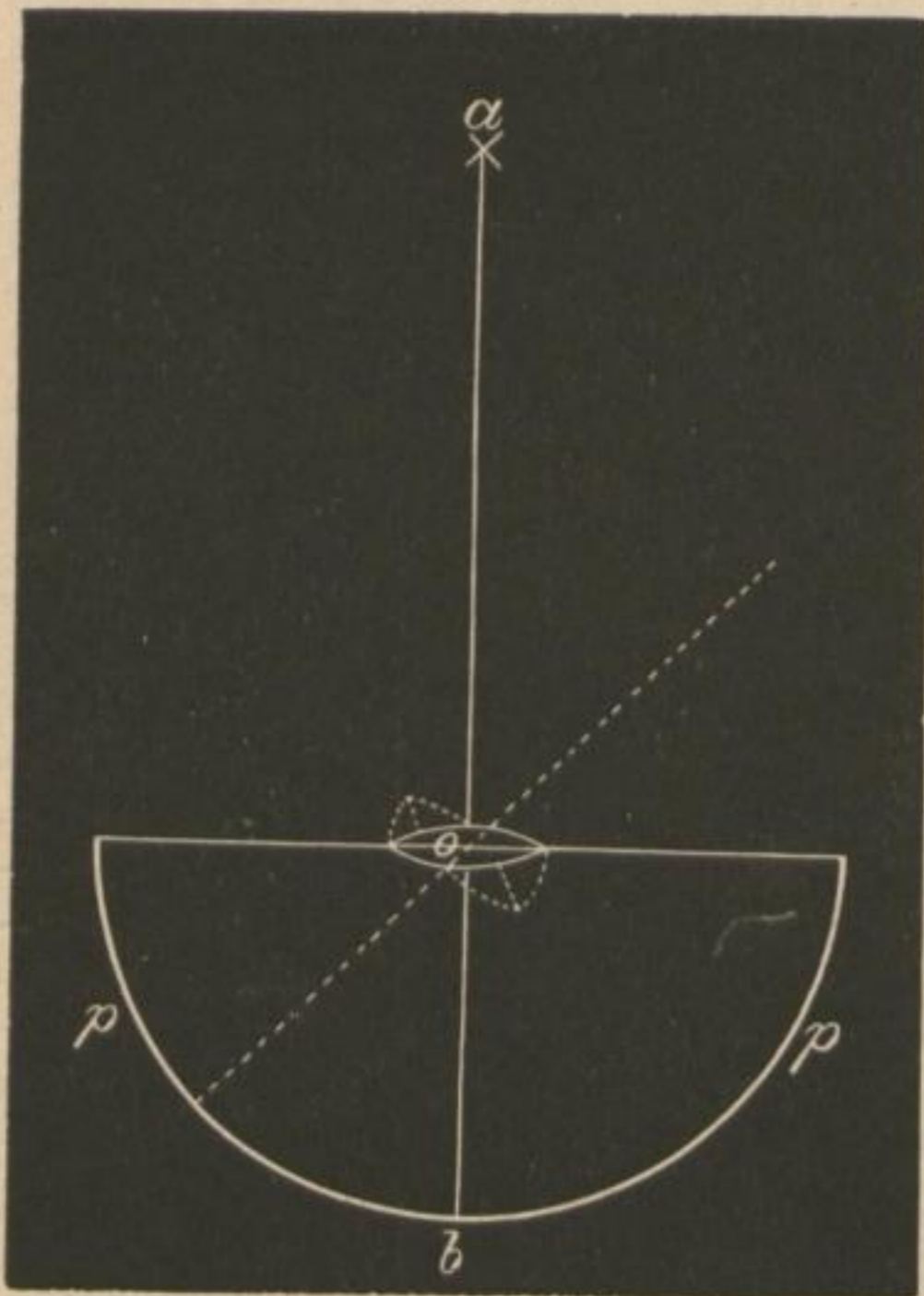
Schirm zum Schutz der Augen. Diese Instrumente sind jedoch für Transparentstereoskope nicht anwendbar.

VI. Capitel. Der Panoramengerät und die photographische Messkunde.

Die bei Weitem meisten photographischen Apparate haben ein nur mässiges Gesichtsfeld und gestatten daher nur selten die Aufnahme breiter Ansichten, wie dieselben sich häufig genug in Gebirgen, am Meere etc. vorfinden, z. B. das Rigi-Panorama, Faulhorn-Panorama etc. Martens, ein in Paris verstorbener deutscher Kupferstecher, kam deshalb auf die Idee, solche Bilder mit Hülfe einer sich drehenden Camera zu machen, welche nach und nach den ganzen Horizont beschreibt.

Er construirte 1847 eine Camera mit cylindrischer Daguerreotypplatte.

Fig. 106.



Diese stand fest, die Camera mit dem Objectiv drehte sich, letzteres wirkte nur durch eine schmale streifenförmige Blende.

Es ist leicht zu beweisen, dass trotz der Drehung der Linse das Bild eines und desselben Gegenstandes stets auf denselben Punkt der Platte fallen muss.

Das Bild eines Punktes liegt immer auf der geraden Linie, welche von dem Punkte durch den Mittelpunkt des Objectives gezogen wird.

Ist a (Fig. 106) ein leuchtender Punkt, o der Mittelpunkt des Objectives, pp die cylindrische Platte, so liegt das Bild des Punktes auf der Linie ao in b . Wird

das Objectiv nun um seinen Mittelpunkt gedreht (wie in der Figur punktiert angedeutet ist), so bleibt das Bild von a nach dem ange deuteten Grundsatz dennoch auf derselben Linie ao (weil a und o unverrückt ihren Stand behalten), wird also wieder auf den Punkt b der Platte fallen, daher werden sich trotz der Bewegung des

Objectivs alle Punkte der vorliegenden Gegenstände scharf abbilden. Natürlich gilt dieser Satz nur, falls die Strahlen keinen zu grossen Winkel mit der Axe bilden. Man setzt deshalb der Linse gegenüber eine Schlitzblende, deren Oeffnung parallel der Drehaxe ist und welche sich gleichzeitig mit dem Objectiv bewegt.

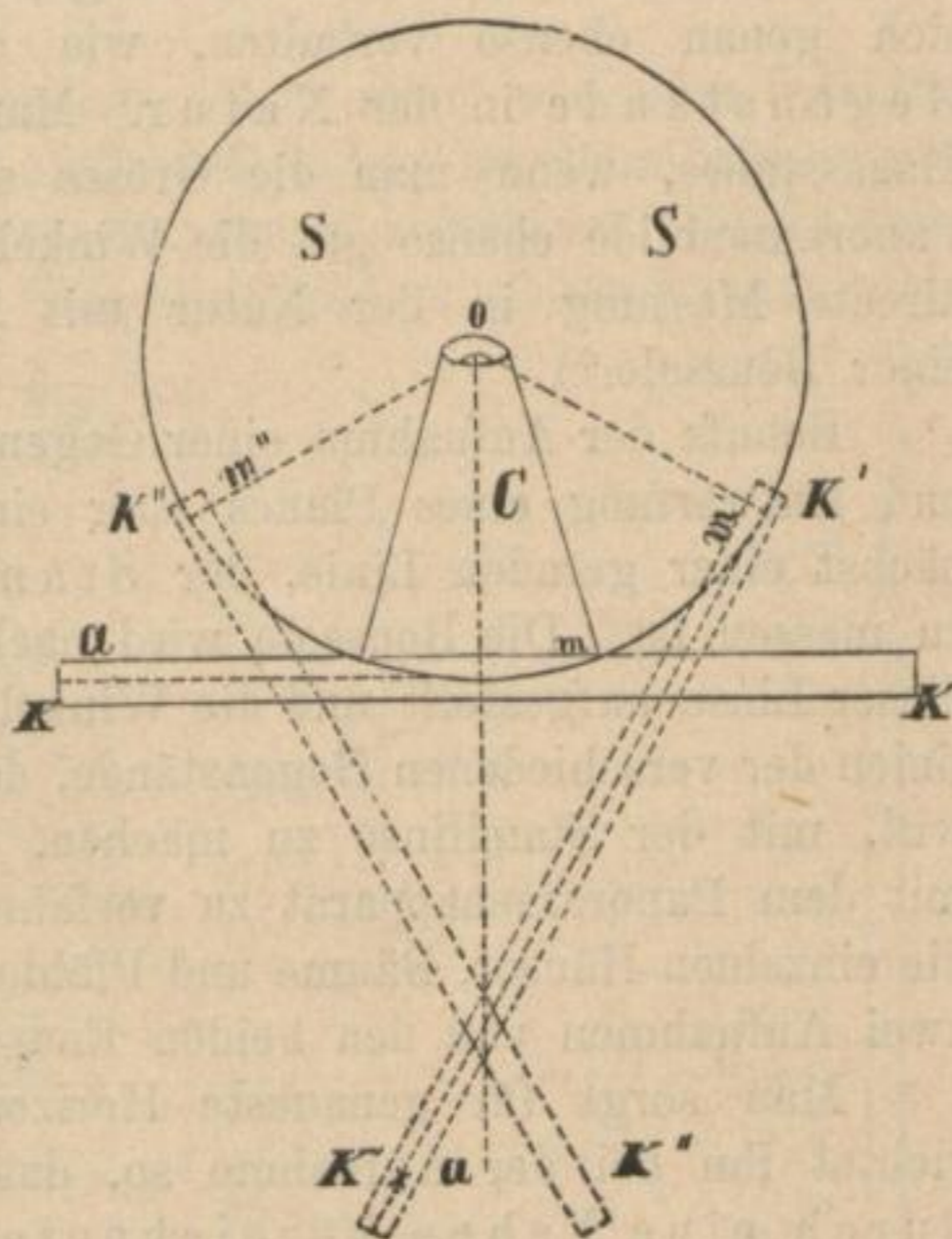
Ein Mangel der Martens'schen Apparate war die cylindrische Platte, deren Präparation im gewöhnlichen Collodiumprocess sehr schwierig ist. Brandon führte deshalb statt derselben eine ebene Platte ein, welche sich während der Rotation auf der cylindrischen Bildfläche gleichsam abwälzt, der Bewegung des Objectivs folgend.

Der Mechanismus, um diese Bewegung in exacter Weise zu bewirken, ist äusserst verschieden und sind die Meinungen über die praktischste Constructionsweise noch getheilt. Gewöhnlich stellt man die Camera C mit dem Objectiv *o* auf eine runde horizontale Metallscheibe SS (Fig. 107); die Camera ruht auf Rädchen und dreht sich um eine durch den optischen Mittelpunkt des Objectivs gehende Axe.

Die Räder werden durch ein Uhrwerk in Umdrehung versetzt. Die Cassette läuft ähnlich wie bei einer Visitenkartencamera verschiebbar in einem Falz. Ein um die Scheibe SS geschlungener Faden (in der Figur unter der Cassette KK punktirt zu sehen), dessen Ende tangential ausläuft und am Ende der Cassette bei *a* befestigt ist, bewirkt, dass sie bei der Bewegung des Apparats sich verschiebt und die Stellungen einnimmt, die in beifolgender Figur in drei Phasen (Anfang K'K', Mitte KK, Ende K''K'') angedeutet sind.

Die Bilder, die man mit diesem Apparat erhält, sind offenbar Projectionen auf einem abgewickelten Cylindermantel. Die senkrechten Linien geben sich auf demselben senkrecht wieder, die horizontalen dagegen prägen sich, wenn sie nicht mit dem Horizont des Apparats zusammenfallen, als Curven aus.

Fig. 107.



Nimmt man daher mit diesem Apparat ein Haus oder eine Strassenfront auf, so wird der Sims oder die First sich als eine nach oben, der Sockel sich als eine nach unten gewölbte krumme Linie abbilden, die um so unangenehmer wirkt, je länger sie ist, und je weiter sie vom Horizont abliegt. Für Architecturbilder ist daher solch ein Apparat nur innerhalb sehr beschränkter Fälle brauchbar. Für solche Zwecke ist eine Weitwinkellinse entschieden vorzuziehen.

Photographische Bildmesskunst. Nun müssen wir aber auf einige Eigenschaften der Panoramenbilder aufmerksam machen, welche von unberechenbarer Wichtigkeit für das Ingenieurwesen, speciell für die Geodäsie und mathematische Geographie sind und früher oder später eine wichtige Anwendung der Photographie in den Tringulations- und Vermessungsmethoden veranlassen dürften. Da die Bilder Projectionen auf einem Cylindermantel sind, so ist es offenbar, dass die Abstände der horizontal neben einander liegenden Gegenstände auf dem Bilde sich genau ebenso verhalten, wie die Winkelabstände der Gegenstände in der Natur. Man kann demnach mit Hülfe eines Maassstabes, wenn man die Grösse eines Grades kennt, aus einem Panoramenbilde ebenso gut die Winkeldistanzen bestimmen, wie durch directe Messung in der Natur mit Hülfe eines Theodolithen oder einer Boussole.*)

Behufs der Aufnahme einer Gegend mit Hülfe dieses Instrumentes und Entwerfung eines Planes oder einer Landkarte, bedarf man zunächst einer geraden Linie, der Standlinie, deren Länge genau zu messen ist. Die Boussole wird nach einander in den beiden Enden dieser Linse aufgestellt und die Winkel gemessen, welche die Gesichtslinien der verschiedenen Gegenstände, deren Entfernung man bestimmen will, mit der Standlinie zu machen. Ganz analog würde man auch mit dem Panoramenapparat zu verfahren haben. Statt aber mühsam die einzelnen Häuser, Bäume und Pfähle abzuvisiren, macht man einfach zwei Aufnahmen von den beiden Endpunkten der Standlinie.

Man sorgt für genaueste Horizontalstellung des Apparates und richtet ihn bei der Aufnahme so, dass auf den beiden Bildern das durch eine Fahne bezeichnete andere Ende der Standlinie sichtbar ist. Man erhält so zwei Bilder, mit deren Hülfe man die Lage aller Gegenstände, die überhaupt im Bilde sichtbar sind, jedes Strauches, jedes Hauses, jedes Pfahles, wenn es sein muss, auf das Exacteste bestimmen kann.

*) Dieses Princip der Winkelaufnahmen mittelst Panoramenapparat publicirte Verfasser bereits im Jahre 1865 (Photogr. Mittheilungen Jahrg. II p. 98, 125). 25 Jahre später trat Moessard in Paris mit demselben Princip an die Oeffentlichkeit; er benutzte dazu einen Panoramenapparat, den er Cylindrograph nannte.

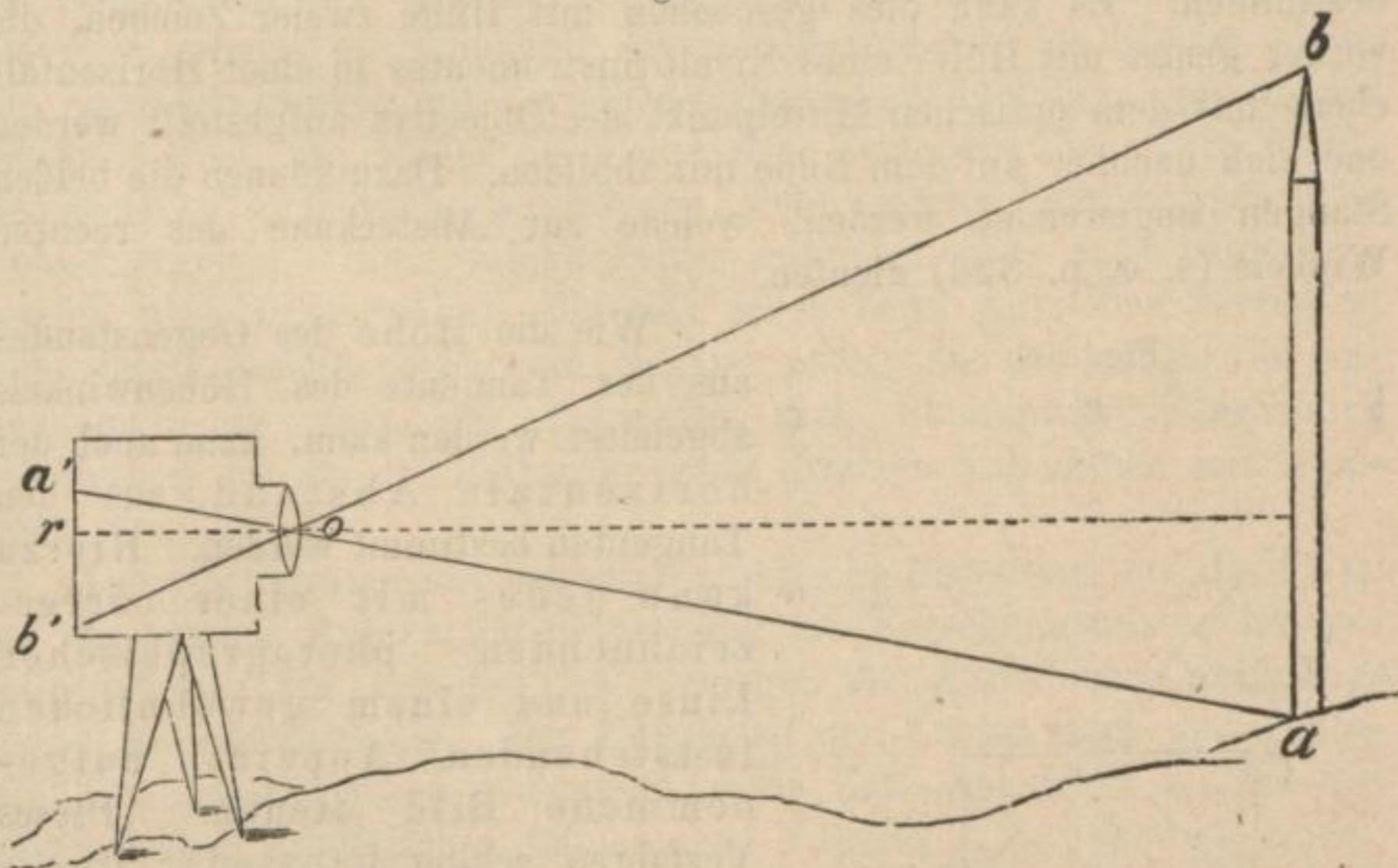
Wollte man dies mit den gewöhnlichen Messinstrumenten ausführen, man würde Tage lang an einem Punkte der Standlinie mit Messungen zubringen müssen, und dennoch nicht diese Details erreichen.

Die Art der Bestimmung der Winkelabstände aus dem Panoramenbilde ist nun sehr einfach. Man kennt den Radius r des Drehungskreises des Apparates. Die Länge des Kreisumfangs ist dann $2r\pi$, die Grösse eines Grades auf dem Bilde $\frac{r\pi}{180}$.

Braun's Panoramenbilder haben bei 120° eine Länge von 18 Zoll, demnach hat der Grad die Länge von $1\frac{1}{2}$ Linien. Es wäre ein Leichtes, daraus noch Minuten und Bruchtheile von Minuten mit Hülfe eines Nonius zu bestimmen. Diese Messungen müssten der Genauigkeit halber am Negativ ausgeführt werden, da Abdrücke davon auf Papier sich immer etwas zusammenziehen, also in ihrer Länge variabel sind.

Um diesen Fehler zu umgehen, thut man, wie oben gerathen wurde, gut, vor der Aufnahme an beiden Enden der Standlinie, welche durch Fahnen markirt sind, zwei Punkte abzustecken, welche genau einen rechten Winkel mit der Standlinie bilden. Diese Punkte bilden

Fig. 108.



sich dann mit ab und geben die Basis für die weitere Eintheilung der Bilder. Man theilt das durch sie eingeschlossene Bildfeld in 90 Theile und hat so die Länge eines Grades.

Ebenso gut aber, wie die Lage der Gegenstände auf einem

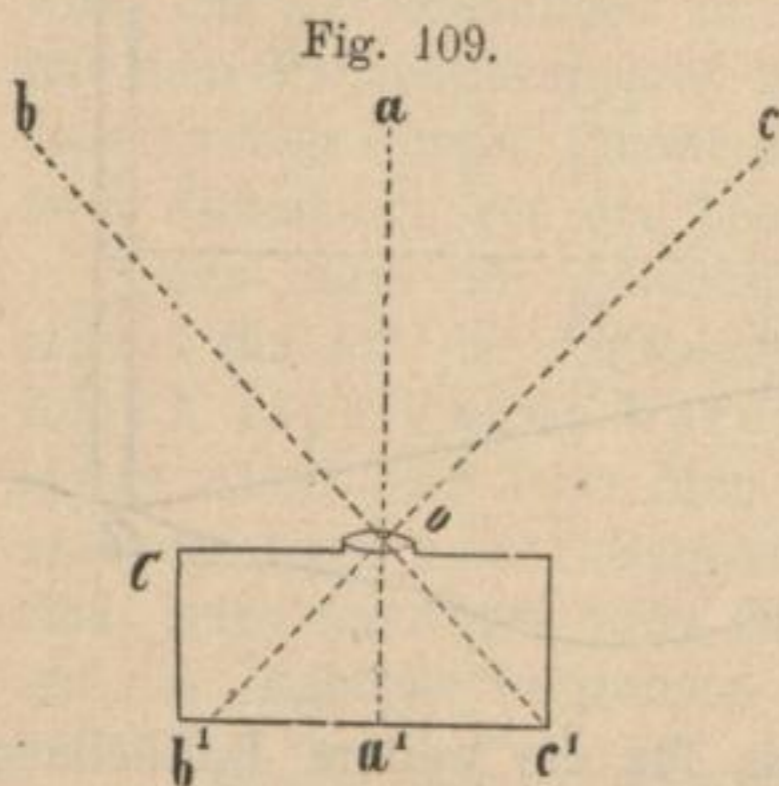
Bilde, lässt sich auch die Höhe der Gebäude, Bäume, Thürme aus demselben bestimmen.

Behufs dieser Bestimmung muss man kennen: 1. die Entfernung der zu messenden Gegenstände vom Standorte; diese lässt sich nach der oben angegebenen Weise aus zwei Panoramenbildern entnehmen, 2. den Sehwinkel der betreffenden Gegenstände, 3. den Horizont.

Ist ab (Fig. 108) ein Thurm, ao und bo Lichtstrahlen vom obern und untern Ende desselben nach dem Mittelpunkte des Objectivs gezogen, so ist der Winkel bei o der Sehwinkel; das Bild des Thurmes auf der Platte $a'b'$ erscheint vom Objectiv aus unter demselben Winkel $b'oa'$. Der Horizontale ro theilt diesen Winkel in 2 Theile, deren Tangenten $\frac{a'r}{or}$ und $\frac{b'r}{or}$ sind; or ist aber gleich der Brennweite des Objectivs.

Die Höhe vom Horizont des Beobachters aus ist dann, wenn die Entfernung E ist $= E \frac{a'r}{or}$ und die ganze Höhe vom Fusse des Gegenstandes aus $E \cdot \frac{a'b'}{or}$.

Hier ist nun von Wichtigkeit, den Horizont des Bildes, der durch die optische Axe des Objectivs geschnitten wird, genau zu bestimmen. Es kann dies geschehen mit Hülfe zweier Zeichen, die vorher genau mit Hülfe eines Nivellirinstrumentes in einer Horizontalebene mit dem optischen Mittelpunkt des Objectivs aufgestellt werden und sich nachher auf dem Bilde mit abbilden. Dazu können die beiden Stangen angewendet werden, welche zur Absteckung des rechten Winkels (s. o. p. 323) dienen.



Wie die Höhe des Gegenstandes aus der Tangente des Höhenwinkels abgeleitet werden kann, kann auch der horizontale Abstand aus den Tangenten bestimmt werden. Hierzu kann jedes mit einer correct zeichnenden photographischen Linse und einem gewöhnlichen feststehenden Apparat aufgenommene Bild dienen. Dieses Verfahren schlug Laussedat bereits 1858 ein.

Sind bc zwei einer Camera gegenüberliegende Punkte, $b'c'$ ihre Bilder, a' der Augenpunkt, d. h. der Durchschnittspunkt der Objectivaxe mit der Platte, oa' die Brenn-

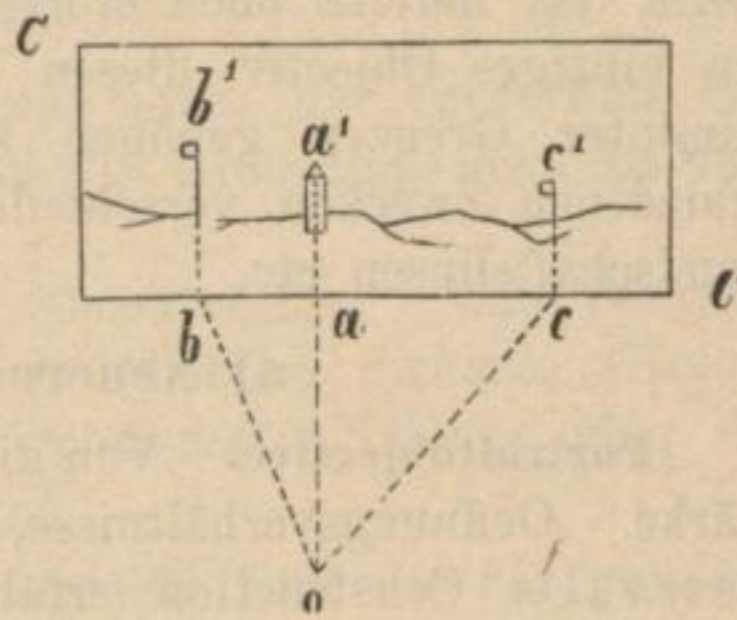
weite, so sind $\frac{a'c'}{oa'}$ und $\frac{a'b'}{oa'}$ die Tangenten der Azimuthwinkel aob und aoc .

Klebt man das photographische Bild der Punkte abc (Fig. 110) auf ein Zeichenbrett und projicirt die Punkte b', a', c' auf die Horizontale, macht ferner ao gleich der Brennweite, so kann man den Azimuthwinkel aob und aoc constructiv bestimmen.

Nothwendig ist hierbei die genaue Fixirung des Augenpunktes a , und des Horizontes. Meydenbauer, der dieses Messverfahren anwendet, erreicht dieses mit Hülfe eines in der Camera vor der Platte ausgespannten Fadenkreuzes, welches sich auf der empfindlichen Schicht mit abbildet. Dieses photogrammetrische Verfahren hat den Vortheil, aus mehreren Aufnahmen, die innerhalb sehr kurzer Zeit herstellbar sind, den Grundriss, d. h. die Karte einer Region entnehmen zu können. Es ist daher erspriesslich für geographische Expeditionen, denen es meist an Zeit fehlt, um Tage lang andauernde Messungen ein und desselben Terrains vorzunehmen resp. im Kriege. Dagegen erlaubt die Kleinheit der Gegenstände in den Bildern nicht, die einzelnen Punkte mit derselben Genauigkeit zu fixiren, wie in der Natur. Sind die Bilder in Folge des Zustandes der Luft (Luftperspective) undeutlich, so können sich hieraus sehr beträchtliche Fehler ergeben. Eben solche Fehler entstehen aber auch beim Entwerfen nach Papierbildern, die sich schon beim Aufkleben verziehen. Man misst deshalb lieber am Negativ nach; das ist jedoch viel unbequemer, so dass das Entwerfen nach Photographien erheblich schwieriger ist als das Entwerfen nach directen Aufnahmen mit Mess-tisch etc.

Der Photogrammeter hat seine praktische Bedeutung für alle Fälle, wo ein rasches Aufnehmen nothwendig ist (Forschungsreisen, Kriegsfälle), ferner für Arbeiten im Gebirge, für Aufnahmen unzugänglicher Architecturtheile. Das Entwerfen der Karten nach den Photographien kostet jedoch bedeutend mehr Zeit und Mühe als bei den gewöhnlichen geodätischen Aufnahmen. Näheres s. Laussedat, *Annal. de Conservatoire* Tom. IV und V, Gauthier-Villars, Paris, Meydenbauer's *Photogrammetrie*, Berlin, Schiffner, *Photogrammetrie*, Halle.

Fig. 110.



VII. Beschreibung neuer Objectivconstruction.

Seit der Herausgabe von Schroeders vortrefflichem Supplementband sind verschiedene neue Objectivconstructionen auf den Markt gekommen, welche das allgemeine Interesse verdienen. Wir geben die wichtigsten, soweit sie durch praktische Versuche bekannt geworden sind. Welche Mannigfaltigkeit an Anforderungen man an Objective stellt, ist bereits oben erörtert worden, ebenso die Thatsache, dass ein einziges Objectiv diesen Anforderungen nur innerhalb sehr bestimmter Grenzen genügen kann. So werden denn für die verschiedenen Zwecken verschiedene Objective construirt, Portraitlinsen, Landschaftslinsen etc.

a) Neuere Portraitobjective.

Portraitobjective. Von diesen verlangt man stets besondere Lichtstärke. Oeffnungsverhältnisse, $\frac{1}{3} - \frac{1}{4}$ des Focus waren die üblichen. Petzval's Construction erfüllte diese Anforderungen in höchstem Maasse. Es ist seit Einführung der lichtempfindlichen Trockenplatte möglich, mit Objectiven von geringerer Lichtstärke resp. geringerer Oeffnung (ca. $\frac{f}{7}$) auszukommen. So kam der Steinheil-Aplanat, der früher wesentlich auf Landschaft und Architectur beschränkt war, auch im Portraitfach zu Ehren. Steinheil's Objectiv, Serie III gewöhnliche Aplanate, wurde für Tageslicht somit eine Art Universalinstrument bei mässigem Winkel ($\alpha 60^\circ$), ja für manche Fälle erwies sich dieses Instrument noch als zu lichtkräftig.

Doch würde man irren, wenn man glauben wollte, mit Einführung der Trockenplatten seien die sehr lichtstarken Objective überhaupt überflüssig geworden. Handelt es sich um Aufnahmen mit künstlichem Licht, so wird man z. B. bei gegebener electricischer Lichtstärke mit einem Petzval $\frac{f}{3}$ nahe $5\frac{1}{2}$ mal rascher arbeiten können als mit einem Aplanat $\frac{f}{7}$ ($3^2 : 7^2 = 9 : 49 = 5\frac{4}{9}$), ebenso wird man für gedachte lichtstarke Objective $5\frac{1}{2}$ mal weniger Magnesium brauchen als für lichtschwache. Aehnliches gilt in Wintermonaten für Momentaufnahmen bei mangelndem Licht.

Lichtstarke Linsen nach dem Aplanatsystem hat Steinheil nicht geliefert. Dagegen den neuen Antiplaneten, von denen die erste Nummer ($\frac{f}{3,15}$) als Portrait-Antiplanet im Handel ist.

Die Antiplanete sind aus zwei ganz verschiedenen Hälften mit möglichst grossen, aber entgegengesetzten Fehlern zusammengesetzt, so dass ähnlich wie bei der Verzeichnung (s. p. 302) die Fehler der

Vorderlinse durch die der Hinterlinse aufgehoben werden; die Brennweiten der beiden Hälften sind sehr verschieden, und zwar besitzt die vordere Hälfte kürzere Brennweite als das ganze Objectiv, während die Brennweite der zweiten Hälfte negativ ist.

Schärfe und Tiefe über eine grössere, ebene Bildfläche, gleichmässigerer Vertheilung der Lichtstärke über das Bildfeld, vollständig correcte Zeichnung, vorzüglich zur Vergrösserung, sowie als Projectionsapparate wurden dadurch erreicht.

Zur Aufnahme und zur Vergrösserung muss die Vorderlinse des Antiplanets dem vergrösserten Bilde und die Hinterlinse dem zu vergrössernden Objecte zugewandt sein.

Fig. 112 giebt die Details der Construction. Man bemerkt leicht, dass die Gruppenantiplanete aus erheblich dickeren Gläsern gefertigt sind, sie sind deshalb auch schwerer. Näheres über die Construction s. Schroeder Supplementbd.

Das Portraitantiplanet vereinigt Lichtstärke (wie die der gewöhnlichen Portrait-Objective), mit gleichmässigerer Vertheilung der Schärfe und der Lichtkraft über das Bild bei bedeutender Tiefe; sie sind auch verwendbar für Vergrösserungen und Projectionen.

Als Beispiele geben wir:

| No. | Oeffnung
mm | Brennweite
cm | Durchmesser
d. runden Bildes
bis zum schwarzen
Rand
cm | Zur
Aufnahme
von | Preis
in
Mark |
|-----|----------------|------------------|--|------------------------|---------------------|
| 2 | 76 | 24 | 28 | Visitkarten | 220 |
| 3 | 92 | 32 | 40 | Cabinetformat | 400 |

Ferner construirte Steinheil die Gruppenantiplanete mit Oeffnung $1:5\frac{1}{2}$ (s. u.), die bei gutem Licht auch als Portraitlinsen dienen können.

Portrait Euriskope. Voigtländer glückte es, durch Verfolgung des Aplanatsystems die Euriskope zu schaffen und damit Linsen zu erzielen, mit Oeffnung $\frac{1}{4\frac{1}{2}}$ bis $\frac{1}{3\frac{1}{6}}$ und darüber. Das sind die ersten erfolgreichen Concurrenzen, die dem alten Petzvalobjective in Bezug auf Lichtstärke gemacht wurden. Die Objective $\frac{f}{3\frac{1}{6}}$ und $\frac{f}{4}$ construirte V. wie er selbst sagt, nur, um dem bisherigen Verhältniss zwischen Oeffnung und Brennweite Rechnung zu tragen; empfehlenswerther für

*) S. Schroeder, Supplementb. dieses Lehrbuchs p. 183.

alle Zwecke der Portrait-Photographie sind jedoch die folgenden (unter Serie III der Preisliste) verzeichneten Objective $1:4\frac{1}{2}$ und 56° Gesichtsfeld, über welches die Wiener Prüfungscommission und Verfasser die besten Erfahrungen gemacht haben.

Diese Objective ermöglichen die Aufnahme von Gruppen in beschränkten Ateliers, wo die gewöhnlichen Euriskope der langen Brennweite halber nicht mehr zur Anwendung gelangen können. Die kleineren Nummern von 1 A bis 4 A sind für die schnellsten Augenblicksaufnahmen besonders geeignet. Wir geben folgende Beispiele:

| No. | Oeffnung des Objectivs
cm | Brennweite des Objectivs
cm | Durchmesser des runden Bildes
cm | Normalplatte
cm | Preis | |
|-----|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| | | | | | Ohne Trieb
Mark | Mit Trieb
Mark |
| 1 a | 4 | 16,3 | 18,5 | 10×13 | 90 | 110 |
| 3 a | 5,3 | 21,7 | 24 | 13×18 | 140 | 160 |
| 7 a | 10,5 | 51,4 | 51 | 30×40 | 520 | — |

Anastigmat für Portraits. In den 80er Jahren bemühte man sich, die Fehler der Astigmatation zu beseitigen; wie das möglich ist, wurde p. 293 angedeutet. Miethe ging hier voran; sein Anastigmat gelangte aber nicht zur allgemeinen Einführung. Erfolgreicher war Zeiss in Jena, der auch die neuen epochemachenden Gläser des glastechnischen Instituts in Jena bestens benutzt; seine Anastigmaten hielten sich anfangs in den Lichtverhältnissen $\frac{f}{6,3}$ (s. u.). Jetzt giebt Zeiss ein Portraitanastigmat heraus, dessen Oeffnung $\frac{f}{4,5}$ (Serie I) ist, von denen wir nachfolgend einige Beispiele liefern (s. a. Fig. 115).

Das Objectiv besitzt einen Bildwinkel von ca. 75° , dasselbe ist — soweit diese Winkelausdehnung des Bildfeldes genügt — für jeden beliebigen Zweck im Atelier und im Freien gut verwendbar. Die grösste Nummer dieser Serie reicht für Portraits in etwa $\frac{1}{3}$ Lebensgrösse aus; für grössere Aufnahmen sind entsprechend hohe Nummern der Serien II, III und III^a zu wählen. (Näheres Zeiss's Preisliste.) Beispiele:

| No. | Aequivalent-Brennweite
mm | Linsendurchmesser
mm | Platte bei | | Durchm. d. scharf. Feldes b. kl. Blend. $\angle = 70^\circ$
cm | Messingfassung mit Iris
Mk. |
|-----|------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|---|--------------------------------|
| | | | Blende $f/4,5$
cm | Blende $f/6,3$
cm | | |
| 3 | 183 | 42 | 8×10 | 9×12 | 25,6 | 225 |
| 5 | 260 | 61 | 12×15 | 13×18 | 36,4 | 430 |
| 8 | 416 | 94 | 16×21 | 18×24 | 58,3 | 860 |

Ueber Objective für Momentbilder. Lichtstärke ist das erste Erforderniss einer Linse für Momentbilder. Das ist die allgemeine Anschauung. Dem entsprechend benutzte man früher für Momentbilder ausschliesslich Portraitlinsen mit Oeffnung $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$. Miethe erklärt,*) dass man das jetzt nicht mehr nöthig hat. Er setzt voraus, dass man gute, hochempfindliche Platten, einen Momentverschluss mittlerer Geschwindigkeit ($\frac{1}{15}$ — $\frac{1}{50}$ Secunde) und einen kräftigen Entwickler benutzt und führt aus: die Furcht vor Unterexposition ist die nächstliegende. Thatsache ist nun, dass die Praktiker hier meist zu ängstlich sind und glauben, ohne ein Objectiv von mindestens $\frac{f}{6}$ ($\frac{1}{6}$ des Focus) lasse sich ein ausexponirtes Bild nicht erzielen. Dieses letztere gilt in Wirklichkeit nur für Expositionszeiten von weniger als $\frac{1}{75}$ — $\frac{1}{100}$ Secunde oder bei mangelhaftem Licht (Winter oder auch im Sommer in engen Strassen, in Wäldern). Wenn man mit Objectiven von $\frac{f}{4}$ — $\frac{f}{6}$ unter gewöhnlichen Umständen in offenen Strassen, auf dem Lande oder gar an der See oder im Hochgebirge Momentbilder machen will, so sind dieselben, abgesehen von den ihnen naturgemäss anhaftenden Mängeln zu geringer Tiefe, Randunschärfe etc. meist oder sicher überexponirt. Man hört zwar oft behaupten, dass Momentbilder nie überexponirt würden, das ist jedoch ein Irrthum, von dem man nach längerer Praxis sicher zurückkommen wird. Ich selbst habe die Erfahrung gemacht, dass es bei gutem Licht, d. h. bei hellem Himmel oder in der Sonne im Sommer, möglich ist, mit einem Doppelobjectiv von $\frac{f}{13}$ — $\frac{f}{16}$ vollkommen ausexponirte Negative bei schnellster Gangart eines Momentverschlusses mittlerer Geschwindigkeit zu erhalten. Noch günstiger gestaltet sich die Sache, wenn man einfache Landschaftslinsen zur Anwendung bringt. Mit $\frac{f}{20}$ kann dann noch sicher gearbeitet werden. Im Winter muss man allerdings wohl selbst unter günstigen Umständen auf eine Oeffnung von $\frac{f}{10}$ — $\frac{f}{9}$, wir nehmen lieber $\frac{f}{6}$ — $\frac{f}{7}$, hinauf gehen.“

„Bei Anwendung verhältnissmässig so kleiner Blenden gewinnt man wesentlich an Randschärfe und Tiefe, d. h. scharfe Zeichnung verschieden weit entfernter Gegenstände.

*) Phot. Wochenbl. 1890 p. 18.

„Man nimmt im Allgemeinen an, dass man mit einem Objectiv von $\frac{f}{10}$ Oeffnung bei Einstellung auf die Ferne alle Gegenstände scharf erhält, die bis auf die 35fache Brennweite dem Objectiv nahe kommen.

Für die einzelnen Lichtstärken ergibt sich folgende Tabelle:

| Lichtstärke | Kürzeste Entfernung des Gegenstandes in Einheiten der Brennw. | Lichtstärke | Kürzeste Entfernung des Gegenstandes in Einheiten der Brennw. |
|----------------|---|----------------|---|
| $\frac{f}{4}$ | 87 | $\frac{f}{12}$ | 29 |
| $\frac{f}{5}$ | 70 | $\frac{f}{15}$ | 23 |
| $\frac{f}{6}$ | 58 | $\frac{f}{20}$ | 17,5 |
| $\frac{f}{7}$ | 50 | $\frac{f}{30}$ | 11,6 |
| $\frac{f}{10}$ | 35 | | |

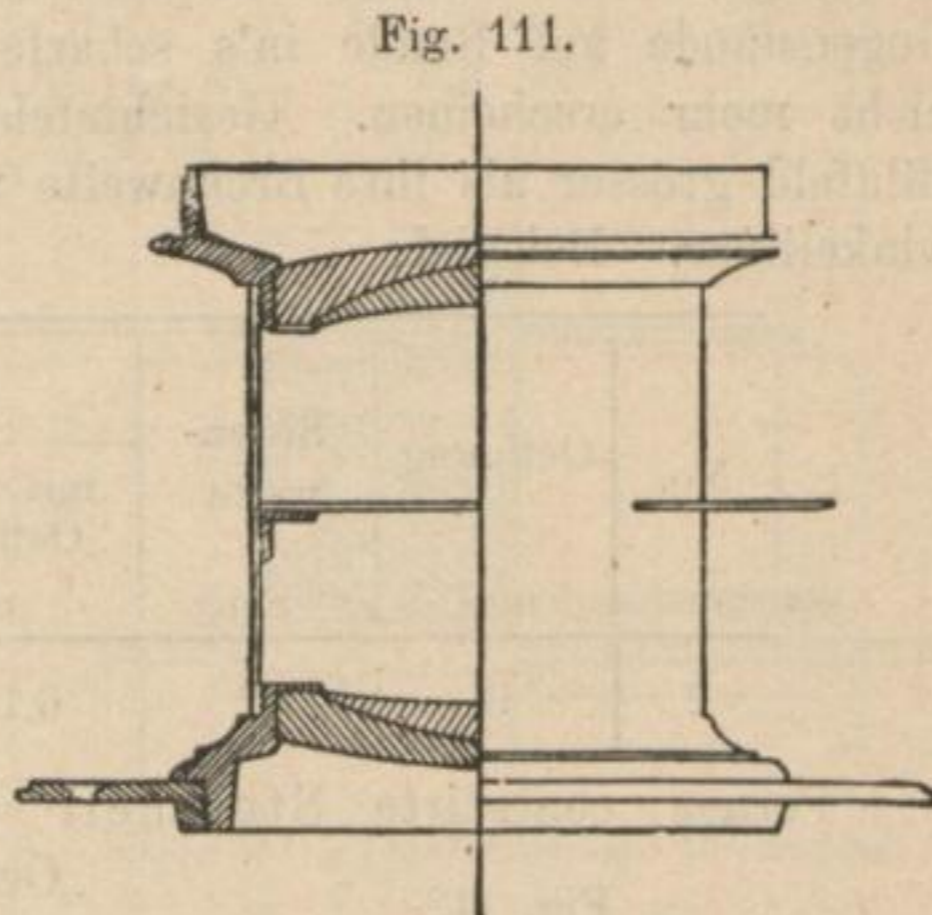
Also z. B., wenn man ein Objectiv von 27,2 cm Brennweite auf $\frac{f}{15}$ abgeblendet zu Momentaufnahmen anwenden will, so muss der nächste Gegenstand eine Entfernung von $27,2 \times 23 = 626 \text{ cm} = 6\frac{1}{4} \text{ m}$ vom Objectiv haben, wenn zugleich die entfernteren Gegenstände leidlich scharf werden sollen. Aus der Tabelle ersieht man fernerhin, in welchem Verhältniss zur Originalgrösse man bei jeder Oeffnung einen Gegenstand noch abbilden kann. Gesetzt man arbeite mit $\frac{f}{10}$, so wird der nächste, noch mit der Ferne zugleich scharfe Gegenstand in ca. $\frac{1}{35}$ natürlicher Grösse abbildbar sein. Also ein Pferd von 2 m Grösse ca. 6 cm gross. Arbeitet man mit $\frac{f}{20}$, so kann man sich demselben Pferde soweit nähern, dass es 12 cm gross im Bilde erscheint. Zu grosse Annäherung ist aber nicht rathsam.“

b) Ueber Universallinsen.

Dieser Ausdruck wird gebraucht für Linsen, die für Landschafts- und Architecturaufnahmen und Reproduktionen gefertigt sind und deren kleinere Nummern den Amateuren für ihre meist vielseitigen Zwecke, auch Portraits, genügen. Gewöhnlich haben dieselben eine grösste Oeffnung $\frac{f}{6} - \frac{f}{8}$ und ein scharfes Bildfeld von 60 bis 70° (mindestens gleich der Brennweite).

Die Constructionen stimmen mit den oben gegebenen überein (Aplanat, Antiplanet, Euriskop, Anastigmat). Neu ist der Goertz'sche symmetrische Doppelanastigmat und der Rapidantiplanet Steinheil's.

1. Steinheil's ältere Aplanate sind ihren Elementen nach von Schroeder beschrieben worden (dessen Optik p. 20). Die ältere Serie III hatte eine Helligkeit $\frac{f}{7}$, die neuere $\frac{f}{6}$. Steinheil liefert jetzt die Aplanate in 4 Nummern, über deren Construction beifolgende Figuren Auskunft geben.



Steinheil's gewöhnlicher Aplanat.

Serie III Aplanate (ca. 60° Bildfeld, Fig. 111), Serie IV Landschafts- aplanate (ca. 75° Bildfeld), Serie V Weitwinkelaplanate (ca. 100° Bildfeld), Serie VI Reproductionsweitwinkel, die besonders mit Prisma zur Herstellung verkehrter Negative gebraucht werden. Wie man erkennt, sind bei den verschiedenen Constructionen die Entfernungen der Linsen erheblich verschieden. Alle aber sind symmetrisch.

Die gewöhnlichen Aplanate Serie III sind am populärsten und durch ihre vielseitige Anwendbarkeit zu Portraits, Gruppen, Architecturen, Landschaften, Reproduktionen, selbst zu Momentaufnahmen schon genügend bekannt.

Als Beispiele geben wir:

| No. | Oeffnung
mm | Brenn-
weite
cm | Bildgrösse | | Preis
in
Mark |
|-----|----------------|-----------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------|
| | | | mit voller
Oeffnung
cm | mit kleinster
Blende
cm | |
| 2 | 15,8 | 9,5 | 6,8×5,4 | 10,2× 8,8*) | 42 |
| 3 | 24,8 | 14,2 | 9,5×7,4 | 14,9×13,5**) | 57 |
| 4 | 31,6 | 18,9 | 12,2×9,5 | 20,3×17,6 | 75 |

Die Landschafts-Aplanate (Serie IV) sind speciell für Landschafts-Aufnahmen construirt, aber auch für Architecturen.

*) Liefert in unsern Händen 9×12 cm scharf.

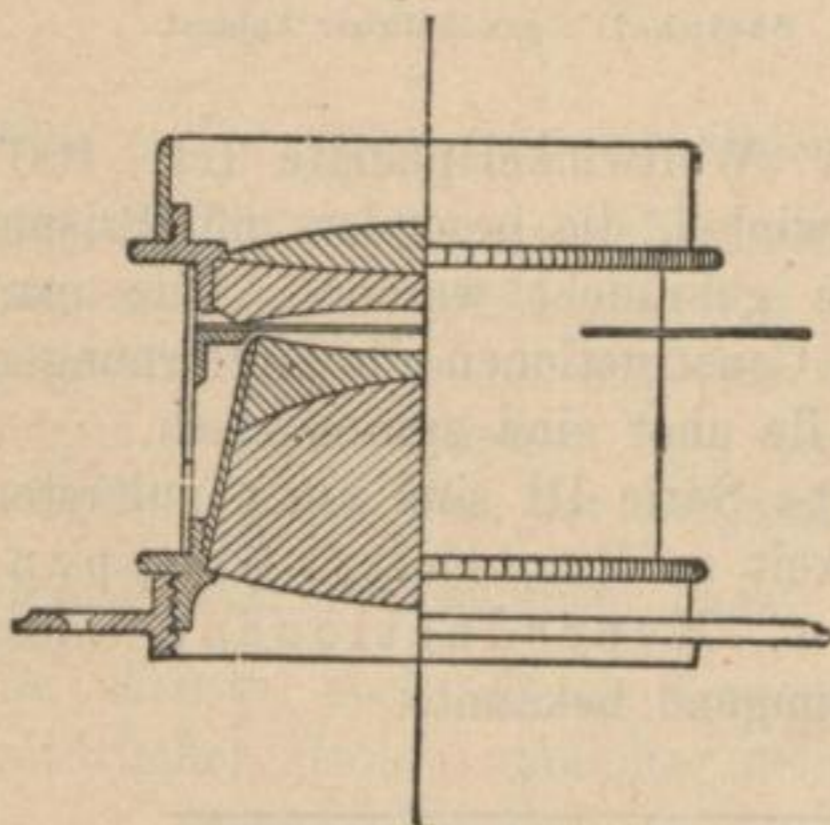
***) Liefert uns 13×18 cm scharf.

sowie zu Reproduktionen mit Vortheil anwendbar; wirksame Oeffnung $\frac{1}{12}$ — $\frac{1}{15}$, also Lichtstärke etwa $\frac{1}{4}$ der Serie III; das Gesichtsfeld ist grösser, als das der Aplanate Serie III, so dass bei gleicher Plattengrösse bei einer correspondirenden Nummer der Aplanate noch Gegenstände am Rande in's scharfe Bild treffen, die bei Serie III nicht mehr erscheinen. Gesichtsfeldwinkel ca. 75° ; sie geben ein Bildfeld grösser als ihre Brennweite und nähern sich somit der Weitwinkellinse. Beispiel:

| No. | Oeffnung
mm | Brenn-
weite
cm | Bildgrösse | | Preis
in
Mark |
|-----|----------------|-----------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------|
| | | | mit voller
Oeffnung
cm | mit kleinster
Blende
cm | |
| 2 | 9 | 7,7 | 6,1×5 | 10×7,5 | 50 |

Ferner contruirte Steinheil die Gruppenantiplanete mit

Fig. 112.



Steinheil's Gruppenantiplanet.

Oeffnung $1:5\frac{1}{2}$, die eine vielseitige Anwendung für Portraits, Gruppen bei gutem Licht, Landschaften, Vergrösserungen etc. gestatten. Sie haben noch bedeutendere Tiefe und ein noch grösseres Bildfeld von gleichmässigerer Schärfe als Serie I.

Gruppen-Antiplanete (Serie II) vorzüglich für Moment-Aufnahmen geeignet. Sie sind aus zwei verkitteten Linsenpaaren gebildet, welche einander so nahe stehen, dass nur noch Raum für die Blendung bleibt (s. Fig. 112).

Als Beispiele geben wir:

| No. | Oeffnung
mm | Brenn-
weite
cm | Scharfe Bildgrösse | | Preis
in
Mark |
|-----|----------------|-----------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------|
| | | | mit voller
Oeffnung
cm | mit kleinster
Blende
cm | |
| 1b | 21 | 12,4 | 8,1×6,4 | 12,5×11,0 | 53 |
| 2b | 29 | 16,4 | 10,8×8,8 | 17,6×15,5 | 70 |

Rapid-Antiplanete, Oeffnungsverhältniss $1:6,5$; Bildwinkel über 80° . Diese neuesten Steinheil-Objective*) sind ihrem Grundtypus

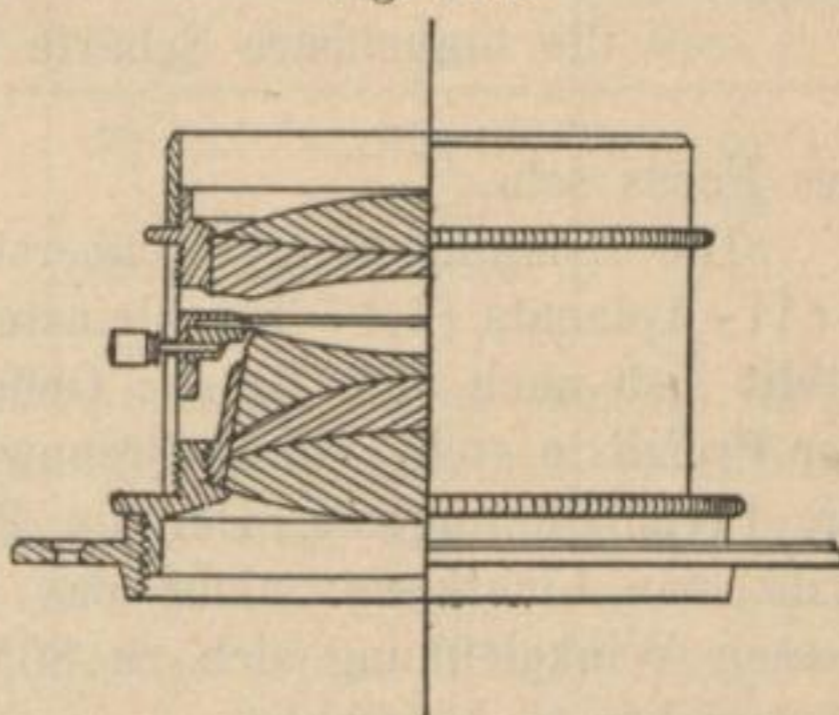
*) S. Photogr. Mittheil. XXXI p. 51.

nach Antiplanete, bestehend aus zwei verkitteten Linsensystemen: einer zweifachen Vorderlinse mit positiver Brennweite und einer dreifachen Hinterlinse mit negativer Brennweite (s. Fig. 113. 114.)

Fig. 113.

Steinheil's Rapidantiplanet.
Aussenseite.

Fig. 114.



Steinheil's Rapidantiplanet. Durchschnitt

Durch die geänderte Zusammensetzung der hinteren Combination, bei welcher die doppelte, aus Flint- und Crown glas bestehende Linse des Gruppenantiplaneten durch ein dreifaches, verkittetes System — eine Crown glaslinse zwischen zwei Flintglaslinsen — ersetzt ist, ist die bisherige ungewöhnlich dicke Crown glaslinse, sowie auch die Gesamtdicke des ganzen hinteren Linsensystems (trotz der grösseren Linsenanzahl) erheblich reducirt, wodurch sich noch die nachfolgenden Vortheile im Vergleich mit dem Gruppenantiplanet ergeben: 1. geringeres Gewicht und Volumen, ca. 15⁰/₀; 2. grösserer Abstand zwischen Vorder- und Hinterlinse, wodurch das Anbringen eines Momentverschlusses zwischen den Linsen erleichtert ist; 3. die Möglichkeit, diese Construction auch in grösserem Maassstabe (bis zu 105 mm Oeffnung) herzustellen. Beispiele:

| No. | Oeffnung | Brennweite | Scharfe Bildgrösse mit voller Oeffnung $f:6,5$ | Mark |
|-----|----------|------------|--|------|
| 4 | 25 mm | 140 mm | 9 × 12 cm | 90 |
| 7 | 38 „ | 210 „ | 13 × 18 „ | 135 |
| 11 | 64 „ | 360 „ | 18 × 24 „ | 340 |

Wir erhielten einen Rapjdantiplanet mit 180 mm Brennweite. Es ergab sich die Focusslänge zu 178 mm (Fehlergrenze ± 1 mm). Es wurden damit zwei Aufnahmen, und zwar mit grösster und kleinster oben angegebener Irisblende gemacht.

Dabei ergab sich, dass das Instrument eine Platte 18×24 cm bei kleinster Blende fast völlig scharf auszeichnet, bei grösster Blende ein Feld von 10 mm Durchmesser. Aus ersterer ergibt sich das brauchbare Gesichtsfeld bei kleinster Blende zu höchstens 66° . Reduciert man diese Daten auf Focustlänge, s. p. 315, so würde

die brauchbare Schärfe bei grösster Blende 0,534

„ „ „ „ kleinster „ 1,35

des Focus sein.

Die Leistungsfähigkeit übersteigt somit die des früheren Steinheil-Aplanats (1,17 bei kleinster Blende) merklich. Die Helligkeit stellt sich nach dem Bruch: Oeffnung (29 mm statt 33 mm, wie in der Preisliste steht) durch Brennweite zu 6,17, demnach günstiger als die Preisliste angiebt. Der im Preiscourant genannte Bildwinkel betrifft den Lichtkreis, nicht das oben genannte brauchbare Bildfeld, dessen Winkelöffnung sich zu $86^\circ 50'$ ergab. Von Verzeichnung war nichts zu bemerken.

Die unter 1 und 2 erwähnten Vorzüge können wir bestätigen. Das Objectiv ist somit gegenüber den alten Antiplaneten Steinheils ein Fortschritt.

Voigtländer Euryskope (s. o.) weisen die Serien IV, V und VI auf, die als Universalobjective gelten können. Sie unterscheiden sich durch die Lichtstärke und das Gesichtsfeld IV weist eine Oeffnung $\frac{f}{5,6}$

auf. Gesichtsfeld 70° V (Rapidweitwinkel Oeffnung $\frac{f}{6}$ auch noch zu Gruppen geeignet, liefert bei kleinster Blende Bilder von ca. 80° ($1,7f$).

Serie VI bildet den Uebergang zu dem eigentlichen Weitwinkel ähnlich Steinheil Landschaftsplanat, Oeffnung $\frac{f}{7\frac{3}{4}}$, Gesichtsfeld bis 78° . Nachfolgende Tabellen geben Beispiele.

Für Gruppenaufnahmen sind sie von grossem Werth, wenn die Kürze des Ateliers nicht gestattet, Instrumente von längerer Brennweite wie die Euryskope IV anzuwenden.

| No. | Oeffnung des Objectivs
cm | Brennweite des Objectivs
cm | Durchmesser d. runden Bildes
cm | Grösste Platte
cm | Normal-Platte
cm | Preis Mark | |
|-----|------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------------------|
| | | | | | | mit Schieber-Blenden | mit Iris-Blenden |
| 0 | 2,6 | 13,8 | 28 | 16×22 | 13×18 | 75 | 85 |
| 00 | 3,3 | 20,1 | 37 | 22×29 | 18×24 | 100 | 110 |

VI. Euryskope mit grösserem Gesichtsfeld:

| No. | Oeffnung
des
Objectivs
cm | Brenn-
weite des
Objectivs
cm | Durch-
messer d.
runden
Bildes
cm | Grösste
Platte
cm | Normal-
Platte
cm | Preis
Mark
mit Schieber-
Blenden |
|-----|------------------------------------|--|---|-------------------------|-------------------------|---|
| 0A | 2,6 | 17,8 | 34 | 20×27 | 13×18 | 68 |
| 00A | 3,3 | 24 | 42 | 25×33 | 16×21 | 84 |
| 1A | 4 | 29,5 | 48 | 28×36 | 18×24 | 112 |

Zeiss' Anastigmat. Das Charakteristische dieser bereits unter Portraitlinsen p. 328 erwähnten, von Dr. P. Rudolph erfundenen Doublet-Construction besteht darin, dass die beiden aus unter sich verkitteten Linsen zusammengesetzten Glieder des Systems zwar einzeln achromatisirt sind, dabei jedoch der positive Theil (Sammel-linse) in dem einen Glied kleineren, in dem anderen Glied dagegen grösseren Brechungsindex besitzt als der damit verbundene negative Theil (Zerstreuungslinse).

Die Einführung für sich achromatisirter Glieder von derartig gegensätzlichem Verhältniss ihrer Bestandtheile war möglich geworden durch angemessene Benutzung der Jenenser Barium-Silicat-Gläser von relativ hohem Brechungsvermögen. Der Vortheil dieser gegensätzlichen Zusammensetzung der Theile eines Doublets besteht darin, dass durch sie eine vollkommene Aufhebung der astigmatischen Abweichungen schiefer Büschel unbeschadet der Ebenung eines grossen Bildfeldes erreichbar ist.

Die Blenden sind so abgestuft, dass sie dem Objectiv der Reihe nach folgende relative Oeffnungen $\left(\frac{D}{F}\right)$ geben:

1/100, 1/71, 1/50, 1/36, 1/25, 1/18, 1/12,5, 1/9, 1/6,3, 1/4,5.

In dieser Reihe kann 1/4,5 als grösste Oeffnung gelten, welche für kurze Atelieraufnahmen noch wünschenswerth ist, 1/6,3 genügt für sämtliche Momentaufnahmen im Freien, und 1/18 gestattet noch Momentaufnahmen im Freien bei Sonnenlicht. Oeffnung 1/71 — bei grossen Brennweiten 1/100 — ist die kleinste Oeffnung, welche noch benutzt werden kann, ohne die bei zu kleinen Oeffnungen durch Beugungserscheinungen bedingte Unschärfe herbeizuführen. Irgend eine Blende desselben giebt dem Objective die doppelte Lichtstärke der voraufgehenden (kleineren) und die halbe Lichtstärke der nachfolgenden (grösseren).

Zur bequemeren Vergleichung beliebiger Blenden bezüglich ihrer relativen Lichtstärke oder der den Blenden zugehörigen relativen

Expositionszeiten ordnet man den Blenden ausser diesen Oeffnungsverhältnisszahlen noch Zahlen (Blenden-Nummern) zu, die sich entweder direct wie die relativen Lichtstärken — also umgekehrt wie die Expositionszeiten — oder direct wie die relativen Expositionszeiten — also umgekehrt wie die Lichtstärken — verhalten.

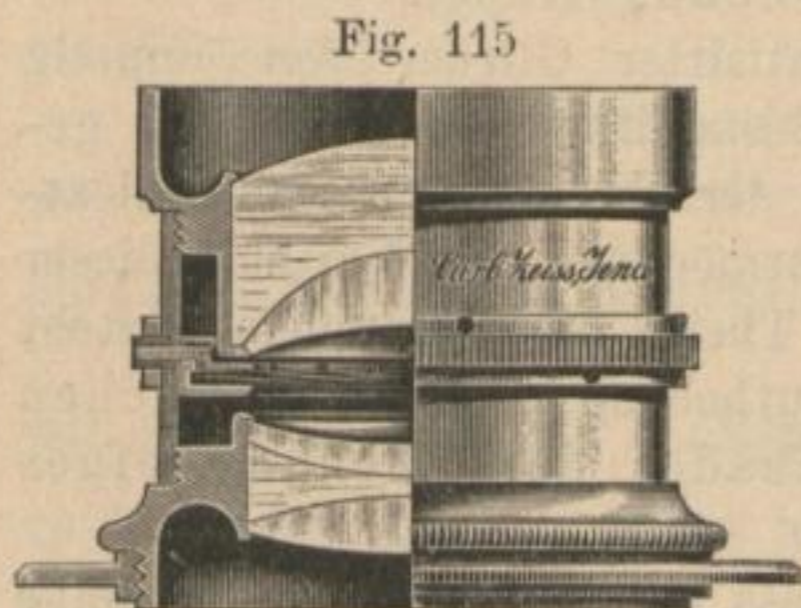
Zeiss wendet folgende Blenden-Numerirung an:

| Relative Oeffnung der Blende | Zugehörige Blenden-No. | Relative Oeffnung der Blende | Zugehörige Blenden-No. |
|------------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------|
| 1/100 | 1 | 1/18 | 32 |
| 1/71 | 2 | 1/12,5 | 64 |
| 1/50 | 4 | 1/9 | 128 |
| 1/36 | 8 | 1/6,3 | 256 |
| 1/25 | 16 | 1/4,5 | 512 |

In diesem System verhalten sich also die den Blenden entsprechenden Expositionszeiten — unter sonst gleichen Umständen — umgekehrt wie die den Blenden zuertheilten Nummern, so dass also, wenn z. B. Blende No. 2 eine Expositionszeit von 4 Secunden bedingt, Blende No. 8 unter sonst gleichen Umständen

eine Exposition von 1 Secunde erfordert. Ueber Portraitanastigmaten s. o.

Serie II. Anastigmat 1:6,3. Objectiv für Momentaufnahmen im Freien, sowie für Portraits und Gruppen mit anastigmatisch geebnetem Bildfeld, einer Winkelausdehnung von ca. 85° und grösster relativer Oeffnung von 1/6,3, welche für die kürzesten Momentaufnahmen genügt, von Zeiss



Zeiss' Anastigmat Serie II. No. 5 in ca. 3/5 nat. Grösse.

als Universalobjectiv für Amateure empfohlen.

Die grossen Brennweiten können mit Vortheil zu grossen Gruppen und Portraitaufnahmen verwendet werden. Beispiele:

| No. | Aequivalent-Brennweite
mm | Linsendurchmesser
mm | Plattengrösse bei | | Durchm. d. scharf. Feldes b. kl. Blend. $\angle = 80^\circ$
cm | Messingfassung mit Iris
Mk. |
|-----|------------------------------|-------------------------|--------------------|------------------|---|--------------------------------|
| | | | Blende f/6,3
cm | Blende f/9
cm | | |
| 3 | 140 | 25 | 8×10 | 9×12 | 23,5 | 115 |
| 5 | 210 | 36 | 12×15 | 13×18 | 35,2 | 185 |
| 8 | 360 | 61 | 16×21 | 18×24 | 60,4 | 430 |

Als Objectiv für Momentbilder, Gruppen und Portraits, für Reproduktionen und Vergrösserungen verzeichnet Zeiss Serie IIa. Anastigmat 1:8 mit einem Bildwinkel von etwa 75°. Das Objectiv ist

in Construction sehr ähnlich dem Anastigmat 1/6,3; Zeiss empfiehlt es für Reproduktionen und Vergrößerungen, seiner hohen Schärfe wegen. Wir geben folgende Beispiele:

| No. | Aequivalent-Brennweite | Linsendurchmesser | Plattengrösse bei | | Durchm. d. scharf. Feldes b. kl. Blend. $\angle = 72^\circ$ | Messingfassung mit Iris |
|-----|------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|---|-------------------------|
| | mm | | Blende $f/8$ | Blende $f/12,5$ | | |
| 1 | 110 | 16 | 6×8 | 9×12 | 16,9 | 85 |
| 3 | 167 | 25 | 12×15 | 13×18 | 25,6 | 125 |
| 5 | 244 | 36 | 13×21 | 18×24 | 37,4 | 185 |

Die Serien IIIa (Oeffnung $\frac{f}{9}$), IV Oeffnung $\frac{f}{12,5}$ gehören bereits in das Gebiet der kleineren Weitwinkelinstrumente. Wir verweisen auf Zeiss' Preisliste.

Goerz' Doppelanastigmat, das neueste Erzeugniss der deutschen Optik ist von dem Optiker Emil von Höegh berechnet worden. Es ist ein symmetrisches Objectiv (s. Fig. 116 u. 117), das die Freiheit von Astigma-

Fig. 116.

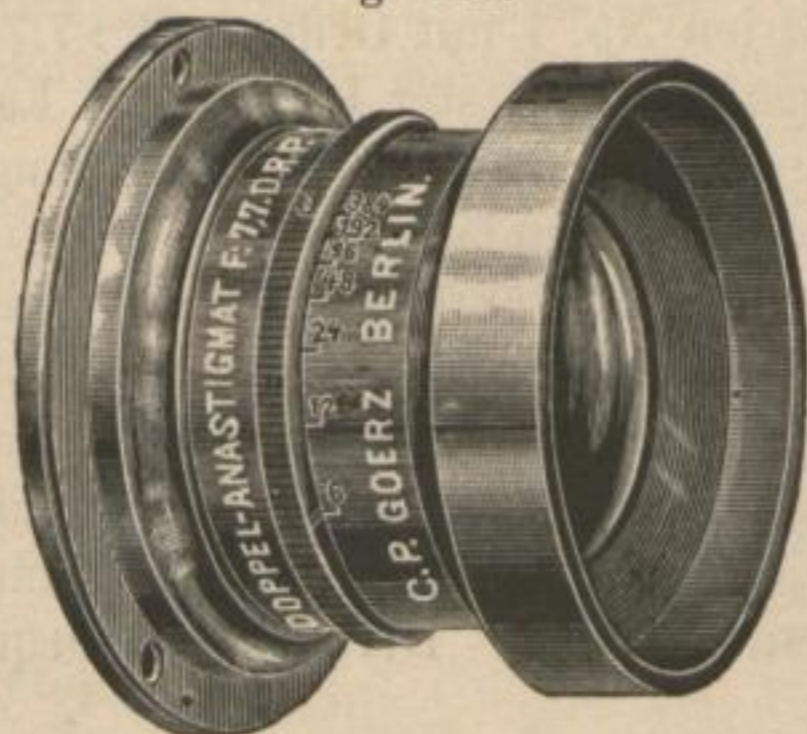
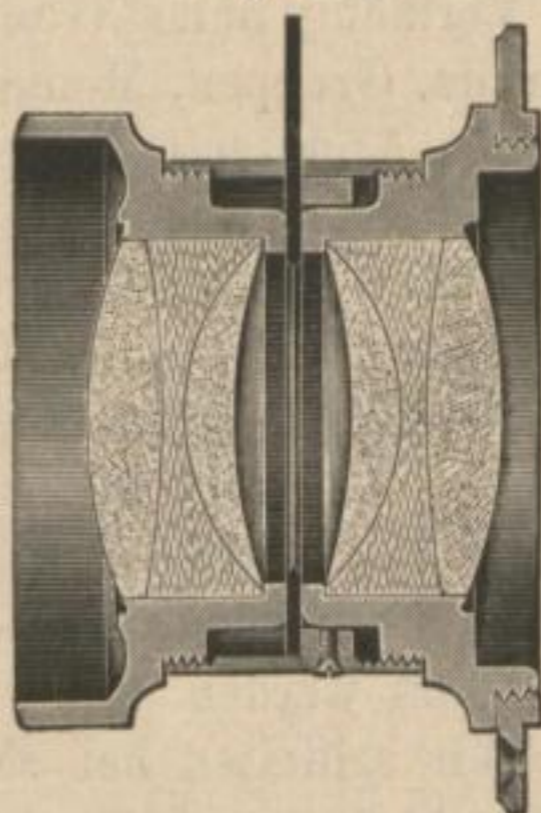


Fig. 117.



tismus und Bildwölbung bis 72° Bildwinkel, von Verzeichnung etc. in bemerkenswerther Weise zeigt und sich der Achromasie nähert.

Zur Construction des Doppel-Anastigmaten kommen drei Jenenser Glassorten zur Verwendung: ein schweres Barium-Silicat-Crown, ein Baryt-Leichtflint und ein weiches Silicat-Crown. Alle drei Glassorten sind durchaus haltbar, äusserst lichtdurchlässig, widerstandsfähig und frei von Homogenitätsfehlern. Das schwere Barium-Silicat-Crown enthält oft Bläschen. Diese kleinen Defecte im Material sind bekanntlich ohne jeden Nachtheil für die Wirkung des Objectives, weil die einzige Wirkung, welche sie verursachen können, in einem verschwindend kleinen Lichtverlust besteht.

Eigenthümlich sind die Blendenbezeichnungen.

Jeder Blende ist die relative Belichtungszeit aufgeschrieben und zwar nach dem System von Dr. Stolze:

$$z = \frac{1}{10} \left(\frac{F}{d} \right)^2$$

wo F die äquivalente Brennweite und d die wirksame Oeffnung des Objectives bedeutet.

In diesem System kommt die Belichtungszahl 1 einem Objective zu, dessen wirksame Oeffnung $= \frac{F}{\sqrt{10}} = \frac{F}{3,16}$ ist; die Belichtungszahl 6 entspricht einem Objective, dessen wirksame Oeffnung $= \frac{F}{\sqrt{60}} = \frac{F}{7,7}$ ist, u. s. w.

Bei den nachstehend verzeichneten Objectiven kommen nun einzig die Belichtungszahlen 6 9 12 24 48 96 192 384 768 vor, welche den Oeffnungsverhältnissen

$$\frac{F}{7,7} \quad \frac{F}{9,5} \quad \frac{F}{11} \quad \frac{F}{15,5} \quad \frac{F}{21,9} \quad \frac{F}{31} \quad \frac{F}{43,8} \quad \frac{F}{62} \quad \frac{F}{87,6}$$

entsprechen. Jeder Blende sind zur bequemen Orientirung beide Bezeichnungen in deutlichen Zahlen eingravirt.

Vorläufig liefert Goerz nur 2 Serien No. 1 mit Oeffnung $F:7,7$ für Portraits, Gruppen, Momentaufnahmen bei kürzester Belichtung, Landschaften, Architecturen und Interieurs, sowie auch für Vergrösserungen.

Die Objective dieser Serie sind in umfassendstem Sinne als Universal-Instrumente zu bezeichnen. Während unter Anwendung der grössten wirksamen Oeffnung — einer Lichtkraft, welche für die schnellsten Augenblicks-Aufnahmen selbst bei trübem Wetter ausreicht — ein Bild bis 70° Winkelausdehnung vollkommen scharf bis zum Rande wiedergegeben wird, können unter Anwendung kleinerer Blenden noch Weitwinkel-Aufnahmen bis zu 90° Bildwinkel bequem ausgeführt werden.

Wir erhielten bei solchem Instrument von 149 mm Focus bei voller Oeffnung 113 mm scharf, das ist dreiviertel des Focus, während bisher mit $\frac{1}{3}$ bis höchstens $\frac{1}{2}$ des Focus Bildscharfe bei voller Oeffnung zu finden war.

Wir geben folgende Beispiele:

| No. | Aequivalente Brennweite
mm | Freie Oeffnung
mm | Scharf bis zum Rande ausgezeichnetes Plattenformat bei Blende: | | | Preis mit Irisblenden
Mk. |
|-----|-------------------------------|----------------------|--|--------|-------|------------------------------|
| | | | F:7,7 | F:15,5 | F:62 | |
| | | | cm | cm | cm | |
| 00 | 90 | 13 | 6×9 | 8×10 | 12×16 | 100 |
| 0 | 120 | 17 | 9×12 | 12×16 | 13×18 | 105 |
| 2 | 180 | 25,5 | 13×18 | 16×21 | 21×27 | 145 |
| 4 | 240 | 34 | 18×24 | 21×27 | 30×36 | 210 |

Die Herren Dr. Dr. Stolze, Miethé und Neuhaus fanden folgendes durch Vergleich von Doppelanastigmat und Zeiss-Anastigmat bei gleicher Abblendung.

| Abblendung | Goerz-Doppelanastigmat | Zeiss-Anastigmat $f:6,3$ |
|------------|------------------------|--------------------------|
| $f:7,7$ | 39° *) | $25,5^{\circ}$ |
| $f:11$ | 48° | $38,0^{\circ}$ |
| $f:22$ | 65° und mehr | $65,0^{\circ}$ |

„Zu diesen Zahlen ist zu bemerken: Der Doppelanastigmat zeigt bei Abblendung auf $f:11$ ausserhalb des Kreises, dessen Winkeldurchmesser 48° beträgt, eine unscharfe Zone. Jenseits dieser Zone, bei etwa 60° Durchmesser des Bildfeldes, tritt wieder fast vollkommene Schärfe der Zeichnung auf. Die in der Zone zwischen 48° und 60° gelegene Unschärfe ist so geringfügig, dass sie für die meisten Aufnahmen überhaupt nicht wahrnehmbar wird; sie verschwindet bei $f:22$ vollständig. Die mit dem Doppelanastigmat bei $f:22$ gefertigte Aufnahme ist bis in die äussersten Ecken der unter etwa 65° abgebildeten Probetafel so haarscharf, dass man auch noch weiter hinaus, bei etwa 70° , vollkommene Schärfe voraussetzen darf. Ein Bildfeld von 70° kann übrigens mit einer Abblendung auf $f:22$ ausgenutzt werden, da das Objectiv bei Anwendung dieser Blende bis zu genanntem Bildfelddurchmesser nur unbedeutend vignettirt.“

„Bei dem Zeiss-Anastigmat ist ausserhalb der angegebenen scharfen Bildfelddurchmesser eine Zunahme der Schärfe an keiner Stelle des sichtbaren Bildkreises zu finden; die oben genannten Zahlen stellen auch bei Blende $f:11$ und $f:22$ die Grenzen des wirklich scharfen Bildfeldes dar.“

Das Goerz'sche Reproductions-Objectiv Serie IV hat die Oeffnung $F:11$. Dasselbe ist speciell für Reproduktionen in natürlicher Grösse gerechnet und zeichnet bei dieser Anwendungsweise eine Platte von der doppelten Länge der Brennweite frei von Bildwölbung und astigmatischer Zeichnung mit gleichmässiger Schärfe bis zum Rande aus.

Dieses Objectiv gestattet auch auf entfernte Objecte Landschaft, Architectur Anwendung, da in diesem Falle die Bildfläche nur eine ganz geringe, praktisch unmerkliche Durchbiegung aufweist. Der bei grösster Blende scharf ausgezeichnete Bildwinkel reicht bis 75° , bei Anwendung kleiner Blenden bis über 90° Winkelausdehnung.

Bei beiden Serien ist die Hinterlinse allein als Landschafts-linse zu gebrauchen.

*) D i. fast 0,3 der Brennweite, wir erhielten mehr! s. o.

Wir geben folgende Beispiele:

| No | Aequivalente Brennweite
mm | Freie Oeffnung
mm | Normalplatte für
Reproduct. b. Blende
F:15,5 bis F:22 | | Platten-Format | | Preis mit Irisblenden
Mk. |
|----|-------------------------------|----------------------|---|----------------------------------|-----------------------------------|---|------------------------------|
| | | | in natürl. Grösse
cm | im verkleinertem Maassstab
cm | für Gruppen bei Blende F:11
cm | bei kleiner Blende für Landschaften
cm | |
| | | | | | | | |
| 6 | 300 | 28 | 40×50 | 24×30 | 24×30 | 40×50 | 325 |
| 7 | 360 | 34 | 50×60 | 30×40 | 30×40 | 50×60 | 415 |
| 8 | 480 | 45 | 70×80 | 40×50 | 40×50 | 70×80 | 665 |

Hülftafel*) zur Auffindung der Distanzen bei vorgeschriebener Verkleinerung oder Vergrößerung:

| I
Verkleinerung | II
Auszugslänge der Camera in Einheiten des Focus | III
Object-Abstand in Einheiten des Focus | I
Verkleinerung Einheit des Focus | II
Auszugslänge der Camera in Einheiten des Focus | III
Object-Abstand in Einheiten des Focus |
|--------------------|--|--|--------------------------------------|--|--|
| 1 mal | 2,00 | 2,00 | 6,5 | 1,15 | 7,50 |
| 1,1 | 1,91 | 2,10 | 7,0 | 1,14 | 8,00 |
| 1,2 | 1,83 | 2,20 | 7,5 | 1,13 | 8,50 |
| 1,3 | 1,77 | 2,30 | 8,0 | 1,12 | 9,00 |
| 1,4 | 1,72 | 2,40 | 8,5 | 1,12 | 9,50 |
| 1,5 | 1,67 | 2,50 | 9,0 | 1,11 | 10,00 |
| 1,6 | 1,62 | 2,60 | 9,5 | 1,10 | 10,50 |
| 1,7 | 1,59 | 2,70 | 10,0 | 1,10 | 11,00 |
| 1,8 | 1,56 | 2,80 | 11,0 | 1,09 | 12,00 |
| 1,9 | 1,53 | 2,90 | 12,0 | 1,08 | 13,00 |
| 2,0 | 1,50 | 3,00 | 13,0 | 1,08 | 14,00 |
| 2,1 | 1,48 | 3,10 | 14,0 | 1,07 | 15,00 |
| 2,2 | 1,45 | 3,20 | 15,0 | 1,07 | 16,00 |
| 2,3 | 1,43 | 3,30 | 16,0 | 1,06 | 17,00 |
| 2,4 | 1,42 | 3,40 | 18,0 | 1,06 | 19,00 |
| 2,5 | 1,40 | 3,50 | 20,0 | 1,05 | 21,00 |
| 2,6 | 1,38 | 3,60 | 22,0 | 1,04 | 23,00 |
| 2,7 | 1,37 | 3,70 | 24,0 | 1,04 | 25,00 |
| 2,8 | 1,36 | 3,80 | 26,0 | 1,04 | 27,00 |
| 2,9 | 1,34 | 3,90 | 28,0 | 1,04 | 29,00 |
| 3,0 | 1,33 | 4,00 | 30,0 | 1,03 | 31,00 |
| 3,2 | 1,31 | 4,20 | 35,0 | 1,03 | 36,00 |
| 3,4 | 1,29 | 4,40 | 40,0 | 1,02 | 41,00 |
| 3,6 | 1,28 | 4,60 | 45,0 | 1,02 | 46,00 |
| 3,8 | 1,26 | 4,80 | 50,0 | 1,02 | 51,00 |
| 4,0 | 1,25 | 5,00 | 60,0 | 1,02 | 61,00 |
| 4,5 | 1,22 | 5,50 | 70,0 | 1,01 | 71,00 |
| 5,0 | 1,20 | 6,00 | 80,0 | 1,01 | 81,00 |
| 5,5 | 1,18 | 6,50 | 90,0 | 1,01 | 91,00 |
| 6,0 | 1,17 | 7,00 | 100,0 | 1,01 | 101,00 |
| Vergrößerung
I | Object-Abstand
II | Auszugslänge der Camera
III | Vergrößerung
I | Object-Abstand
II | Auszugslänge der Camera
III |

*) Nach C. A. Steinheil Söhne.

Gebrauch der Hülftafel. Man drücke den grössten Durchmesser des Objectes und den grössten Durchmesser des zu erhaltenden Bildes im gleichen Maassstabe aus und dividire mit letzterem Werth in ersteren.

Zur Bestimmung, wie viel mal die Vergrösserung oder Verkleinerung werden soll, dividirt man mit der kleineren Zahl in die grössere; geht mit der gefundenen Zahl in Rubrik I, liest die auf derselben Horizontallinie stehenden Zahlen der Rubriken II und III ab und multiplicirt diese mit der Brennweite des Objectives, um die gesuchten Längen für Auszugslänge der Camera und Objectabstand zu finden, z. B.: Eine Karte von 40 cm Durchmesser soll auf 25 cm Durchmesser reproducirt werden. Weil das Bild kleiner wird als das Object, liegt Verkleinerung vor, und zwar 1,6 mal.

Sucht man in Rubrik I die Zahlen 1,6, so finden sich auf derselben Horizontallinie die Zahlen 1,62 in Rubrik II für Auszugslänge der Camera und 2,60 in Rubrik III für Objectabstand. Hat man die Brennweite 40 cm, so erhält man $1,62 \times 40 = 64,8$ cm als Auszugslänge der Camera und $2,6 \times 40 = 104$ cm Objectabstand.

Alle Abstände zählen von der Objectivblende (Diaphragma) aus.

Aus der Rechnung ergiebt sich auch die nöthige Atelierlänge, resp. die Wahl eines passenden Objectives für gegebene Atelierlängen.

Angenommen ein Atelier habe nur 6 m Länge und man will Vollfiguren, so ist nach Voigtländer zu setzen:

die Grösse eines Mannes 175 cm seines Bildes Visit 6,8 cm,

„ „ „ „ „ „ „ „ Cabinet 9,2 „

Verhältniss im ersten Fall = 26. Dafür ist nach Colonne 3 ein Objectabstand $27 \times f$ erforderlich. Nun muss noch Operationsraum von 1 m bleiben, also setzen wir statt Atelierlänge 6 nur 5 m = 500 cm, so sind diese $27 \times f$.

Demnach muss $f = 19$ cm oder weniger sein. Der Portraitantiplanet Steinheil's für Visits würde somit zu lang im Focus sein.

Dagegen würde Voigtländer's Euriskop III No. 2a eben genügen (Lichtstärke $1:4\frac{1}{2}$). Bei geringerer Lichtstärke ($1:6$) auch Steinheil's Gruppenantiplanet No. 3.

Wächter's und Suter's Aplanate. Ausser gedachten Constructionen verdienen noch die Barytaplanate von Wächter, Berlin-Friedenau und die Aplanate von Suter, Basel, Aufmerksamkeit, durch ihren billigen Preis bei guter Leistungsfähigkeit. Das Nähere ergeben die Preislisten.

c) Weitwinkelinstrumente.

Für Aufnahmen in engen Strassen und Innenräumen, wo man nicht weit genug zurückgehen kann, sind längst die Weitwinkelinstrumente als Bedürfniss empfunden worden.

Man hat solche weite Winkel (bis auf 110°) erreicht, freilich auf

Kosten der Lichtstärke und auf die Gefahr einer übertrieben scheinenden Perspective.*)

Steinheil sen. schuf das Periskop, das leider Focusdifferenz hatte und schnell durch Busch's Pantoskop verdrängt wurde (1865), das einen Gesichtswinkel bis 110° , dabei freilich Lichtflecke und starke Abnahme der Lichtstärke nach dem Rande aufwies.

Steinheil milderte diese Fehler bedeutend durch Anwendung seines Aplanatensystems, dessen Linsen er erheblich näherte (s. Fig. 118). Freilich erreichte er nur 100° Bildwinkel. Seine Weitwinkelnummern passen sich dem herrschenden Formate nicht gut an.

Später suchten Voigtländer, Zeiss, Goerz Aehnliches zuerreichen. Der Werth dieser Weitwinkel namentlich bei obigen Bedingungen kann nicht geleugnet werden. Wegen der übertriebenen Perspective benutzen wir ihn jedoch nur im Nothfalle.

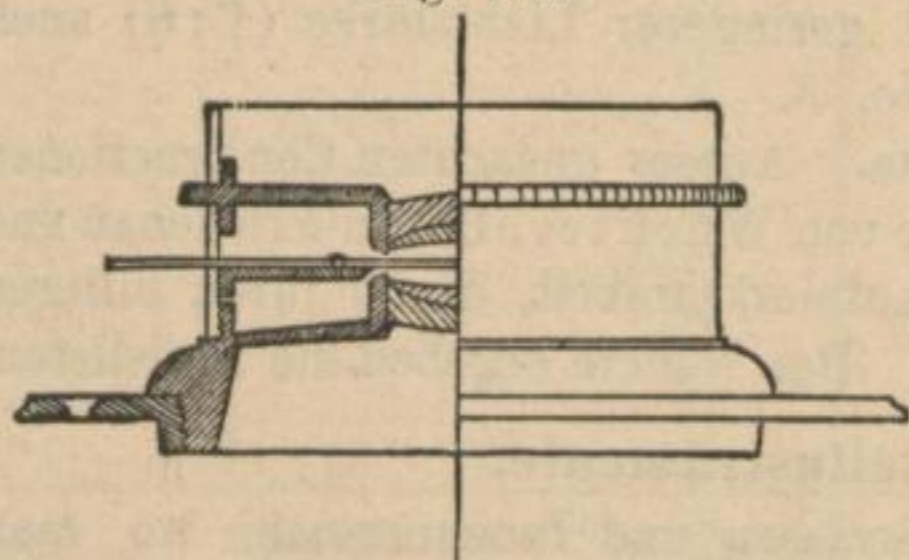
Busch's Pantoskop ist wegen seines ungewöhnlich grossen Winkels noch immer bei einzelnen Praktikern beliebt.

Von den anderen Constructionen geben wir Beispiele. Ausländische Linsen müssen wir leider weglassen, da uns die Gelegenheit fehlte, dieselben zu probiren.

Weitwinkel-Aplanate übertreffen im Gesichtsfeld (ca. 100°) alle übrigen und eignen sich besonders für Interieurs-Aufnahmen und ermöglichen auch sehr hohe oder breite Gegenstände aus geringer Entfernung aufzunehmen. Ihre Lichtkraft (ca. $\frac{1}{11}$ des Aplanats) ist gering, die Tiefe aber bedeutend vermehrt. Beispiele:

| No. | Oeffnung | Brennweite | Durchmesser des runden Bildes mit kleinster Blende | Preis in Mark |
|-----|----------|------------|--|---------------|
| | Millim. | Centim. | Centim. | |
| 1 | 5 | 9,6 | 18 | 60 |
| 2 | 7 | 12,1 | 25 | 60 |

Fig. 118.



Steinheil's Weitwinkel für Architecturen.

Die Weitwinkelaplanate für Reproduktionen (Serie VI) haben gleiche Lichtstärke, wie die Aplanate Serie V, und möglichst ebenes Bild bei grösstmöglicher Schärfe und bedeutendem Gesichtsfelde, wodurch sich diese Construction zu Reproduktionen von Karten, Bildern, Stichen und

*) Siehe Bd. 4 dieses Buchs, fotogr. Kunstlehre, Capitel Perspective.

allen Arten photomechanischer Vervielfältigung eignet. — Zur Aufnahme umgekehrter Negative für die Druckverfahren dienen besondere Prismen. Beispiele:

| No. | Oeffnung | Brennweite | Durchmesser des runden Bildes mit kleinster Blende bei Reproductionen in natürlicher Grösse | Preis in Mark |
|-----|----------|------------|---|---------------|
| | Millim. | Centim. | Centim. | |
| 1 | 25 | 36,5 | 36 | 180 |
| 2 | 30 | 45,7 | 48 | 250 |
| 3 | 43 | 60,1 | 61 | 343 |

Weitwinkel-Euriskope (Voigtländer System VII). Verhältniss der Oeffnung zur Brennweite = 1 : 11. Gesichtsfeldwinkel 93°. Der grosse Bildwinkel ist hierbei bei einer völlig aplanatischen Form erreicht, denn das Objectiv arbeitet mit voller Oeffnung; ferner ist das Bildfeld eben, und die Schärfe normal, bei mässigen Krümmungen der brechenden Flächen, was wieder eine gleichmässige Lichtvertheilung bedingt. Die Objective dieser Abtheilung sind, mit Ausnahme von No. 7, mit Drehblenden versehen, und ist deren Fassung so eingerichtet, dass alle sieben Grössen in einen und denselben Cameraring schrauben, was auf Reisen von Vortheil ist; sie sind ausserdem so handlich, dass sie leicht in der Tasche getragen werden können.

Die Objective No. 1 sowie No. 2 sind zur Aufnahme von Stereoskopbildern bestimmt, und zu diesem Zwecke in Paaren von genau gleicher Brennweite zu beziehen. Beispiele:

| No. | Oeffnung des Objectivs
cm | Brennweite des Objectivs
cm | Durchmesser des runden Bildes
cm | Grösste Platte
cm | Normal-Platte
cm | Preis
Mk. |
|--------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|----------------------|---------------------|--------------|
| 1 (00) | 1,1 | 11,3 | 26 | 15×20 | 9×12 | 60 |
| 2 (0) | 1,3 | 14 | 32 | 19×25 | 13×18 | 70 |
| 4 (2) | 1,7 | 19,8 | 44 | 26×35 | 18×24 | 90 |

Man erkennt aus der grössten Plattenlänge (20 bei 1⁰⁰), dass das scharfe Bildfeld noch nicht 90° erreicht. Für 90° müsste das Bildfeld doppelt so gross als der Focus (11,3) sein.

Vergleich der Lichtstärken der Euriskope. Zur Vergleichung der Lichtstärke der verschiedenen Gattungen seiner Objective giebt Voigtländer folgende Zahlen, welche das Verhältniss der erforderlichen Belichtungszeit für dieselben näherungsweise darstellen:

| Portrait-
Objectiv
(Schnell-
arbeiter) | Portrait-
Euriskop | Portrait-
Euriskop | Euris-
kop | Rapid
Weit-
winkel-
Euriskop | Euriskop
mit
grösserem
Gesichtsfeld | Weit-
winkel-
Euriskop | Weit-
winkel-
Euriskop |
|---|-----------------------|-----------------------|---------------|---------------------------------------|--|------------------------------|------------------------------|
| Abth. I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII |
| 1 | 1 ^{1/2} | 2 | 3 | 3 ^{1/5} | 6 | 12 | 18 |

Zeiss' Weitwinkel-Anastigmat bezeichnet Zeiss als Serie V. Oeffnung 1:18. Die kleineren Nummern besitzen einen Bildwinkel von über 110° und sind demnach im eigentlichen Sinne Weitwinkel-systeme. Die Lichtstärke genügt (nach Prospect) für alle Arten von

Fig. 119.

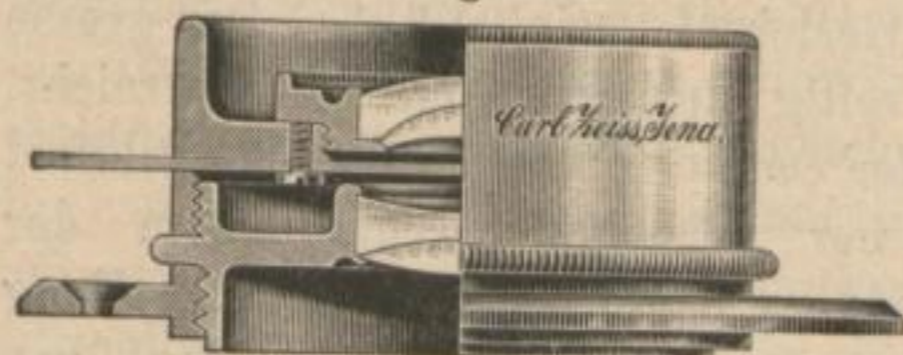
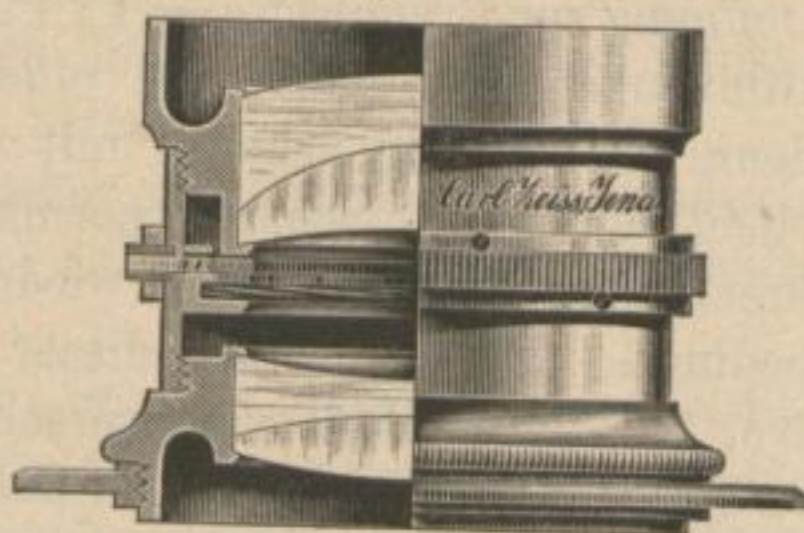
Zeiss' kleiner Weitwinkel No. 4.
Naturgrösse.

Fig. 120.



Zeiss' Reproductionsweitwinkel.

Momentaufnahmen im Freien bei Sonnenlicht (s. jedoch p. 330). Die Nummern von grösseren Brennweiten haben ein Gesichtsfeld von etwa 90°, sie sind im Besonderen für Reproduktionen bestimmt und zeichnen bis etwa 60° Bildausdehnung eben und anastigmatisch. Beispiele:

| No. | Aequi-
valent
Brenn-
weite
mm | Linsen-
durch-
messer
mm | Plattengrösse bei | | Durchmesser
d. scharf.
Feldes b.
kl. Blend.
$\angle = 104^\circ$
cm | Messing-
fassung
mit Iris
Mk. |
|-----|---|-----------------------------------|---|----------------------------------|--|--|
| | | | Blende
$f/18$
cm | Blende
$f/36$
cm | | |
| 1 | 86 | 7,5 | 9×12 | 12×15 | 22 | Rotations-
blende
{ 64
64
80 |
| 2 | 112 | 9,5 | 12×15 | 13×18 | 28 | |
| 3 | 141 | 12 | 13×18 | 16×21 | 36 | |
| 8 | 460 | 26 | Blend. $f/25$
Reprod. in
Halbton
30×40 | Strichre-
production
30×40 | $\angle = 85^\circ$
84 | 245 |

d) Satzlinsen.

Verschiedene Optiker haben sich bestrebt, den verschiedenartigen Anforderungen an Lichtstärke, Gesichtswinkel etc. dadurch nachzukommen, dass sie Linsensätze schufen, die man beliebig zusammensetzen kann, um bald der einen Forderung (Helligkeit) oder der anderen (Weitwinkel etc.) zu genügen.

Von Frankreich aus wurden solche Sätze in den Handel gebracht, die über 20 Combinationen lieferten, von denen jedoch nur ein kleiner Theil zu brauchen war. Der Satz ist für die meisten Reisezwecke zu schwer. Steinheil liefert einen Satz von nur vier Linsen nach folgender Tabelle. Preis 200 M.

| a) einzelne Linsen | Brennweiten
in cm | Bildgrösse in cm | |
|--------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| | | mit voller Oeffnung | mit kleinster Blende |
| I | 30 | 6 × 9 | 12 × 16 |
| II | 38 | 9 × 12 | 13 × 18 |
| III | 48 | 12 × 16 | 18 × 24 |
| IV | 62 | 13 × 18 | 24 × 30 |
| b) Combinationen | | | |
| II vorn I hinten | 18 | 9 × 12 | 13 × 18 |
| III „ II „ | 24 | 12 × 16 | 18 × 24 |
| IV „ III „ | 30 | 13 × 18 | 24 × 30 |

Zeiss construirte „Anastigmat-Satz-Linsen“. Als Grundlage derselben dient eine Landschaftlinse (Serie VI) in verschiedener Grösse, die mit Vorderblende eine Oeffnung von $\frac{1}{14,5}$ und ein Feld von 85° giebt, freilich aber etwas verzeichnet.

Je zwei von diesen (Serie VI) aufgeführten einfachen Objectiven, an einem Rohrstück in symmetrischer Stellung vereinigt, ergeben einen anastigmatischen Aplanat, den „Satz-Anastigmat“. Die verschiedenen praktisch in Betracht kommenden Combinationen dieser Art sind in der unten stehenden Tabelle zusammengestellt.

Die nutzbare relative Oeffnung der hier aufgeführten Combinationen beträgt $\frac{1}{8,5}$ bis $\frac{1}{6,9}$ der resultirenden Aequivalentbrennweite. Die Lichtstärke dieser Satz-Anastigmaten genügt daher für fast alle Arten von Momentaufnahmen. Das Gesichtsfeld beträgt ca. 75° . Jeder Satz-Anastigmat stellt zwei, und wenn die Linsen-

Fig. 121.



Zeiss' Satzanastigmat.

componenten nicht von gleicher Brennweite sind, drei verschiedene Brennweiten zur Verfügung. Die Satz-Anastigmaten geben gerade Linien am Rande correct als gerade wieder.

| No. | Combinirt aus den Satzlinsen (Serie VI) | | | Resultir. Aequivalent-Brennweite des Doublets
mm | Nutzbare grösste relative Oeffnung | Platten-grösse bei grosser Oeffnung
Blende
f/8
cm | Normal-platte für Moment
f/12.5
cm | Durchmess. des scharf. Bildkreises bei Blende f/50
72° Feld
cm | Messing-fassung mit Iris-blende
Mk. |
|-----|---|-------------------|--------------------|---|------------------------------------|--|--|--|--|
| | Nos. | Brennweiten | | | | | | | |
| | | Front-Linse
mm | Hinter-Linse
mm | | | | | | |
| 1 | 1,1 | 200 | 200 | 115 | f/6,9 | 6×8 | 9×12 | 16,7 | 115 |
| 2 | 2,1 | 250 | 200 | 128 | f/7,7 | 8×10 | 9×12 | 18,6 | 125 |
| 5 | 3,2 | 320 | 250 | 162 | f/7,7 | 9×12 | 13×18 | 23,5 | 145 |
| 6 | 4,2 | 385 | 250 | 175 | f/8,5 | 9×12 | 13×18 | 25,4 | 165 |
| 10 | 4,4 | 385 | 385 | 221 | f/6,9 | 13×18 | 16×21 | 32,1 | 195 |
| 13 | 5,5 | 450 | 450 | 257 | f/6,9 | 13×21 | 18×24 | 37,3 | 255 |

Man ersieht aus Vorstehendem, wie man für eine und dieselbe Bildgrösse lichtstärkere und lichtschwächere Sätze combiniren kann. Ueber die verschiedenen möglichen Combinationen giebt Zeiss' Preisliste nähere Auskunft.

Ob diese Sätze vortheilhafter sind als einzelne Objective, haben wir noch nicht zu prüfen Gelegenheit gehabt.

e) Teleobjective (Fernlinsen).

Diese seit 1891*) eingeführten Objective dienen zur Aufnahme entfernter Objecte. Man kann solche Aufnahmen auch mit Linsen sehr langer Brennweite vornehmen. Diese erfordern aber eine Camera mit sehr langem Auszug, der bei nicht sehr fester Unterlage und der nöthigen langen Exposition sehr leicht schwankt, namentlich im Winde.

Die Teleobjective erfordern einen viel geringeren Auszug, Steinheil war der erste, der solches Teleobjectiv für Zwecke der Marine lieferte, Dr. Miethel der erste, der mit solchem Instrument ganz anderer Construction an die Oeffentlichkeit trat.

Miethel's Teleobjectiv ist im Wesentlichen ein galiläisches Fernrohr (Operngucker), bestehend aus einer Objectivconvex- und Ocularconcavlinse. Wird das Ocular etwas herausgezogen, so verwandelt sich das imaginäre Bild in ein reelles, welches man auf eine Mattscheibe projeciren kann.

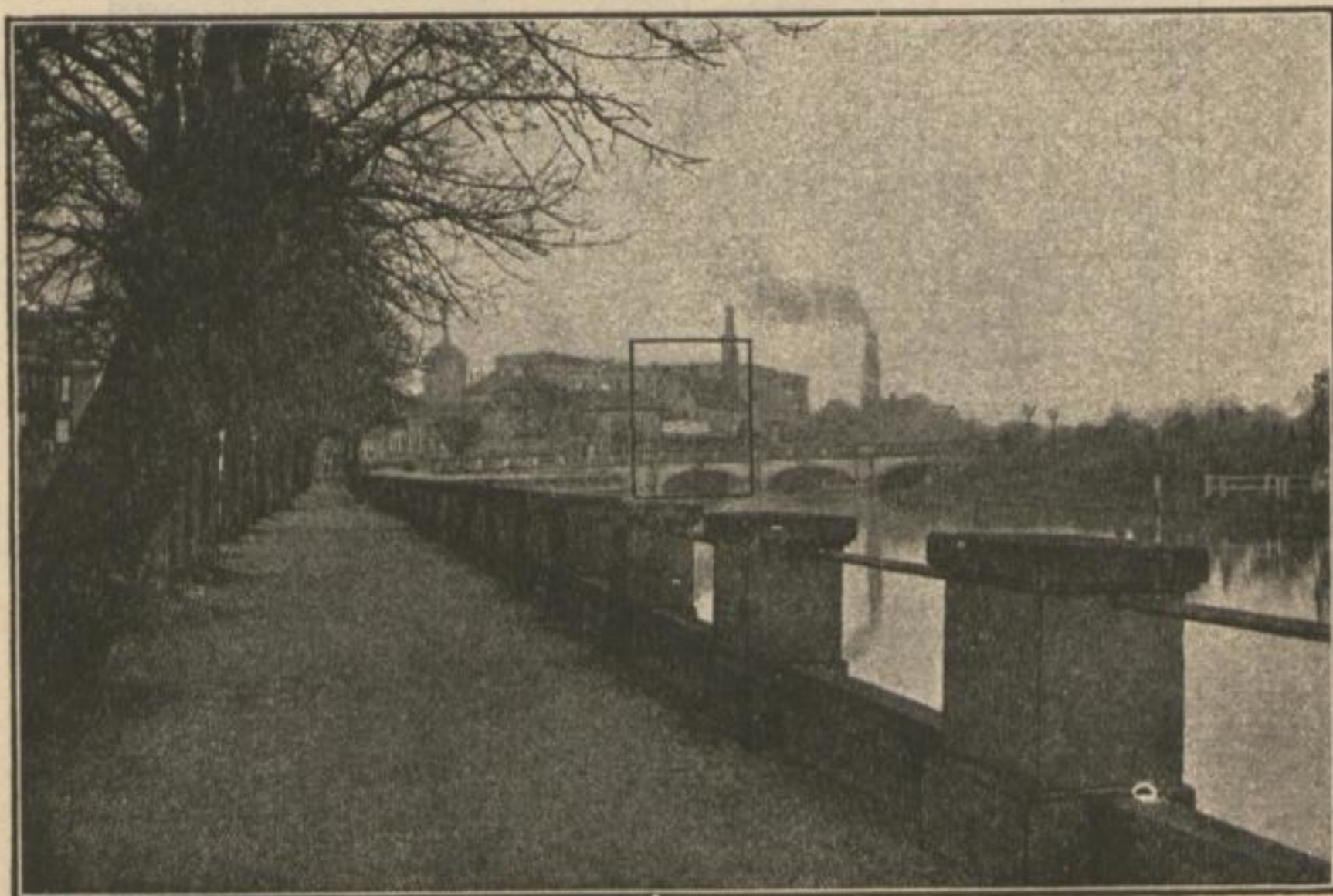
Bei gleichem Camera-Auszug giebt das Teleobjectiv Bilder, welche 4—5¹/₂ mal so gross sind, wie die mit einem gewöhnlichen Objectiv aufgenommenen.

*) Photogr. Mittheil. XXVIII, p. 272.

Man schraubt das Teleobjectiv wie eine gewöhnliche Linse an die Camera, dreht die Rotationsblende, bis das Instrument mit der grössten Oeffnung ausgerüstet ist und giebt der Camera einen beliebigen Auszug. Hierauf stellt man das Bild mit Hülfe des Triebes am Objectiv scharf ein und sieht zu, ob die Grösse nach Wunsch ist. Sollte dies nicht der Fall sein und man wollte das Bild z. B. grösser haben, so giebt man der Camera mehr Auszug und verfährt wie vorher.

Die scharf ausgezeichnete Fläche wächst mit der Cameralänge, so dass bei einem Auszug von 20 cm die 9×12 cm Platte, bei einem solchen von ca. 40—50 cm die 13×18 cm Platte gedeckt wird.*)

Fig. 122.



Aufnahme mit einem gewöhnlichen Aplanaten aus 350 m Entfernung.

Zur Aufnahme benutzt man stets die engste Blende, nur bei Cameraauszügen über 1 m wendet man die nächst grössere Oeffnung an.

An manchen Tagen erhält man wegen der Unruhe der Luft auf sehr grosse Distanzen keine scharfen Bilder. Der Apparat muss sehr fest aufgestellt sein, um Unschärfe durch Erschütterung zu vermeiden.

Nach Eder war die Belichtungszeit für einen Antiplanet in einem Fall (kleinste Blende) 1 Secunde, für Miethe's Teleobjectiv 5 bis 15 Secunden (mit vorletzter Blende). Beifolgende Bildproben ergeben

*) Photogr. Mittheil. XXXI, p. 80.

die Wirkung. Man bemerkt in dem Obersims des Hintergebäudes (Fig. 123) eine leichte Krümmung der geraden Linien.

Steinheil's Teleobjectiv besteht aus einem seiner herkömmlichen Doppelobjective, denen er eine concave Ergänzungslinse anfügt,

Fig. 123.



Schwache Aussenverzeichnung.

Aufnahme des schwarz umzogenen Theils des Bildes Fig. 122 mit Dr. Miethe's Teleobjectiv vom gleichen Standpunkt wie oben. Cameraauszug 28 cm.

so dass die Brennweite des Systems erheblich grösser, aber der Hauptpunkt (s. p. 281) soweit nach vorn gerückt wird, dass man nur eines mässigen Auszuges gebraucht, um erhebliche Vergrösserungen (bis $7\frac{1}{2}$) zu erlangen.

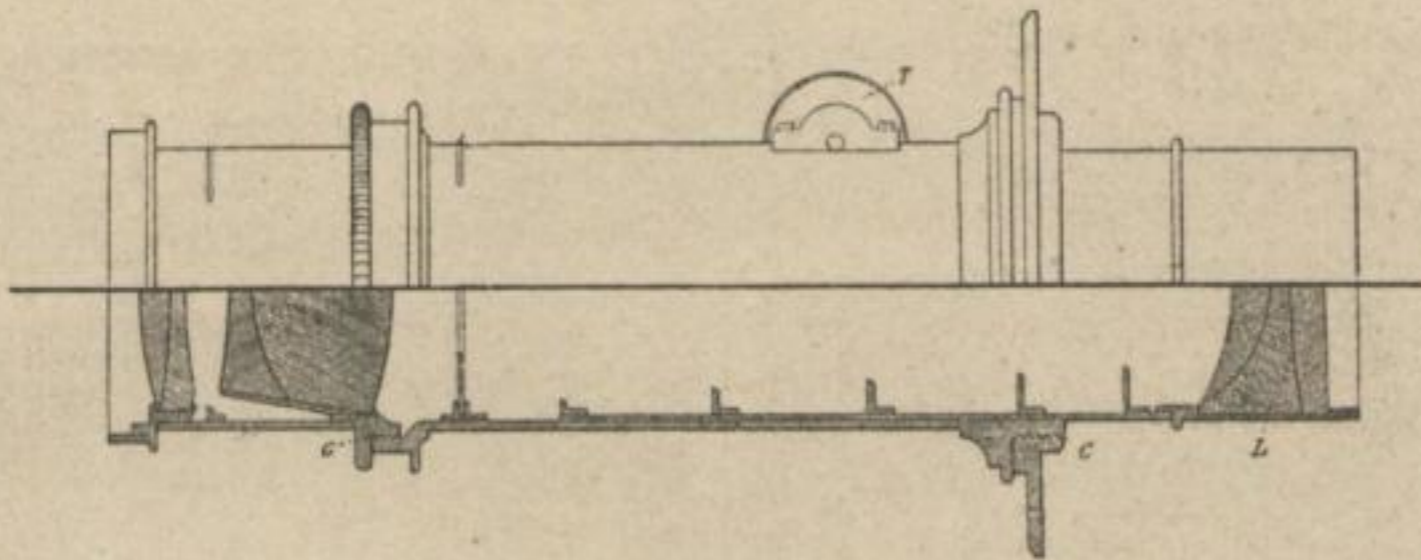
Das Instrument zeichnet correct, d. h. ohne Krümmung der geraden Linien! Das Gesichtsfeld beträgt etwa 10° .

Die Gewinde zum Anschrauben an die Camera sind bei dem Gruppen-Antiplaneten und den zugehörigen Vergrößerungs-Systemen gleich, wodurch sich also der Antiplanet mit oder ohne Vergrößerungs-System am gleichen Anschraubring verwenden lässt. Letzteres schraubt sich mittelst des Gewindes *c* in den Ring des Camerabretts, während das gleiche Gewinde bei *g* Objectiv und Vergrößerungs-System verbindet.

Man stellt mit voller Oeffnung ein, so dass man zunächst bei beliebigem Camera-Auszug mittelst Verstellung des Triebes *T* die grösstmögliche Bildschärfe sucht; ist der Maassstab noch zu klein, so vergrössert man den Camera-Auszug und stellt hierauf wieder mittelst des Triebes scharf ein. Es kann alsdann sowohl das Objectiv, als auch das Vergrößerungssystem (letzteres bei *B*) beliebig abgeblendet werden.

Die Expositionszeit beträgt bei günstigen Verhältnissen nur Bruch-

Fig. 124.



Steinheil's Fernobjectiv.

theile von Secunden. Moment-Aufnahmen können freilich nur in den günstigsten Fällen und bei Anwendung nicht zu starker Vergrößerung hergestellt werden. Zu berücksichtigen ist ausserdem noch der Umstand, dass bei Aufnahme mit starker Vergrößerung häufig der Einfluss der ungleich erwärmten, unruhigen Luft störend auf die Schärfe der Bilder einwirkt.

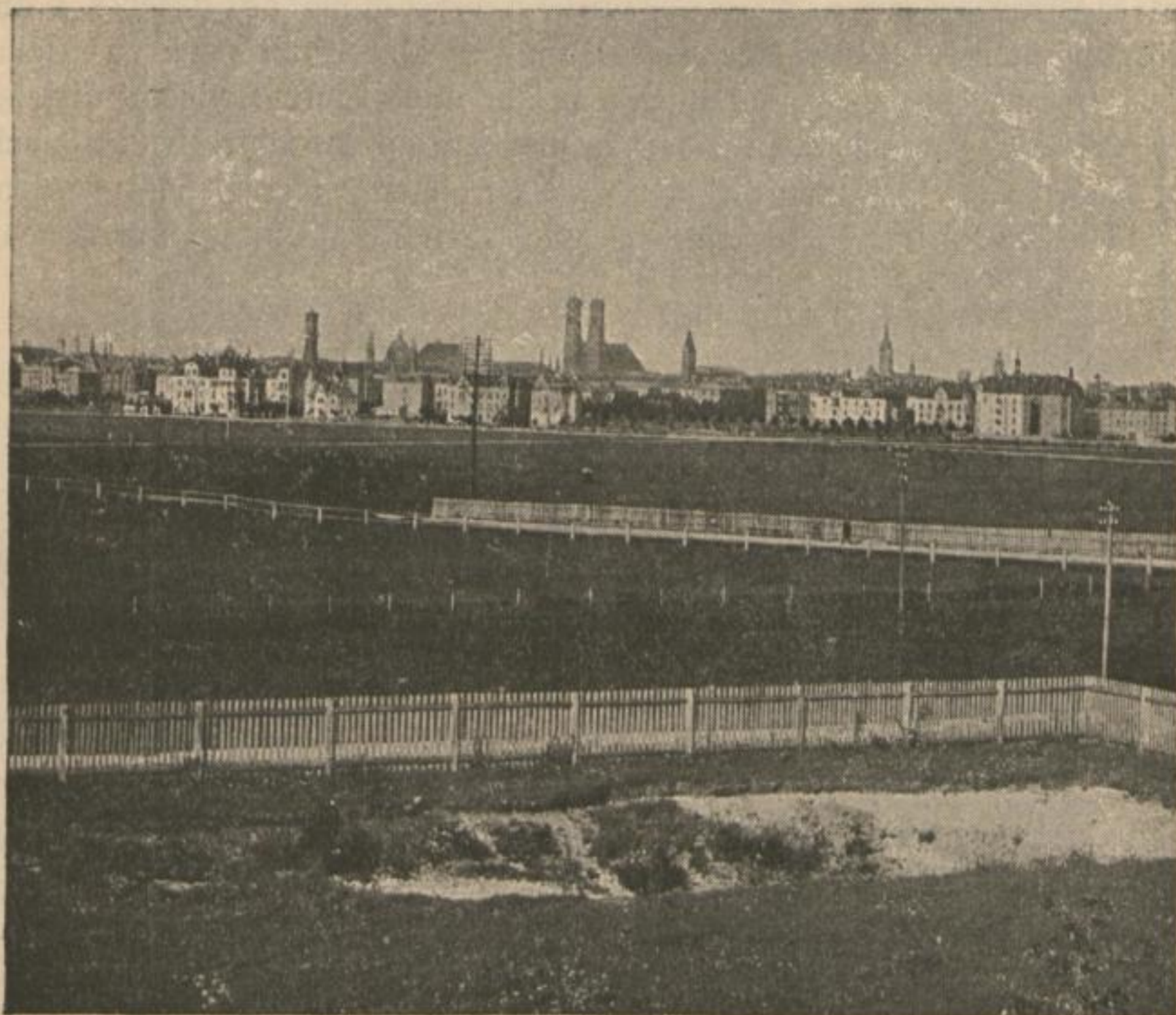
Die Grösse des scharfen Bildes ist dem Product aus Vergrößerungsverhältniss und Linsendurchmesser des angewandten Vergrößerungssystems, bezw. des Objectivs ungefähr gleich, so dass z. B. eine Fern-Aufnahme mit Gruppen-Antiplanet 17 mm bei 3 maliger Vergrößerung ein rundes scharfes Bild ca. $3 \times 17 = 51$ mm Durchmesser ergibt.

Wir erhielten mit Gruppenantiplanet an Durchmesser bei ca. 7 facher Vergrößerung Platte 13×18 scharf.

Nebenstehende zwei Vergleichs-Aufnahmen zeigen in Fig. 125 die Wirkung eines gewöhnlichen Objectivs, in Fig. 126 die Wirkung desselben Objectivs in Verbindung mit einem Vergrößerungs-System als Fern-Objectiv.

Als Objectiv diente Gruppen-Antiplanet 43 mm (Serie II, No. 4); der Abstand zwischen Object und Bild blieb in beiden Fällen derselbe nämlich 2,8 klm bis zu den Thürmen der Kirche.

Fig. 125.



Während bei Fig. 125 der Camera-Auszug gleich der Brennweite des Antiplanets (24 cm) ist, betrug derselbe bei Fig. 126 trotz der etwa 5 maligen Vergrößerung nur ca. 40 cm; ohne Vergrößerungs-System wäre hierzu ein Auszug von 120 cm Brennweite erforderlich gewesen.

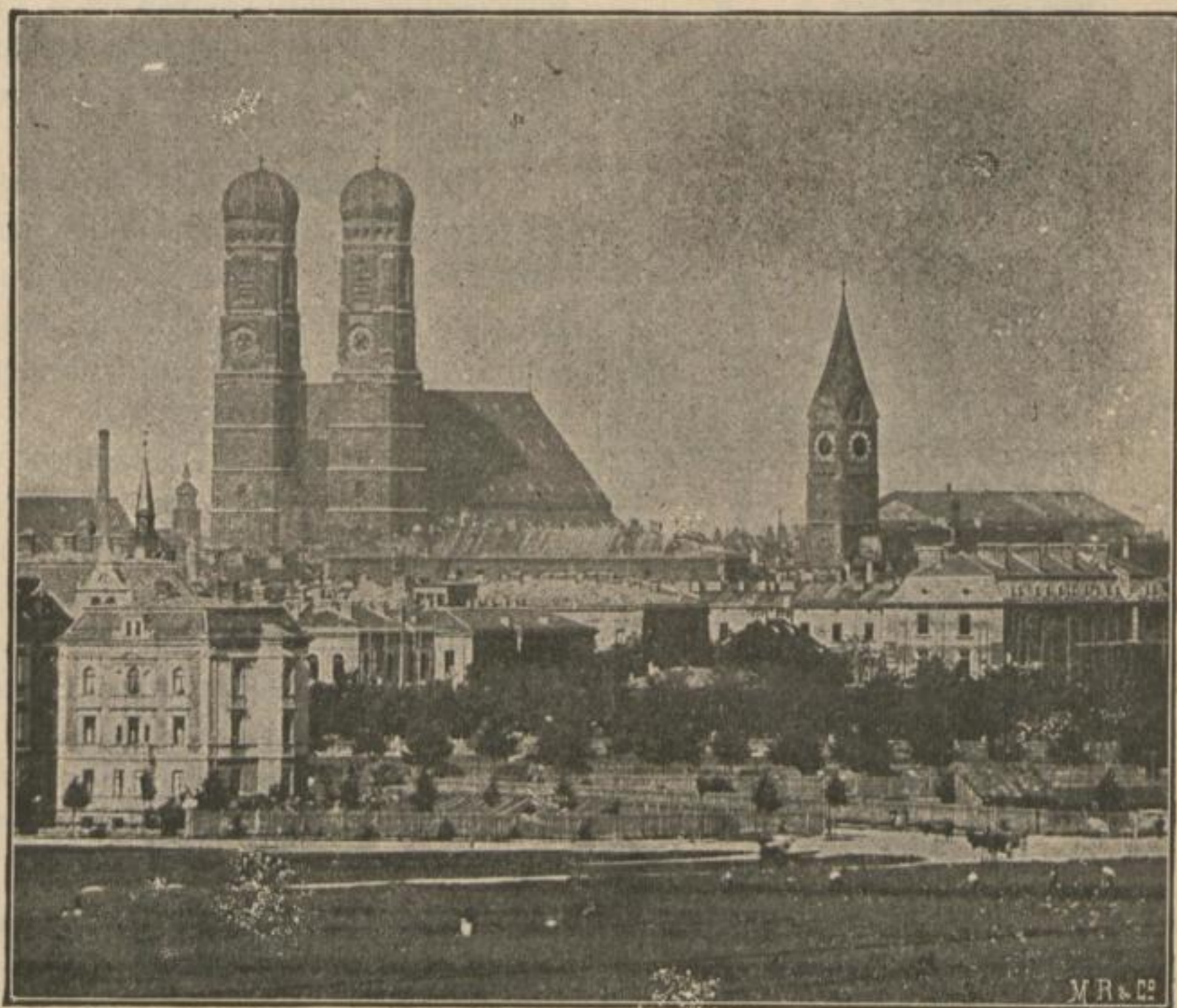
Herr Reg.-Baumeister Professor Raschdorf giebt der Steinheilschen Fernlinse den Vorzug vor allen andern. (Photogr. Mittheil., Juniheft II, 1894); sie verzeichnet nicht und giebt grosse Schärfe.

Die Expositionszeit war bei Fig. 125 = $\frac{1}{70}$, bei Fig. 126 = $\frac{1}{2}$ Secunde.

Zeiss' Teleobjectiv besteht aus den zwei optischen Hauptbestandtheilen:

1. dem positiven Element, d. h. einer Linse von positiver Brennweite (Sammellinse), (s. *a* Fig. 127);
2. dem negativen Element, d. h. einer Linse von negativer Brennweite (Zerstreuungslinse) (s. *b* der Abbildung).

Fig. 126.



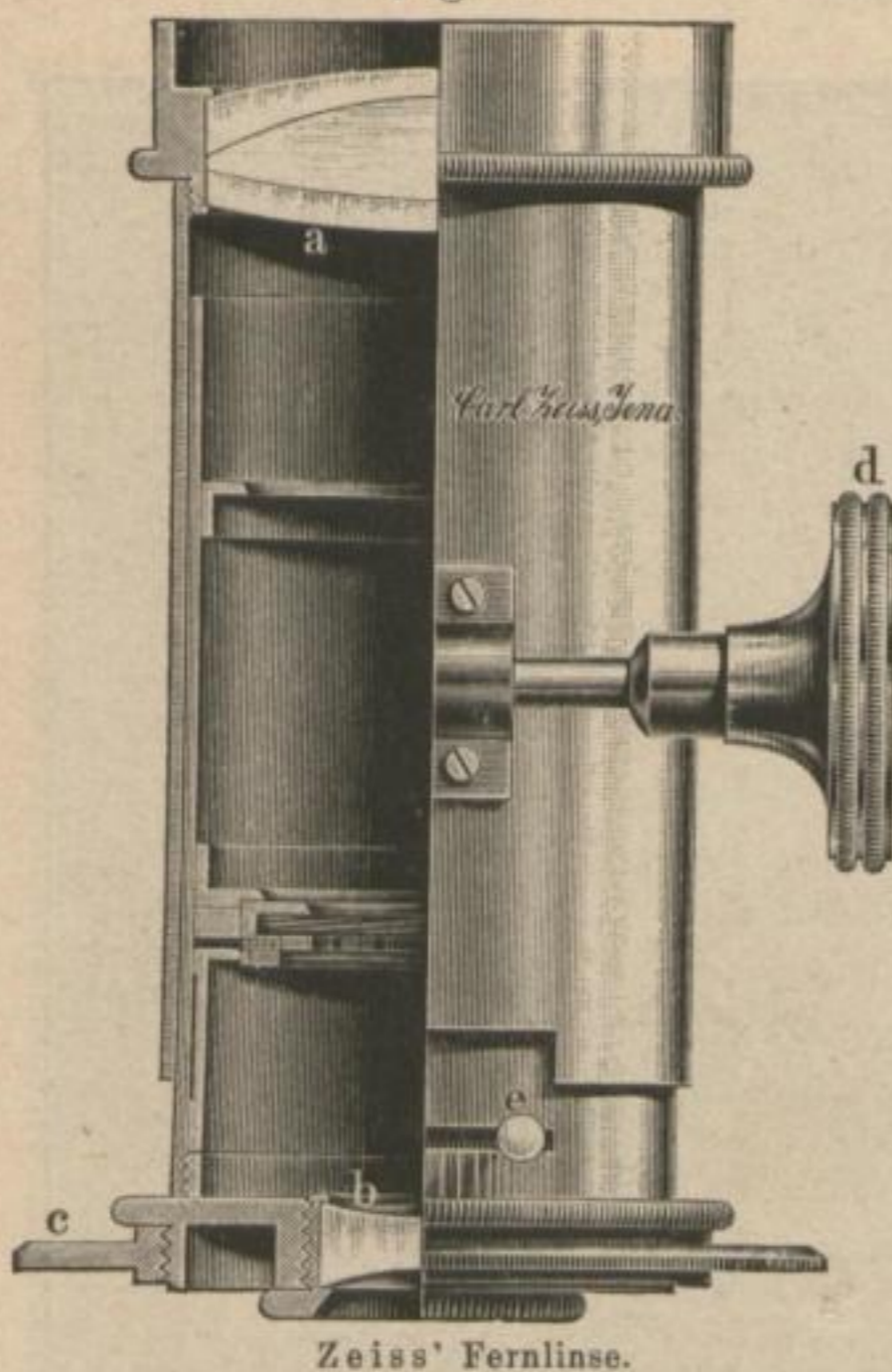
Das negative Element besitzt eine kürzere Brennweite als das positive Element und beide Systeme befinden sich in variabler Entfernung von einander, welche etwa dem Unterschied der Brennweiten der beiden Linsen gleichkommt.

Als positives Element kann jedes gute lichtstarke photographische Objectiv benutzt werden, also im Besonderen entsprechende Brennweiten der Zeiss'schen Anastigmaten Serie I, II, II^a, III, III^a. Zeiss empfiehlt aber wegen der Lichtstärke ein einfaches, zu seinem Zwecke extra berechnetes Objectiv (s. *a* der Abbildung).

Diese beiden optischen Bestandtheile des Teleobjectivs *a* und *b* sind an den Enden eines in seiner Länge mittels Zahn und Trieb variablen Tubus anschraubbar. Derselbe kann wie ein photographisches Objectiv auf den Ring (*c* Fig. 127) des Objectivbrettchens aufgeschraubt werden.

Um das resultirende Gewicht des Tubus möglichst zu reduciren, sind einzelne Theile desselben, soweit vortheilhaft, aus Aluminium hergestellt.

Fig. 127.



Zeiss fertigt diesen Tubus in zwei verschiedenen Grössen, für Plattenformate von etwa 9×12 bis 13×18 cm, der grössere für Formate 13×18 bis 18×24 cm bestimmt.

Das Instrument ist von Prof. Raschdorff zu architectonischen Aufnahmen eifrig benutzt worden. Es giebt hinreichende Schärfe, aber sehr merkliche Krümmung gerader Linien nach auswärts.

Man schraubt das Teleobjectiv am Objectivbrettchen der Camera fest und stellt die Mattscheibe auf den gewünschten Auszug. Als dann fixirt man das scharfe Bild auf der Mattscheibe mit Hülfe der Triebvorrichtung (*d* Fig. 127) am Tubus des Teleobjectivs. Ist das positive Element ein photographisches Doublet (Anastigmat, Aplanat etc.), so

blendet man das Telesystem zur Erzielung genügender Schärfe für die photographische Aufnahme mittelst der Blendeneinrichtung des Doubletobjectivs ab; ist dasselbe aber die einfache Sammellinse, alsdann bewirkt man die Abblendung durch die Irisblende (Knopf *e*) des Teleobjectivtubus, deren Oeffnungen in Millimetern abgestuft sind.

Ueber die Leistungsfähigkeit des Teleobjectivtubus, Grösse No. 2, giebt eine Tabelle Auskunft, welche Zeiss jedem Interessenten übermittelt.

Ein künstlerischer Fehler der Fernlinsen ist, dass sie mehr einen Aufriss als eine Perspective geben, insofern erscheinen die Ansichten

flach und ist in dieser Hinsicht ein aus grösserer Nähe aufgenommenes Bild vorzuziehen (siehe fotogr. Mittheil. XXIX p. 169).

f) Nicht achromatisirte Brillengläser (Monocles).

Unter diesem Namen bringt man jetzt einfache Sammellinsen biconvex und planconvex mit Vorderblende in den Handel, die Focusdifferenz besitzen, deshalb einer Correctur nach dem Einstellen bedürfen (der blaue Focus ist ca. $\frac{1}{50}$ kürzer wie der gelbe) und die auf $\frac{1}{18}$ des Focus abgeblendet, leidlich scharfe Bilder geben, die man für directe Aufnahmen lebensgrosser Köpfe, wo die Unschärfe zur Tugend (?) wird, vorzieht. Die Linsen haben sehr langen Focus und erfordern daher grossen Cameraauszug. Den Namen Brillengläser tragen sie bei ihren grossen Dimensionen mit Unrecht. Eder erwähnt (Photogr. Corr. 1893 p. 391):

Monocle-Portraitlinse (Crown Glas) von Schultze & Bartels in Rathenow; Linsendurchmesser 8 cm, Brennweite von ca. 70 cm und eine Focusdifferenz von ca. $\frac{1}{50}$ (s. Anmerkung oben), eine Fassung mit vorgesezter Blende (nach Art der Landschaftslinsen). Die grösste freie Oeffnung beträgt 4 cm, das ergiebt ein Verhältniss vom Oeffnungsdurchmesser zur Brennweite = $\frac{1}{18}$.

Ohne weitere Blendung (also mit $\frac{f}{18}$) und gänzlicher Correctur der Focusdifferenz (circa 2 cm*) war die Belichtungszeit auf grössere Köpfe im Format 26×31 bei gutem Lichte (Juni) 2 Secunden.

Blendet man weiter ab (z. B. auf $\frac{f}{35}$) und corrigirt die Focusdifferenz durch Hineinrücken der Visirscheibe um 2 cm, so erhält man bei einer Belichtungszeit von ca. 8 Secunden bereits Bilder von ziemlich hoher Schärfe, während das geblendete Objectiv ohne Correctur der Focusdifferenz wieder Bilder giebt, welche einigermaassen den erst-erwähnten an Unschärfe ähnlich sind.

Die erwähnte einfache Linse von Schulze & Bartels ist am besten ohne weitere Abblendung, aber mit völligem Ausgleiche der Focusdifferenz zu verwenden. Natürlich giebt die halbe Correctur grössere allgemeine Unschärfe, wodurch dem Geschmacke des Operateurs

*) Um so viel ist der Cameraauszug nach dem Einstellen zu kürzen.

voller Spielraum gegeben ist. Das Objectiv ist sehr billig (circa 30 Mark).

Satz von Brillengläsern. A. Dehors und A. Deslandres in Paris, Rue de Houdriette, bringen in neuester Zeit einen sehr practicablen „Satz von Brillengläsern“ (Trousse-Besicles) um den billigen Preis von 25 Francs in den Handel, welche einfache Sammellinsen von 4 cm Durchmesser und vom Focus 30, 40, 45, 50, 55 und 60 cm enthalten, nebst einer gemeinsamen Objectivfassung und der nöthigen Blende von $\frac{1}{2}$ —25 mm Durchmesser. Jedoch sind die Gläser ebenfalls nicht achromatisirt und man muss deshalb die chemische Focusdifferenz $\frac{f}{50}$ corrigiren, wenn man scharfe Bilder wünscht. Grösste Blende $\frac{f}{30}$.

Nachtrag.

Weber's Helligkeitsmessungen von Tageslicht. Ueber die Bestimmung von Helligkeiten diffusen Lichtes von gleicher Farbe mit der Weber'schen Benzinkerze durch Weber's Photometer ist bereits p. 20 u. 21 die Rede gewesen. In anderer Weise geht man vor bei Messungen von Tageslichtstärken.

Die Messungsart ist bezüglich der Aufstellung des Apparates resp. der weissen Tafel zunächst ebenso einzurichten, wie p. 20 beschrieben ist.

Dagegen wird jetzt die eigentliche Einstellung auf gleiche Helligkeit zweimal gemacht, nämlich zuerst mit vorgeschlagenem rothen und sodann mit grünem Glase.

Das für rothes Licht erhaltene, nach denselben Formeln und mit denselben Constanten wie unter I und II berechnete Resultat sei R. Ebenso sei das mit vorgeschlagenem grünen Glase berechnete Resultat Gr. Es ist dann das für rothes Licht gefundene Resultat R noch mit einem Factor k zu multipliciren.

Dieser Factor k ist für Flammen mit röthlicherem Licht als das Normallicht kleiner als 1; für weisslichere Flammen grösser als 1. Es hängt der Werth von k überhaupt ganz ab von der Farbennüance der zu messenden Flamme. Jedoch hat sich für die in der Praxis in Betracht kommenden verschiedenfarbigen Lichtquellen, z. B. für verschieden stark beanspruchte Glühlampen gezeigt, dass sich k gleichzeitig ändert mit derjenigen Zahl, die man erhält, wenn man den im grünen Lichte gefundenen Werth Gr durch den im rothen Licht ge-

fundenen Wert R dividirt. Je nach den verschiedenen Werthen dieses Quotienten $\frac{Gr}{R}$ hat also auch k verschiedene Werthe. Es lässt sich mithin auch eine Tabelle aufstellen, worin zu jedem Werthe $\frac{Gr}{R}$ der zugehörige Werth k steht.

Weber hat solche Tabelle für Glühlampen gegeben (s. Gebrauchsanweisung seines Instruments, Berlin, bei Schmidt & Haensch). Für Bogenlicht und Tageslicht giebt er folgende Tabelle:

| $\frac{Gr}{R}$ | k | $\frac{Gr}{R}$ | k |
|----------------|------|----------------|------|
| 1,8 | 1,50 | 3,7 | 2,24 |
| 1,9 | 1,55 | 3,8 | 2,27 |
| 2,0 | 1,60 | 3,9 | 2,30 |
| 2,1 | 1,65 | 4,0 | 2,33 |
| 2,2 | 1,70 | 4,1 | 2,36 |
| 2,3 | 1,75 | 4,2 | 2,39 |
| 2,4 | 1,80 | 4,3 | 2,41 |
| 2,5 | 1,84 | 4,4 | 2,44 |
| 2,6 | 1,88 | 4,5 | 2,47 |
| 2,7 | 1,92 | 4,6 | 2,49 |
| 2,8 | 1,96 | 4,7 | 2,52 |
| 2,9 | 1,99 | 4,8 | 2,55 |
| 3,0 | 2,02 | 4,9 | 2,57 |
| 3,1 | 2,05 | 5,0 | 2,60 |
| 3,2 | 2,08 | 5,1 | 2,62 |
| 3,3 | 2,11 | 5,2 | 2,64 |
| 3,4 | 2,15 | 5,3 | 2,67 |
| 3,5 | 2,18 | 5,4 | 2,69 |
| 3,6 | 2,20 | 5,5 | 2,71 |

Hat man also z. B. Messungen der Helligkeit des diffusen Tageslichts zu machen, so ermittelt man genau wie unter I und II beschrieben, die Werthe R und Gr für rothes und grünes Licht, bildet den Quotienten $\frac{Gr}{R}$ und sucht in der Tabelle den zu diesem Quotienten gehörigen Werth k . Hiermit multiplicirt man R .

Dieses so gewonnene Resultat giebt an, wie viel Kerzen resp. Meterkerzen dem untersuchten Licht in Bezug auf Sehschärfe, also auch speciell für die Verwendung beim Lesen oder Arbeiten äquivalent sind.

Auf absolute Vergleichbarkeit können diese Messungen wohl noch keinen Anspruch machen, da die rothen und grünen Gläser nicht absolut gleichmässig geliefert werden können. Doch erhält man nach dieser Methode sehr schätzbare Anhaltspunkte.

Verf. hat seit längerer Zeit statt Benzinlicht Amylacetatlicht in Weber's Photometer verwendet. Dasselbe ist von merklich weisserer Farbe als Benzinlicht. Verf. gelang es damit, ohne farbige Gläser zu verwenden, Glühlampen, ja selbst Bogenlampen direkt messen, d. h. mit der Amyllampe vergleichen zu können, und ist der dadurch erzielte Genauigkeitsgrad grösser als der mit farbigen Gläsern erhaltene.

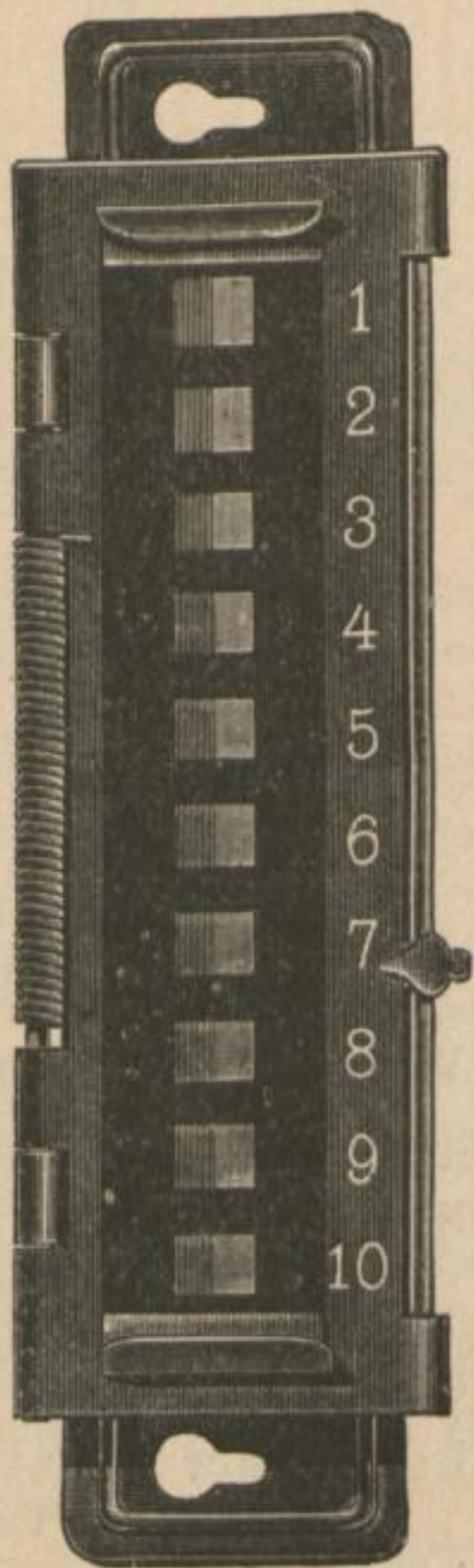
Für Messungen des diffusen Tageslichts behufs Beurtheilungen der photographischen Lichtstärken geht der Verf. anders vor; seine Methode wird später publicirt werden, wenn das dazu nöthige Instrument fertig ist.

Die Copiruhr „Fernande“. Die Copiruhr „Fernande“ (Fig. 128) von Leutner in Wien besteht aus einer Metallunterlage, welche auf dem Copirrahmen, um das Zerschlagen der Scala zu verhüten, am besten versenkt, festgeschraubt wird. Auf dieser Metallunterlage ist ein schmaler Streifen Filz befestigt, welcher dazu dient, das lichtempfindliche Papier gegen die Scala fest anzupressen. Mit Charnir und starker Feder verbunden, liegt der Deckel auf der Unterlage. Ein an einem Stäbchen verückbarer Zeiger dient zur Markirung des Grades, bis zu welchem copirt werden soll. Die Scala selbst ist auf photochemischem Wege hergestellt, und zwar auf gelbem Spiegelglas.

Die allmählich dunkler gelb werdende Glas-scala ist zur Hälfte mit einer dunklen Farbe hinterlegt, so dass die Scala in der Aufsicht durch die allmählich dunkler gelb gefärbten Gläser abschattirt erscheint. Legt man ein gesilbertes Papier (Chlorsilberpapier) in das Photometer und legt es an's Licht, so läuft es allmählich unter dem Glase an und nimmt einen dunklen Ton an, welcher der mit den dunklen Farben hinterlegten Scalenhälfte allmählich gleichkommt. Auf diese Weise färbt sich das Chlorsilberpapier gradatim unter den verschieden dunkelgelben Gläsern, und man kann das Fortschreiten dieses Vorganges in der Aufsicht betrachten, ohne das Photometer öffnen zu müssen.

Neues Actinometer „Le Perpetuel“ von Abel. Das neue Instrument beruht auf der Eigenschaft des durch das Licht zersetzten Chlorsilbers,

Fig. 128.



sich im Dunkeln bei Gegenwart von Chlor wieder zu weissem Chlorsilber zu regeneriren.

Das Instrument besteht aus einem zugeschmolzenen Glasröhrchen, das ausser dem Chlorsilber etwas Chlorwasser enthält. Das Instrument kann ziemlich oft hinter einander gebraucht werden, indem man immer eine neue Stelle des Glasröhrchens, mithin immer neues Chlorsilber der Lichtwirkung aussetzt. Die Anzahl Secunden, die erforderlich sind, um eine einer an der Röhre angebrachten Normalfärbung gleiche Färbung hervorzubringen, giebt die augenblickliche actinische Helligkeit an.

Die bei dem besten diffusen Licht zur Erreichung der Normalfärbung nöthige Zeit beläuft sich auf 15 Secunden. Der Apparat ist angeblich ein Hilfsmittel bei Bestimmung der Expositionszeit, wie er gleichzeitig erlaubt, zu constatiren, ob das Licht actinisch genug ist, um Momentaufnahmen zu machen. Ausserdem hat er den Vortheil, sich selbstthätig zu regeneriren.

Da das Chlorwasser sich jedoch bald von selbst im Licht zersetzt, so dürfte öftere Erneuerung desselben nöthig sein. Auch würde das Actinometer nur zur Bestimmung der Stärke des violetten Lichtes geeignet sein, da Chlorsilber hauptsächlich für dieses empfindlich ist (s. p. 39).

Spectral-Photographie des Amylnormallichts nach Eder. Um die Brauchbarkeit des in einer Lampe brennenden Amylacetat zu photochemischen Zwecken zu untersuchen, photographirte Eder das Spectrum desselben in seinem grossen Steinheil'schen Glas-Spectrographen und verglich die Intensität der einzelnen Theile dieses Spectrums mit derjenigen des Sonnenlichtes und anderer Normallichtquellen, welche in der Photographie gebräuchlich sind, namentlich dem Kerzenlicht, dem blau phosphorescirenden Schwefelcalcium und dem Magnesiumlicht.

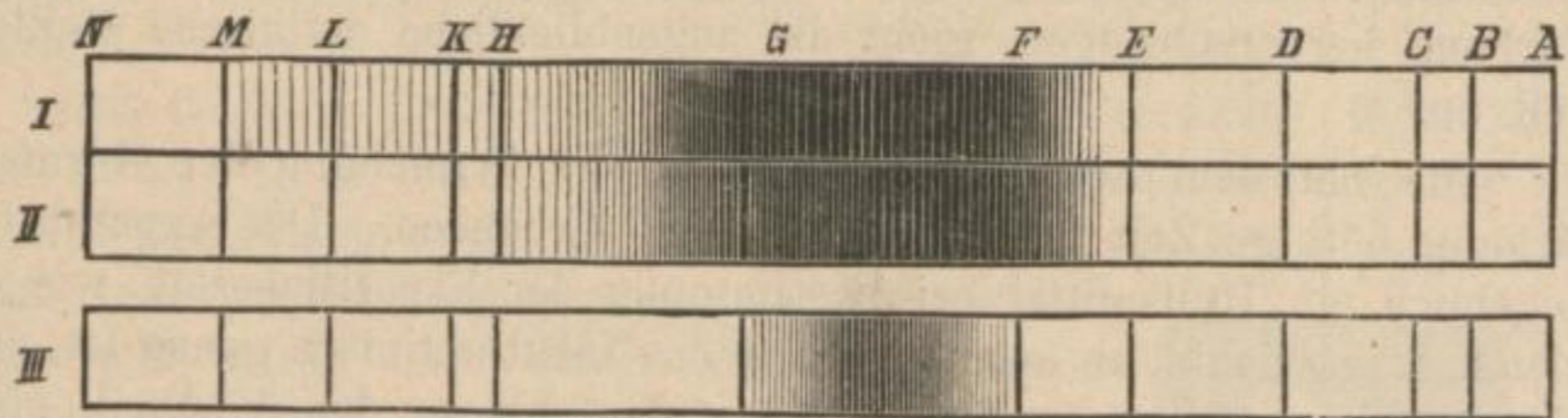
Die photographische Aufnahme zeigt die in der Figur abgebildeten Resultate, wenn die Intensität der Wirkung im Blau gleich stark ist.

No. I in der Figur zeigt das Bild des Sonnenspectrums auf Bromsilbergelatine, welches das Maximum der Wirkung in Eder's Spectrographen bei $G^{1/2} F$ hat. Die Wirkung erstreckt sich noch kräftig, aber allmählich abnehmend weit über das sichtbare Violett hinaus in's Ultraviolett gegen M.

No. II stellt das Spectrumbild des brennenden Amylacetat vor. Dieses erstreckt sich nicht so weit in's Ultraviolett, ja ist sogar im sichtbaren Violett (G bis H) schon sehr schwach. Das Maximum der

Wirkung liegt weiter gegen Hellblau, viel näher gegen F als im vorigen Falle. Bei längerer Belichtung wächst die Intensität des Spectrumbildes des Amylacetat bei F und weiter gegen Grün bedeutend an Intensität, jedoch bleibt die Wirkung im Violett und Ultraviolett immer relativ sehr schwach, was mit Schumann's Angaben übereinstimmt.

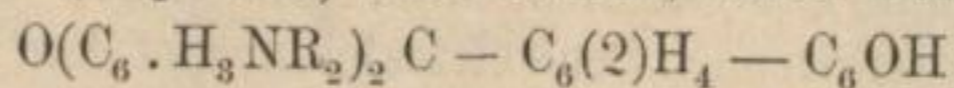
Fig. 129.



Daraus geht hervor, dass das brennende Amylacetat relativ sehr arm an violetten und ultravioletten Strahlen (im Vergleich mit dem Sonnenlicht) ist, und dass die relative Helligkeit im Blau sehr überwiegt. Sehr stark ist auch die Helligkeit im Grün, Gelb und Roth; jedoch wirken diese Farben auf ungefärbtes Bromsilber nur wenig ein und deshalb fehlt hier die Wirkung, welche bei gefärbtem Bromsilber sehr stark ersichtlich ist.

No. III stellt das Spectrum des phosphorescirenden Schwefelcalciums dar (s. Warnerke's Photometer p. 46).

Rhodamin als Sensibilisator nach Eder und Valenta. Die gewöhnlichen Rhodamine (s. p. 195) sind Säuren, deren Formel



worin R Methyl resp. Aethyl bedeutet. Jetzt kommen blauere äthylirte Rhodamine in den Handel, in welchen das H in COOH durch Aethyl ersetzt ist (Rhodamin 3B). Dasselbe macht Platten sehr empfindlich für Grüngelb, Gelb und Orange, Maximum bei $E \frac{3}{4} D$, Orangewirkung bis $D \frac{1}{3} C$. Noch kräftiger wird das Tetrachlorteträthyl-Rhodamin-Chlorhydrat (Baseler Gesellsch. f. chem. Industrie) und der Tetrachlorteträthyl-Rhodamin-Methyläther, Maximum $D \frac{1}{2} C$ bis $D \frac{2}{3} C$. Es drückt die Gesamttempfindlichkeit nicht so stark herab wie Cyanin. Aehnlich verhält sich das Nitrolorhodamin, der badischen Anilin- und Sodafabrik, welches den gleichen Vortheil zeigt.

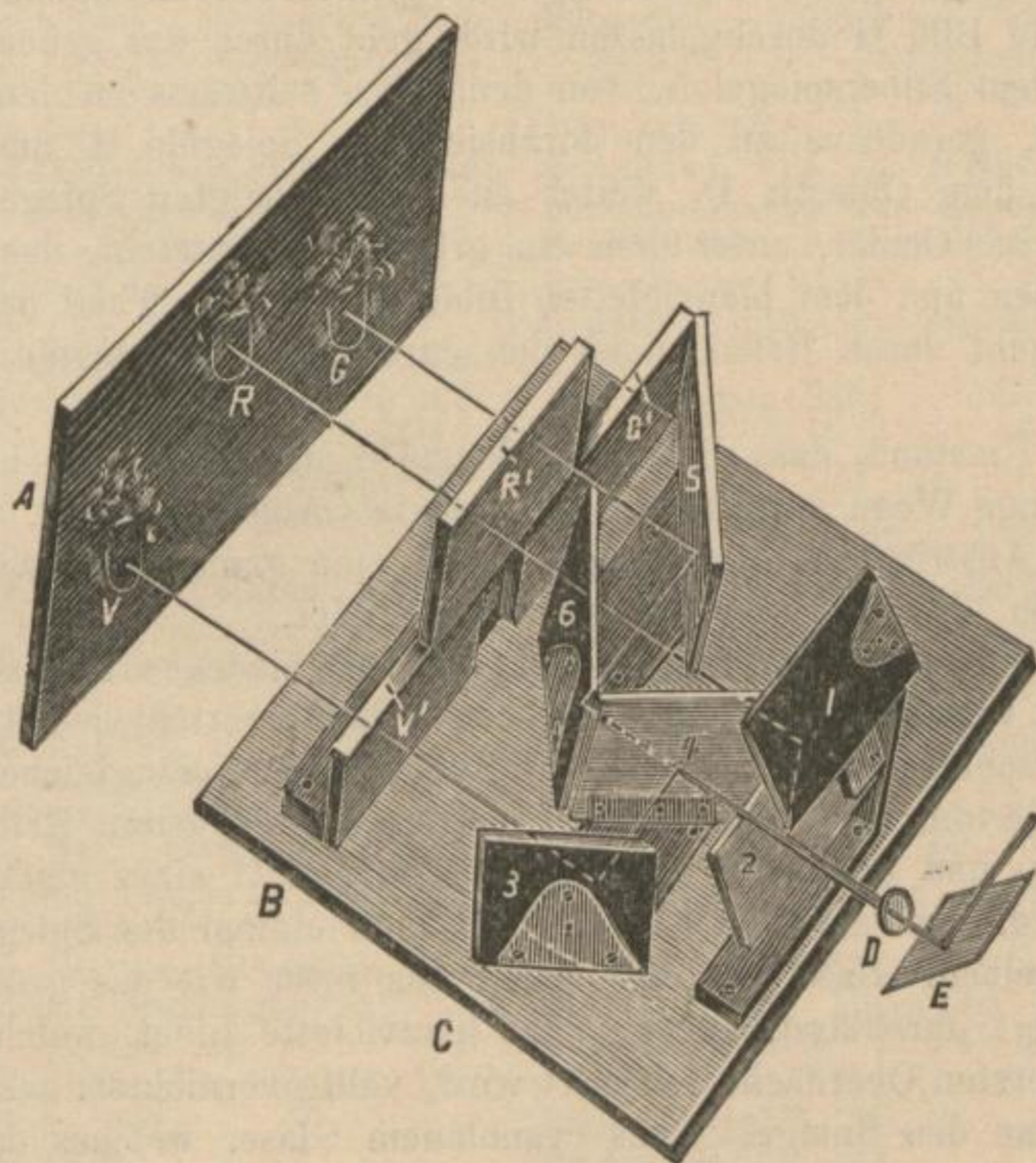
Acridinfarbstoffe. Hierher gehören Chrysalin, Acridingelb und Orange von A. Leonhard, Mühlheim, Hessen. Das Acridingelb zeigt

nach Eder und Valenta die günstigste Grünwirkung: kontinuierlicher Wirkungstreifen von $D \frac{1}{2} E$ bis Violett.

Ives' neues Heliokhromoskop. Statt dreier Projektionsapparate wie früher (s. p. 239) bedient sich Ives eines einzigen auf Spiegelreflexion beruhenden.

A ist das Chromogramm, d. h. das dreifache Positiv (a. a. O.), BC eine Unterlage, die sich abnehmen lässt, sie trägt die farbigen Gläser B und das Spiegelsystem C; D ist eine achromatische Objectivlinse und E ein Silberspiegel.

Fig. 130.



Das Licht, welches von dem der rothen Farbenempfindung entsprechenden Bilde R durchgelassen wird, geht durch das rothfarbige Glas R' nach dem Silberspiegel 1, darauf nach unten zu dem durchsichtigen Spiegel 2 weiter mit Ausnahme des durch den durchsichtigen Spiegel hindurch- und verlorengelhenden Theiles geradeaus durch das Objectiv D nach dem geneigten Spiegel E und dann aufwärts zum Ocular, unter welchem durch das Objectiv D ein verkleinertes Bild erzeugen wird.

Das Licht, welches durch das der blauvioletten Farbenempfindung entsprechende Bild V durchgelassen wird, geht durch das blauviolett-farbige Glas V' zu dem Silberspiegel 3, dann seitwärts zu dem transparenten Spiegel 4, weiter durch den transparenten Spiegel 2 und durch das Objectiv D bis zu dem geneigten Spiegel E, darauf aufwärts in das Ocular, unter dem ein genau mit dem rothen Bilde sich deckendes blauviolettes Bild entsteht. Der Theil des Lichtes, welcher durch den transparenten Spiegel 4 hindurch geht, geht verloren, dasselbe geschieht mit dem Theile des Lichtes, der durch den durchsichtigen Spiegel 2 nach unten reflectirt wird.

Das Licht, welches durch das der grünen Farbenempfindung entsprechende Bild G durchgelassen wird, geht durch das grüne Glas G' bis zu dem Silberspiegel 5, von demselben seitwärts zu dem Silberspiegel 6, geradeaus zu den durchsichtigen Spiegeln 4 und 2 und dann zu dem Objectiv D, weiter zu dem geneigten Spiegel E und aufwärts in's Ocular, unter dem ein grünes Bild entsteht, das sich mit dem rothen und dem blauvioletten Bilde deckt. Ein Theil des grünen Lichtes geht durch Reflexion an den durchsichtigen Spiegeln 4 und 2 verloren.

Der Umstand, dass die von R, V und G ausgehenden Lichtstrahlen gleich lange Wege zurücklegen, ehe sie in's Auge gelangen, und dass sie beim Austritt aus dem Spiegelsystem eine gemeinsame Axe haben, sichert ein directes Zusammenfallen der Bilder.

Die Bilder sind freilich wegen der verschiedenen Reflexionen an Intensität verschieden. Ives sucht dieses durch verschieden dicke und daher verschieden stark absorbirende Buntscheiben auszugleichen. Dann liefern die durchsichtigen Spiegel wegen der doppelten Reflexion an ihrer Vor- und Rückseite ein doppeltes Bild statt eines einfachen.

Um diesen Fehler zu heben, stellt man einmal den Spiegel 4 aus canariengelbem Glase her, das sonst das rothe wie das grüne Licht ungehindert durchlässt, dagegen das blauviolette Licht, welches nicht von der ersten Oberfläche reflectirt wird, völlig vernichtet; weiter aber macht man den Spiegel 2 aus cyanblauem Glase, welches das grüne und das blauviolette Licht frei durchlässt, dagegen das rothe Licht sofern es nicht in der ersten Oberfläche reflectirt ist, vollständig vernichtet. Nabet, Paris, hat jüngst ein Stereoskop geliefert, welches die Combination der dreifarbigem Bilder gestattet. Bulletin de la Soc. fr. 1894 p. 197.

Sach- und Namenregister.

- Abel's Actinometer 356.
Abney, Vergleich von Lichtstärken 11; optische und chemische Helligkeit des Sonnenlichts bei verschiedenen Höhen 93; Helligkeit des Magnesiumlichts 106; Spectrograph 220.
Absorptionsgesetz 143.
Absorptionsstreifen eines Farbstoffs und photogr. Wirkungstreifen 164.
Achromatisches Prisma 295.
Acridinfarbstoffe 358.
Actinometer „Le Perpetuel“ 356.
Acworth, Versuche mit verschiedenen Farbstoffen als Sensibilisatoren 180.
Albedo 3; — und Expositionszeit 4.
Albert, Dr. E., Bromsilber-Collodium-Emulsion 162; Jos. — Naturfarbendruck 226.
Aldehydgrün als Sensibilisator 186.
Alkaliblauf als Sensibilisator 184.
Aluminiumblitzlicht-Mischungen 107, 111.
Aluminiumlicht 106.
Amylacetatlampe 22, 63.
Amylacetatlicht, Spectrum des —s 357.
Anastigmat 293, 309, 328, 335; Weitwinkel— 344; Doppel— 309, 337.
Anilinblau als Sensibilisator 184.
Anilinfarben als Sensibilisatoren 184.
Anilinroth als Sensibilisator 185.
Antiplanet 309, 326, 333.
Aplanate 286, 303, 309, 326, 331, 342; Weitwinkel— 342.
Achromate 296.
Astigmatismus 291.
Atmosphäre, Farbenhelligkeit der — 250.
Auer von Welsbach, Gasglühlicht 114.
Auerlicht s. unter Gasglühlicht.
Augenblicksbilder s. unter Momentbilder.
Aurantiascheiben 207.
Axe der Linse 274.
Azalin als Sensibilisator 202.
Azalinplatten 171, 203.
Azofarbstoffe als Sensibilisatoren 196.
Balmain'sche Platte 47.
Baltin, Helligkeit des Magnesiumlichts 105.
Becquerel, — und Moser, Fortsetzende Strahlen 100; Chlorophyll als Sensibilisator 176; Farbige Photographie 225.
Belichtung, Vor- und Nach— 100.
Belichtungszeit s. unter Expositionszeit.
Bengal-Roth als Sensibilisator 194.
Benzinlampe, Weber's, 13, 22.
Bierstadt, orthochromatischer Unsinn 153.
Bilderzeugung 269; — durch Linsen 279.
Bildfeld 313.
Bildgrösse 280.
Bildmesskunst, Photograph. — 322.
Blende 289; —nstellung zur Linse 289; wahrer —n-Durchmesser 311.
Blendenphotometer 48.
Bolas, Aluminiumlicht 113.
Bouguer, Intensität des Sonnenlichts 125.
Brandon, Panoramenapparat 321.
Brechung des Lichts 271.
Brechungsgesetze der Linsen 275, 287.
Brechungsindex 272.
Brennaud, W., Ungleiche Helligkeit des Himmels in verschiedenem Sonnenabstand 94.
Brennpunkt 275, 280.
Brennweite 275, 314.
Brewster, Stereoskop 316.
Brillengläser, nicht achromatisirte — 354; Satz von —n 354.
Brodhun, Lummer und —s Photometer 9.
Bromsilber, Empfindlichkeit des —s für chemisch unwirksame Strahlen 145; Wirkung der Farben auf die Empfindlichkeit von —platten 153; verschiedene Wirkung der Farbstoffe auf —Collodium- und Gelatineplatten 158.

- Bunsen's Fettfleck-Photometer 4; —
Chlorknallgasphotometer 35, 63, 81;
Wirkung des Spectrums auf Chlor-
knallgas 142.
- Bunsen-Roscoe, Pendelphotometer 36;
chemische Lichteinheit 61; chemische
Helligkeit des Tages- und Sonnen-
lichts nach — 80.
- Burton, Wirkung von Vor- und Nach-
belichtung 103.
- Busch's Porträtlinse 310.
- Camera, — obscura 268; Loch — 269;
Stereoskop — 319.
- Carcellampe 22.
- Chastaing, chemische Wirkung des
Lichts 144.
- Chemische Wirkung und Absorption 143.
- Chinolinroth 171; — als Sensibilisator
200, 204.
- Chlorknallgasphotometer 35, 63, 81,
252.
- Chlorophyllplatten, farbenempfindliche
— 176; Acworth's Versuche mit —
197.
- Chrysanilin als Sensibilisator 185.
- Collen, Naturfarbendruck 226.
- Collodiumplatten, Wirkung von Farb-
stoffen auf — 153, 158.
- Complementärfarbe 227; Farbenwahr-
nehmungen und — n 244.
- Concavlinen 274.
- Conjugirte Punkte 276.
- Convexlinen 273.
- Copiruhr „Fernande“ 356.
- Corallin als Sensibilisator 196.
- Cornu, Lichthöfe 126; Abhilfe der
Lichthöfe 131.
- Coupiersblau als Sensibilisator 187.
- Chromatische Abweichung 293.
- Cros, Naturfarbendruck 226.
- Crova, Messungen des Himmelslichts
254.
- Cyanin 171; als Sensibilisator 189, 204.
- Dallmeyer, Landschaftslinse 298; Tripel-
objective 300.
- Debenham, Wirkung von Vor- und
Nachbelichtung 103.
- Dehors u. Deslandres, Satz von Brillen-
gläsern 354.
- Desaga's Photometer zur Bestimmung
der Expositionszeit 5.
- Diffuses Licht 125; Messung des — s 19.
- Dispersion, Totale 294.
- Doppelanastigmat 337.
- Doppelobjective 302, 308.
- Draper, Absorptionsgesetz 143.
- Dreifarbendruck s. unter Naturfarben-
druck 231.
- Ducos du Hauron, Chlorophyllplatten
176; Naturfarbendruck 226.
- Ducoudun's Photometer 32.
- Durchsichtigkeit des Negativs, Ab-
hängigkeit der — von Belichtungszeit
u. Licht-Intensität nach Dr. Michalke
74.
- Ebert, Hermann, Beugungsspectrograph
218.
- Eder's Quecksilberchloridphotometer 35;
Chemische Helligkeit verschiedener
Lichtquellen 64; Zur Geschichte der
farbenempfindlichen Verfahren 150;
Empfindlichkeit der Eosine 162;
Chlorophyllplatten 176; Safranin 185;
Coupiersblau 187; Cyanin 189;
Wirkung von Farbstoffgemischen im
Spectrographen 205; Spectrum des
Amylacetatslichts 357; Rhodamin als
Sensibilisator 358
- Einheit, optische Licht — en 22; Violle-
sche Platin — 25.
- Einheit, Die photographischen Licht-
— en 61; Bunsen-Roscoe's chemische
Licht — 61; Warnerke's Licht — 61;
Brennendes Magnesium als Licht — 61.
- Electrische Lampen, Verschiedene Licht-
stärken in verschiedener Richtung 119.
- Electrisches Licht, Helligkeit des — s
119; Copiren bei — 123.
- Empfindlichkeit, Wirkung einfacher und
gemischter optischer Sensibilisatoren
auf die — 204; Relative — 205.
- Eosin, Wirkung des — s auf Collodium-
und Gelatineschichten 158, Dr. E.
Vogel, Lichtempfindlichkeit der —
-Farbstoffe an sich 162; Dr. E. Vogel,
Beziehungen zwischen Lichtempfind-
lichkeit und optischer Sensibilisation
der Eosinfarbstoffe 166; Mängel der
— e 171; Acworth's Versuche mit
den — en 190.
- Eosin- und Eosinsilberplatten, Unter-
scheidung von — 171.
- Erythrosin als Sensibilisator 193.
- Euriskope, Voigtländer's — 309, 327,
335, Weitwinkel — 344.
- Expositionsmesser, Watkins' — 40.
- Expositionszeit 4, 82; Albedo und — 4;
Bestimmung der — durch Photometer-
messungen 5, Watkins' Instrument
zur Messung der — 40; Abhängigkeit
der Durchsichtigkeit des Negativs
von — und Licht-Intensität nach
Dr. Michalke 74.

- Farbe 134.
 Farbendruck, Naturfarbendruck s. unter N.
 Farbenempfindliche Photographie 134, 145. Geschichte der — 145.
 Farbenempfindliche Platten 158.
 Farbenempfindlichkeit, Instrumente zum Studium der — photogr. Schichten 209; Prüfung von Farbstoffen u. photogr. Schichten auf — 222.
 Farbenhelligkeit der Atmosphäre 250.
 Farbenlehre 1.
 Farbentafel als Prüfungsmittel für farbenempfindliche Schichten 222.
 Farbenwahrnehmungen und Complementärfarben 244.
 Farbenzerstreuung bei Linsen 293.
 Farbige Körper 125.
 Farbige Photographie 241; Zenker, Ueber — 225, 241; Lippmann's — 225, 238, 241; Ueber die Naturähnlichkeit der — 242; Seebeck, Ueber — 225, 242.
 Farbigen Licht, Physikalische und chemische Wirkungen verschiedenen — s 136; Weber's Messungen von — 355.
 Farbstoffe 136; Verschiedene Wirkung der — auf Collodium- und Gelatineplatten 158; Prüfung von — n und photogr. Schichten auf Farbenempfindlichkeit 222.
 Farbstoffgemische, Wirkung von — n 205.
 Fensteröffnungen, Helligkeit durch — 95.
 Fernlinsen s. unter Teleobjective.
 Fluorescein als Sensibilisator 190.
 Focusdifferenz 293, 296.
 Förster, Geh. Reg.-Rath Dr. — Sonnenhöhen für Berlin 84.
 Fontaine, Verschiedene Lichtstärken electricer Lampen in verschiedener Richtung 119.
 Foucault's Photometer 7.
 Frauenhofer'sche Linien 135; Brechungsindices der Farben für Flintglas, Crownglas und Wasser 294.
 Fuchsin als Sensibilisator 188.
 Gädicke u. Mieth, Magnesiumblitzpulver 105, 107.
 Gasglühlicht von Auer von Welsbach 114; — für Porträtaufnahmen 118.
 Gauss'sche Hauptpunkte 274, 281; Hauptebenen 281.
 Gelatineplatten, Nachbelichtung bei — 101; Schleiern der — 104; Abnahme der Empfindlichkeit der — mit dem Alter nach Wolff 104; Wirkung der Farbstoffe auf — 158.
 Gesichtsfeld 280, 307, 313.
 Gläser, Auswahl der — 209.
 Glasenapp, Prof. — Aluminiumlicht 106.
 Glasglocken, Wirkung von — 124.
 Goerz's Photometer 32; Doppelanastigmat 309, 337.
 Gruppenantiplanete, Steinheils — 333.
 Halbton 3.
 Hauptpunkte und Hauptebenen 281.
 Hauptschnitt der Linse 274.
 Hefner-Alteneck's Photometer 7; Amylacetatlampe 22, 63; Helligkeitsverlust durch Glasglocken 124.
 Heliochromie, Ives — 239.
 Heliochromoskop, Ives' — 359.
 Helligkeit, — selbstleuchtender Körper 2; — beleuchteter Körper 2; H. W. Vogel's Messung der — en verschiedener Lichtquellen mit Weber's Photometer 21; Flächen — 26; Indicierte — 26; — en von durchgelassenem und reflektirtem Licht bei verschiedenen Substanzen 28; Verhältniss der — en verschiedener leuchtender und beleuchteter Körper 30; Chemische — verschiedener Lichtquellen nach Eder und Valenta 64; chemische — des Tages- und Sonnenlichts nach Bunsen und Roscoe 80; Unterschied der — im Herbst und Frühling 93; optische und chemische — des Sonnenlichts bei verschiedenen Höhen nach Abney 93; ungleiche — des Himmels in verschiedenem Sonnenabstand 94; Optische Tages — 95; — en bei beschränkter Himmelsbeleuchtung 95; Beurtheilung der — eines von Fenstern erleuchteten Raumes 95; — des Magnesiumlichts 105; — des elektrischen Lichts 119; Farben — der Atmosphäre 250; Weber's Messung von — en des Tageslichts 354.
 Helmholtz, v., über Complementärfarben 246, 248; über Grundfarben 240.
 Herschel, Chemische Wirkung des Lichts 144; Ueber Spectraufnahmen in natürlichen Farben 242.
 Himly, Nachbelichtung bei Gelatineplatten 101;
 Himmelslicht 256; Chemische Intensität des — s 80; — bei Landschaftsphotographie 91; Sonnen- und

- -Spectra 256; Ungleiche Helligkeit des —s 94.
 Hinterguss zur Vermeidung von Lichthöfen 131.
 Hoegh, Emil von —, Doppelanastigmat 337.
 Hough, Wirkung der Vor- und Nachbelichtung 102, 103.
 Hübl, Freiherr von, Der photogr. Dreifarbendruck 231; Resultate des photogr. Dreifarbendrucks 237.
 Hilfsbelichter 102.
 Intensität des Lichts 1, 2, 25; Messung der — 4, 14, 16; Bestimmung der — von Lichtquellen von ungleicher Farbe mit dem Benzinlicht 15, 355; Abhängigkeit der Durchsichtigkeit des Negativs von der Belichtungszeit u. — nach Dr. Michalke 74; — elektrischer Lampen in verschiedener Richtung 119. [31.
 Intensität der chemischen Lichtwirkung
 Intensität des Himmelslichts, Chemische — 80; Tabelle der — für Berlin 85; Unterschiede der — im Herbst und Frühling 93; Ungleiche — 94.
 Intensität des Sonnenlichts, Chemische — 88; Optische und chemische — bei verschiedenen Höhen nach Abney 93.
 Ives, Chlorophyllplatten 176; Heliochromie 239; Helioschromoskop 359.
 Jodgrün als Sensibilisator 186.
 Kassettendifferenz 297.
 Kirschmann, A., Verhältniss der Helligkeiten verschiedener leuchtender und beleuchteter Körper 30.
 Knotenpunkte 283.
 Krone, H., Lippmann's Farbenphotographie 238.
 Krüss's Photometer 7; Einfluss der Länge des Photometers auf das Messungsergebnis 9.
 Kugelobjektive 303.
 Kundt's Regel 160.
 Lambert's Gesetze 2; Flächenhelligkeit 26.
 Lampadius, Bestimmung der Helligkeit des Lichts 32.
 Landschaftsplanate 331.
 Landschaftslinse 298.
 Landschaftsphotographie, Sonnenlicht u. Himmelslicht bei — 91.
 Leuchtende Körper, s. unter selbstleuchtende —
 Leutner's Copieruhr „Fernande“ 356.
 Licht, Natur des —s 1. Unsichtbares — 1; Zusammensetzung des —s 134; Chemische Wirkung und Absorption 143.
 Lichteinheit s. unter Einheit.
 Lichtfleck 306.
 Lichthöfe 126; Erklärung der — 128; Abhilfe der — 130.
 Lichtkreis 281.
 Lichtquellen, Künstliche — für Photographie 105.
 Lichtspiegelung 124.
 Lichtstärke s. unter Intensität.
 Lichtstärke der Linsen 303.
 Lichtwellenbrecher 101.
 Lichtwinkel 96.
 Linsen, Einfache — 273, 301; Brechungsgesetze der — 275; Brennpunkt 275, 280; Brennweite 275; Bilderzeugung durch — 279. — Fehler 284; Betrachtung der — Brechung mit Berücksichtigung der Linsendicke und der schiefen Strahlen, sowie der Stellung der Linse 287; Doppel — 302, 308; Aplanate 286, 303, 309, 326, 331, 341; Blendenstellung zur Linse 289; Astigmatismus 291; Chromatische Abweichung und Fokusdifferenz 293; Zeiss Anastigmat 293, 309, 328, 335; Porträt — 294, 303, 309, 310, 326; Achromate 296; Landschafts — 298; Petzval's Orthoskop 300; Dallmeyer's Tripel — 300; Verzeichnung bei — 301; Kugel; 303; Lichtstärke — 303; Abnahme der Helligkeit nach dem Rande hin 304; Weitwinkel — 305, 342; Tiefe der Linse 271, 308; Anforderungen an photographischen — 308; Goerz's Doppelanastigmat 309, 337; Euriskop 309, 327, 334; Antiplanete 309, 326 — Ueber Prüfungen 309; Busch's Porträtlinse 310; — für Momentbilder 329; Universal — 330; Landschaftsplanate 331; Gruppenantiplanete 332; Steinheil's Periskop 342; Pantoskop 303, 309, 343; Weitwinkel Aplanate 342; Weitwinkel-Euriskope 343; Weitwinkel-Anastigmat 345; Satz — 345; Fern — 346; Nicht achromatische Brillengläser 353.
 Lippmann, Farbige Photographie 225, 238, 241.
 Lochcamera 265.
 Lummer und Brodhun's Photometer 9; Anwendung von — Prisma in Weber's Photometer 21.

- Magdalaroth als Sensibilisator 188.
 Magerstedt, Farbige Untergüsse 133.
 Magnesium, — als Lichteinheit, Brennendes -- 61; Helligkeit des — lichtetes 105
 Magnesiumblitzpulver von Gädicke u. Miethe 105, 107.
 Malachitgrün als Sensibilisator 186.
 Marchand's u. Monckhoven's Oxalsäurephotometer 35.
 Martens Panoramengerät 320.
 Mattglas, Emulsion auf — 133.
 Mess-Verfahren Photograph. Bild— 322.
 Meterkerze 15, 27.
 Methylenblau als Sensibilisator 197.
 Meydenbauer, Bildmessverfahren 325.
 Michacke Dr., Ueber Ducoudun's Photometer 33; photographisches Reciprocitätsgesetz bei entwickelten Schichten nach Dr. Miethe und — 65; Abhängigkeit der Durchsichtigkeit des Negativs von Belichtungszeit u. Lichtintensität 74; Erforderliche Lichtmenge zum Schleiern 104.
 Miethe Dr., Photographisches Reciprocitätsgesetz bei entwickelten Schichten nach — und Michalke 65; — u. Gaedicke's Magnesiumblitzpulver 105, 107; Abbildung durch feine Oeffnungen 270; Bestimmung der wahren Oeffnung von Doppelobjektiven 312; Anastigmat 328; Objektive für Momentbilder 329; Zeiss u. Görz's Anastigmat 339; Teleobjectiv 346.
 Mitraillusenphotometer 94.
 Moenard, Bildmessverfahren 322.
 Momentbilder, Objective für — 329.
 Monocle 353; — Porträtlinse 353; — Satz 354.
 Moser, Becquerel und — Fortsetzende Strahlen 100.
 Müller J., Wirkung des Spectrums auf Jod- u. Bromsilbersalze 139, 223; Blaue Farbe des Himmels 257.
 Nachbelichtung 100; — bei Gelatine-Nadarlampe, 112. [platten 101.
 Natürliche Farben, Directe Photographie in — s. unter Farbige Photographie.
 Naturfarben, Vervielfältigende Photographie in — 225.
 Naturfarbendruck, Ransonnet u. Collén's — 226; Cros u. Ducos du Hauron's — 226; Freiherr von Hübl, Der — 231; Freiherr von Hübl, Resultate des —s 237; von E. u. H. W. Vogel-Kurtz-Ulrich 229—230.
 Negativ, Abhängigkeit der Durchsichtigkeit des —s von Belichtungszeit u. Lichtintensität nach Dr. Michalke 74; Solarisations—e 78.
 Neigungswinkel 3.
 Neuhaus, Dr. —, Zeiss u. Goerz's Anastigmat 339; Zur Geschichte der farbenempfindlichen Verfahren 148.
 Niépce de St. Victor, Farbige Photographie 225.
 Objective s. unter Linsen.
 Objectivprüfung 309, 314.
 Oeffnung der Linse 285, Relative — 311, Wahre — 312.
 Optischer Mittelpunkt 274.
 Orthoskop, Petzval's — 300.
 Panoramengerät 320.
 Pantoskop 303, 309, 343.
 Pausverfahren 268.
 Periskop 343.
 Perpetuel. Abel's — 356.
 Petzval's Porträtobjectiv 300, 326.
 Phloxin als Sensibilisator 195.
 Photochromoskop, Ives's — 239.
 Photogrammetrisches Verfahren 322.
 Photometer, Optische — 4; Bunsen's — 4; Bestimmung der Expositionszeit durch — 5; Desaga's — 5; Rüdorff's — 6; Foucault's — 7; Hefner-Alteneck's — 7; Krüss' — 7; Einfluss der Länge des —s auf das Messungsergebnis 9; Lummer und Brodhun's — 9; Rumford's — 11; Weber's — 12; Messungen mit Weber's — 14, 354.
 Photometer, Photographische — 31; Ducoudun's und Goerz's — 32; Bunsen's Chlorknallgas— 35, 63, 81; Eder's Quecksilberchlorid— 35; Marchand's und Monckhoven's Oxalsäure— 35; Bunsen-Roscoe's Pendel— 36; Vogel's Scalen— 39; Warnerke's — 46; Röhren— 48; Kritik der gebräuchlichen — 58; Mitraillusen — 94.
 Photometrie 1.
 Platineinheit, Violle'sche — 25, 74.
 Poitevin, Farbige Photographie 225.
 Porta's Camera obscura 268.
 Porträtlinse 294, 303, 309, 326.
 Pressgas 116.
 Radiometer 63.
 Ransonnet, Naturfarbendruck 226.
 Rapidantplanete 332.
 Raschdorff, Prof. O., Steinheil's Teleobjectiv 350; Zeiss' Teleobjectiv 352.

- Reciprocitätsgesetz 35, 65; photographisches — bei entwickelten Schichten nach Dr. Miethe und Michalke 65.
- Reflectirtes Licht, Helligkeiten von — bei verschiedenen Substanzen 28.
- Reflector, Metall- — 119; van der Weyde's — 123; Schuckert's — 123.
- Reflexion des Lichts s. unter Lichtspiegelung.
- Resorcinblau als Sensibilisator 196.
- Rhodamin als Sensibilisator 195, 359.
- Riesenfeld, Dr., Störungen bei Zeit- aufnahmen durch bewegte Gegenstände 77.
- Röhrenphotometer 48.
- Roscoe, Bunsen und —s Pendelphotometer 36; chemische Lichteinheit 61; chemische Helligkeit des Tages- und Sonnenlichts nach — 80, 251.
- Rüdorff's Spiegel-Photometer 6.
- Rudolph, Dr., Astigmatismus 293; Anastigmat 335.
- Rumford's Photometer 11.
- Safranin als Sensibilisator 184.
- Safrosin, Anilin- — als Sensibilisator 188.
- Sammellinsen 273.
- Sandellplatte 133.
- Satzlinsen 346.
- Scheinwerfer s. unter Reflector.
- Schlitz-Sensitometer 56.
- Schmidt & Haensch, H. W. Vogel's Spectrograph 210; H. W. Vogel's neuer Spectrograph 217.
- Schuckert's Scheinwerfer 123.
- Schultz-Hencke, Versuche mit Magnesiumlicht als Einheit 62; orthochromatischer Unsinn 153.
- Schultz-Sellack, Wirkung des Spectrums auf Silbersalze 139; Lichtempfindlichkeit des Bromsilbers 144.
- Schultze & Bartels' Monocle-Portraitlinse 353.
- Schumann, Prüfung von Farbstoffen und photogr. Schichten auf Farbenempfindlichkeit 222.
- Scotellari, Nachbelichtung 101.
- Seebeck, Farbige Photographie 225, 242.
- Sehschärfe 17.
- Selbstleuchtende Körper 1; Helligkeit —r 2.
- Sensibilisatoren 148; Eigenschaften der optischen — 153, 157; Lichtempfindlichkeit derselben 170; Acworth's Versuche mit verschiedenen Farbstoffen 180; Wirkung einfacher und gemischter optischer — auf die Empfindlichkeit 204.
- Sensitometer 31; Warnerke's — 46; Dr. Stolze's Schlitz- — 56.
- Siemens, Platineinheit 25.
- Solarisationsnegative 78.
- Sonnenhöhen für Berlin 84.
- Sonnenlicht, Chemische Intensität des —s 88; — bei Landschaftsphotographie 91; — und Himmelslichtspectra 256
- Sphärische Abweichung 284; Aufhebung der — 285.
- Spaulden, Kosten des Gasglühlichts im Vergleich zu anderen Lichtern 117.
- Spectrograph, H. W. Vogel's älterer grosser — 210; Steinheil's — 214; H. W. Vogel's kleiner — 215; H. W. Vogels neuer grosser — 217; Ebert's Beugungs- — 218; Abney's — mit Hohlspiegel 220.
- Spectroskop, H. W. Vogel's Universal — 224.
- Spectrum 134; Wirkung des Sonnen- —s auf Silbersalze 138; Bunsen, Wirkung des —s auf Chlorknallgas 142; Sonnen- und Himmels- — 256;
- Standard Candle 22.
- Stapfer, Zusammensetzung verschiedener Glühstrümpfe von Auerlampen 114; Haltbarkeit derselben 116.
- Steinheil's Spectrograph 214; Aplanate 303, 309, 326, 331: Antiplanet 300, 327; Bestimmung der wirksamen Linsen-Oeffnung 312, Landschafts-Linsensatz 333; Rapid-Antiplanete 333; Hülfstafel zur Auffindung der Distanzen bei Verkleinerung oder Vergrösserung 340; Periskop 342; Weitwinkel-Aplanate 342; Linsensatz 345; Teleobjectiv 348, 349.
- Stereoskop 316; —-Camera 319.
- Stolze, Dr., Schlitz-Sensitometer 56, Zeiss und Goerz's Anastigmat 340.
- Strahlenfilter 206, 235.
- Strahlen, Fortsetzende — 100.
- Suter's Aplanate 341.
- Taylor's Photometer 48.
- Teleobjektive 346.
- Tiefe der Linsen 271, 308.
- Treble, Porträtaufnahmen mit Auerlicht 118.
- Tripelobjektive 300.
- Ulrich, Naturfarbendruck 229.
- Universallinsen 330.

- Unsichtbaren, Photographie des — 138.
- Unterguss zur Vermeidung von Lichthöfen 131; Collodium — 132; Farbiger — 133.
- Uranin als Sensibilisator 191.
- Valenta, Eder u. —, Chemische Helligkeit verschiedener Lichtquellen 64; Rhodamin als Sensibilisator 358.
- Verkleinerung und Vergrößerung, Hülftafel zur Auffindung der Distanzen bei — 340.
- Verschiebung der photogr. Wirkungstreifen gegen die Absorptionstreifen 164.
- Vervielfältigende Photographie in Naturfarben 225.
- Verzeichnung durch Linsen 301; Aufhebung der — 302; Perspektivische — 303.
- Villon, Aluminiumbroncepulver 110.
- Violle'sche Platineinheit 25.
- Vogel, E., Schuckert's Scheinwerfer 123; Lichtempfindlichkeit der Eosin-farbstoffe an sich 162; Beziehungen zwischen Lichtempfindlichkeit und optischer Sensibilisation der Eosin-farbstoffe 166; Naturfarbendruck 229.
- Vogel, H. C., Messungen von Petroleumlicht und Himmelslicht 253.
- Vogel, H. W., Optische Helligkeiten verschiedener Lichtquellen 21; Helligkeit von durchgelassenen und reflectirtem Licht bei verschiedenen Substanzen 28; Scalenphotometer 39; Röhrenphotometer 49; Beurtheilung der Helligkeit eines von Fenstern erleuchteten Raumes 95; Intensität des Gasglühlichts 115; Wirkung des Spectrums auf Silbersalze 140; Erweiterung des Absorptionsgesetzes 144; Empfindlichkeit des Bromsilbers für chemisch unwirksame Farben 145; Eigenschaften der optischen Sensibilisatoren 154; Wirkung des Eosins auf Collodium- und Gelatineschichten 158; Verschiebung der photographischen Wirkungstreifen 164; Cyanin, Chinolinroth, Azalinplatten 171; Eosinsilber 172; Chinolinroth u. Azalin als Sensibilisatoren 200; Aurantiascheiben 207; —'s älterer Spectrograph 210; neuer 217; kleiner Spectrograph 215; Prüfung von Farbstoffen und photographischen Schichten auf Farbenempfindlichkeit 222; Universal-Spectroskop 214; Complementärfarben 228, 244; Naturfarbendruck 233; Farbenwahrnehmungen und Complementärfarben 244; Farbenhelligkeit der Atmosphäre 250; Lochcamerabilder 269; Bildmesskunst 322; Amylacetlicht in Weber's Photometer 357.
- Vogel-Kurtz's Naturfarbenbuchdruck 230.
- Vogel-Ulrich's Naturfarben-Lichtdrucke 230.
- Voigtländer's Euriskop 309, 327, 334; Weitwinkel-Euriskope 343.
- Vorbelichtung 100.
- Wächter's Barytaplanete 341.
- Wallrathkerze 22.
- Warnerke's Sensitometer 46; Lichteinheit 61.
- Watkin's Expositionsmesser zur Bestimmung der Belichtungszeit in der Camera 40.
- Weathstone, Stereoskopbilder 316.
- Weber, L., Photometer von —, 12; Messung des diffusen Lichts 19; Optische Definitionen 25; Messungen mit Warnerke's Sensitometer 46; Actinische Transparenz 71; optische Tageshelligkeiten 95; Beurtheilung der Helligkeit eines von Fenstern erleuchteten Raumes 95; Helligkeitsmessungen von Tageslicht 354.
- Weitwinkellinsen, 305, 341; Aplanate 342; Euriskope 343; Anastigmat 344.
- Weyde's van der, Reflector 123.
- Wiedemann, E., —'s Gesetz 165.
- Wilde's Mattglas-Platten 133.
- Wirkungstreifen, Verschiebung der photographischen — 164.
- Wölbung der Bildfläche 297.
- Wolff, Abnahme der Empfindlichkeit der Platten mit dem Alter 105.
- Wollheim, Dr., Chlorophyll 178.
- Wuestner's Platten 133.
- Zeitaufnahmen, Störungen bei — durch bewegte Gegenstände 77.
- Zeiss, Anastigmat 293, 309, 328, 335; Achromate 296; Weitwinkel-Anastigmat 344; Anastigmat-Linsensatz 345; Teleobjektiv 351.
- Zenker, Dr., Farbige Photographie 225, 241.
- Zerstreuungslinsen 274.

Druck von C. H. Schulze & Co. in Gräfenhainichen.

1573^m

Art plast

2. Aufl.

HANDBUCH DER PHOTOGRAPHIE

VON

PROF. DR. H. W. VOGEL

VORSTEHER DES PHOTOCHEMISCHEN LABORATORIUMS DER KGL. TECHN. HOCHSCHULE
BERLIN-CHARLOTTENBURG
HERAUSGEBER DER PHOTOGRAPHISCHEN MITTHEILUNGEN

VIER THEILE

ENTHALTEND

DIE PHOTOGRAPHISCHE CHEMIE, OPTIK, PRAXIS UND KUNSTLEHRE

II. THEIL:

DAS LICHT

IM

DIENSTE DER PHOTOGRAPHIE

UND

DIE NEUESTEN FORTSCHRITTE

DER

PHOTOGRAPHISCHEN OPTIK

VIERTE, GÄNZLICH UMGEARBEITETE, VERBESSERTE UND
VERMEHRTE AUFLAGE

BERLIN, 1894

ROBERT OPPENHEIM (GUSTAV SCHMIDT)

- 4. Juli 1986

X
OTTO & LEHMANN
Buchbinderei
DRESDEN N.

Art. plast. ~~1515~~^m

2630

SLUB DRESDEN



3 4759108