

1-4  
Encyklopädie der Photographie.

Heft 2.

Die  
Photographie in natürlichen Farben

mit

besonderer Berücksichtigung

des

Lippmann'schen Verfahrens

von

**Eduard Valenta.**

Photochemiker an der k. k. Lehr- und Versuchsanstalt für Photographie  
und Reproduktionsverfahren in Wien.

Mit 20 Abbildungen im Text.



Halle a. S.

Druck und Verlag von Wilhelm Knapp.

1894.



Wissenschaftlich - photographisches Institut  
der Kgl. Sächs. Techn. Hochschule  
Dresden.



Handwritten text, possibly a name or number, which is faint and difficult to read.



Die  
**Photographie in natürlichen Farben**

mit

besonderer Berücksichtigung

des

**Lippmann'schen Verfahrens**

von

**Eduard Valenta.**

Photochemiker an der k. k. Lehr- und Versuchsanstalt für Photographie  
und Reproductionsverfahren in Wien.

---

Mit 20 Abbildungen im Text.

**Wissenschaftlich-photographisches Institut**  
**der Kgl. Sächs. Techn. Hochschule**  
**==== Dresden. ====**

**Halle a. S.**

Druck und Verlag von Wilhelm Knapp.

1894.



19 8 04960 0 0002 7 01



## V o r w o r t.

---

Seit dem Bekanntwerden der Photographie in natürlichen Farben nach der Interferenzmethode des Herrn G. Lippmann in Paris, beschäftigte ich mich mit Versuchen in dieser Richtung und war mein Bestreben dahin gerichtet, nicht nur die Lippmann'schen Versuche zu wiederholen und zu studiren, sondern auch sichere Methoden zu deren practischer Durchführung zu finden.

So klar das Princip der Interferenzmethode, wie Professor Lippmann dasselbe geschildert hat, auch ist, so schwierig ist die Durchführung, wenn wirklich brauchbare Resultate erzielt werden sollen. Dies mag auch die Ursache sein, warum so wenige Fachleute bisher diese Versuche mit Erfolg durchführen konnten und nach manchen vergeblichen Bemühungen von weiteren Experimenten abstehen mussten.

Wenngleich die Resultate, welche ich erzielt habe, noch keineswegs das Ideal des Photographen in dieser Richtung erreicht haben, so glaube ich doch, umsomehr als die Photochromie nach Lippmann's System eine der interessantesten Errungenschaften der physikalischen



Chemie darstellt, denjenigen, welche sich hierfür interessiren, nicht nur einen Behelf zum Arbeiten, sondern auch Anregung zu weiteren Versuchen mit der Herausgabe dieses kleinen Buches zu bieten, welches die Resultate meiner 1 $\frac{1}{2}$ jährigen Arbeit auf diesem Gebiete enthält und zugleich einen Ueberblick über den gegenwärtigen Stand aller einschlägigen Arbeiten giebt.

Wien, den 25. Januar 1894.

**Eduard Valenta.**



## Inhalts-Verzeichniss.

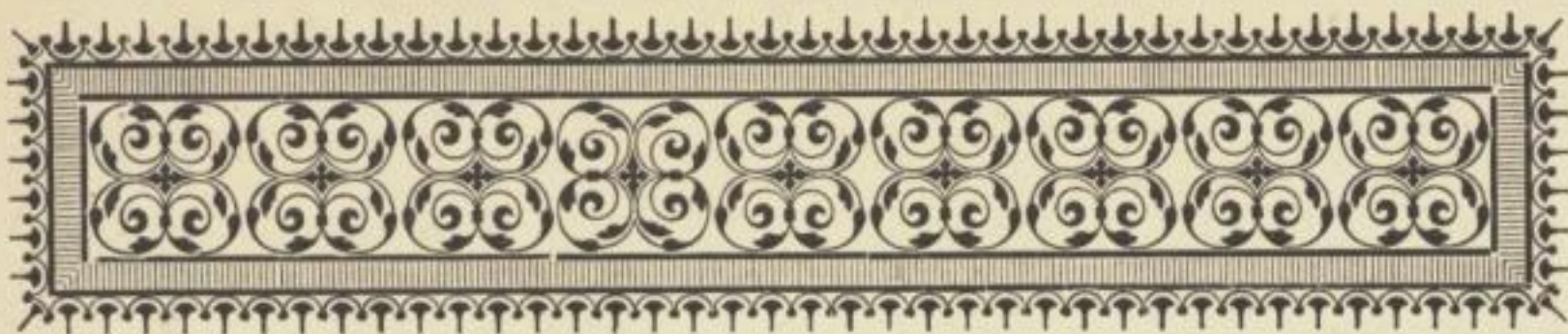
	Seite
I. Capitel. Photochromische Verfahren, welche auf der Eigenschaft des Silbersubchlorides die Farben wiederzugeben, beruhen . . . . .	1
II. Capitel. Versuche zur Erklärung des Entstehens der Farben bei diesen Photochromien (Zenker's Theorie) . . . . .	7
III. Capitel. Gabriel Lippmann's Verfahren zur Herstellung von vollkommen fixirten Photochromien	21
IV. Capitel. Theoretische Betrachtungen über das Zustandekommen der farbigen Bilder beim Lippmann'schen Verfahren . . . . .	30
1. Photographische Aufnahmen der einfachen Farben des Sonnenspectrums . . . . .	36
2. Photographie eines beliebig gefärbten Gegenstandes	41
3. Bemerkungen über die aufgestellten Hypothesen .	43
V. Capitel. Weitere Versuche zur Herstellung von Photochromien nach Lippmann's Princip — Versuche von Thwing, Florent, Lumière. — Eigene Versuche des Verfassers mittels Brom- und Chlorbromsilbergelatine-Emulsionen . . . . .	46
Versuche des Verfassers zur Herstellung von Gelatinetrockenplatten, welche zur Photochromie geeignet sind . . . . .	51
I. Bromsilbergelatine . . . . .	51
II. Chlorsilber- und Chlorbromsilbergelatine-Emulsionen	57
Versuche des Verfassers zur Herstellung farbiger Spectrumbilder . . . . .	59



	Seite
VI. Capitel. Ueber die Correctheit der Farbenwiedergabe bei Lippmann's Photochromien. — Abnormale Farbenercheinungen . . . . .	63
VII. Capitel. Anwendung der Lippmann'schen Methode zur Wiedergabe von Mischfarben . . . . .	73
VIII. Capitel. Versuche zur Herstellung von Photochromien nach Lippmann's Princip ohne Anwendung von Silbersalzen, Projection der Photochromien . . . . .	76







## I. Capitel.

### Photochromische Verfahren, welche auf der Eigenschaft des Silbersubchlorides die Farben wiederzugeben beruhen.

Zur Herstellung von Photochromien, d. i. Photographien in natürlichen Farben, wurden bisher verschiedene Wege eingeschlagen. Der älteste derselben beruht auf der Eigenthümlichkeit des Silbersubchlorides, einer Verbindung von Silber und Chlor, unter dem Einflusse von farbigem Lichte sich so zu verändern, dass die Farben wiedergegeben werden.

Diese Eigenschaft des Silbersubchlorides ist schon sehr lange bekannt und findet man die ersten Andeutungen über diesen Gegenstand in einem Buche, das nur von wenigen Menschen gelesen wird, nämlich in Goethe's Farbenlehre<sup>1)</sup>, in welchem von Seebeck (1810) die Thatsache constatirt wird, dass feuchtes „Hornsilber“ (Chlor-silber) im farbigen Lichte unter gewissen Bedingungen die entsprechenden Farben annimmt.

Das Silbersubchlorid, dessen Existenz von den Chemikern lange geleugnet wurde, aber heute bereits sichergestellt ist, ist eine Verbindung von Silber und Chlor, welche doppelt so viel Silber enthält als das gewöhnliche Silberchlorid. Es wurde von Guntz<sup>2)</sup>, welcher neuester Zeit erst das Silbersubfluorid entdeckte, aus diesem Salze durch Einwirkung von Chlorwasserstoff als chemisches Individuum rein dargestellt und dadurch alle Zweifel glänzend widerlegt.

1) Goethe's Werke, Ausg. Hempel, Bd. 36, S. 431.

2) Compt. rend. 1891, Bd. 112, S. 861.



Das Silbersubchlorid ( $Ag_2 Cl$ , von Carey-Lea Photochlorid genannt) entsteht, wenn man auf überschüssiges Silber Chlor oder gewisse Perchloride ( $Cu Cl_2$ ,  $Fe_2 Cl_6$  etc.) einwirken lässt.

Becquerel<sup>1)</sup> und nach ihm Nièpce<sup>2)</sup> stellten in der Weise ihre farbenempfindlichen Platten her: sie setzten Silberplatten oder versilberte Kupferplatten der Wirkung des Chlores im Status nascens aus, wodurch sich dieselben mit einer dunklen Schicht von Silbersubchlorid überzogen, oder badeten die Platten in einer Lösung von Kupfer- oder Eisenchlorid, wobei Silbersubchlorid und Eisen- oder Kupferchlorür entsteht.

Die auf die eine wie auf die andere Art behandelten Platten geben, besonders wenn selbe früher erwärmt werden, die natürlichen Farben des Sonnenspectrums recht gut wieder, das Bild verschwindet am Lichte aber wiederum; es ist nicht fixirbar.

Poitevin<sup>3)</sup> benützte die zweite Darstellungsweise von Silberchlorür; er verwendete keine Platten, sondern Papier, welches er durch Baden in Kochsalzlösung und darnach in Silbernitrat mit einer Schicht von Chlorsilber überzogen hatte und verwandelte das Chlorsilber in Silberchlorür, indem er dieses Papier, mit der Schicht nach oben, unter Lösungen von Zinnchlorür etc. dem diffusen Tageslichte aussetzte. Das Papier wird bei dieser Behandlung blauviolett gefärbt, indem das Silberchlorid Chlor an das Zinnchlorür abgibt und sich in Silberchlorür verwandelt; es ist dann farbenempfindlich geworden. Poitevin erkannte, dass gewisse Bäder die Farbenempfindlichkeit solcher Papiere zu steigern vermögen; er wandte zu dem Zwecke Mischungen von Kupfersulfat- und Kaliumbichromatlösung an.

1) Annales de Chimie et de Physique, 3me Série, t. 22, 25, 42.

2) Compt. rend. de l'Academie des Sciences, Paris 1851—1866.

3) Ibid. 1865, t. 61, S. 1111.



Die nach dem Verfahren Poitevin's erzielten Bilder sind im Allgemeinen sehr wenig haltbar, und alle Mittel, dieselben haltbarer zu machen, zu fixiren, erwiesen sich bisher als unbrauchbar.

Vor einigen Jahren versuchte Veres in Klausenburg mittels Silberchlorür, welches er in Form einer Emulsion auf Papier auftrug, nach den Poitevin'schen Principien farbige Bilder herzustellen, welche Arbeiten aber noch bis heute nicht zum Abschlusse gelangt sind.

Im Jahre 1891 war es ein Schweizer Gelehrter, Namens Kopp, in Münster, welcher das Poitevin'sche Verfahren wieder aufgriff und es in einer Weise modificirte, dass man der Hoffnung Raum gab, vielleicht doch auf diesem Wege das Ziel zu erreichen. Kopp starb im Jahre 1891 und ich will in Folgendem sein Verfahren wiedergeben, mit welchem es mir gelungen ist, recht gute Spectralbilder auf weissem Grunde zu erhalten, was ich mit keinem der früheren Verfahren zu erreichen im Stande war. Kopp überzieht sein Papier durch Schwimmenlassen auf Kochsalzlösung, Silberlösung und abermals Kochsalzlösung mit einer Schicht Chlorsilber, wäscht hierauf gut aus und be-lichtet unter folgender Lösung mit diffusem Tageslichte so lange, bis das Papier eine blaugrünliche Farbe angenommen hat.

Chlorzink . . . . .	0,15 g,
Schwefelsäure . . . . .	2 Tropfen,
Wasser . . . . .	150 g.

Die blaugrüne Farbe darf nicht überschritten werden. Das Papier wird nun gewaschen und zwischen Fliesspapier getrocknet. Es hält sich lange Zeit. Um es für alle Farben, einschliesslich Weiss und Schwarz, empfänglich zu machen, verfährt man wie folgt. Man löst heiss:

reines zweifach chromsaures Kali . . . . .	15 g,
reines schwefelsaures Kupferoxyd . . . . .	15 g,
Wasser . . . . .	100 ccm.

1\*



Ferner pulvert man 15 g salpetersaures Quecksilberoxydul, löst es in einem Minimum schwach mit Salpetersäure angesäuerten Wassers und giesst es unter Rühren in die obige kochende Lösung. Es bildet sich ein rother Niederschlag, von dem man nach dem Abkühlen die Flüssigkeit abfiltrirt und das Filtrat durch Wasserzusatz oder Eindampfen genau auf 100 ccm bringt. Diese Lösung hält sich in verschlossenen Gefässen gut. Das blaugrüne gesilberte Papier wird eine halbe Minute in dieselbe getaucht, wobei es sich entfärbt, und dann nach dem völligen Abtropfen in eine 3 procentige Chlorzinklösung gebracht und diese bewegt, bis es wieder blau wird. Dann wird es gut in laufendem Wasser gewaschen, zwischen Fliesspapier oberflächentrocken gemacht und noch feucht exponirt. Nach der durch Erfahrung leicht zu lernenden Belichtung ist das Gelb und Grün bereits vollkommen deutlich; die anderen Farben aber sind mit einem gelben Schleier verhüllt und müssen erst entwickelt werden. Da aber die gelbe und grüne Farbe dieser Behandlung nicht widerstehen, müssen die betreffenden Stellen erst durch einen Firnissüberzug geschützt werden. Nach jedem Lackauftrag muss derselbe über Feuer erwärmt werden, um sich gleichmässig auszubreiten. Nachdem alles vollkommen trocken ist, taucht man das Bild unter Bewegen in ein Entwicklungsbad, welches aus 2 procentiger Schwefelsäure in Wasser besteht. Alle Farben, sowie das Weiss erscheinen darin in voller Brillanz. Man wäscht nun schnell in fliessendem Wasser und trocknet zwischen Fliesspapier. Um nun das Bild zu fixiren, taucht man es noch 5 Minuten in das Quecksilberbad, in welchem die Farben verschwinden, und dann nochmals in das Hervorrufungsbad, bis sie wieder erscheinen. Man stellt nun eine Lösung von Gummi arabicum mit 5 procentiger Schwefelsäure her, und überzieht mit der klaren filtrirten Lösung das Bild,

Diese Versuche wiederholte ich im Jahre 1892 und



beschrieb die Resultate derselben, wie ich sie auf Grund des einstweilen im Druck erschienenen englischen Patentverfahrens erzielte.<sup>1)</sup> Zur Herstellung des farbenempfindlichen Silberchlorürpapiere bediente ich mich anfänglich der Kopp'schen Methode, bei welcher das Anlaufen am Lichte unter einer sehr verdünnten Chlorzinklösung erfolgt. Bei einer Versuchsreihe, dieses Anlaufenlassen des gesilberten Papiere unter anderen Agentien vor sich gehen zu lassen, fand ich, dass eine Lösung von Natriumnitrit in Wasser (0,5—1 g in 100 ccm Wasser) günstiger wirkt. Es lassen sich bei sonstiger Einhaltung der Kopp'schen Vorschriften mit derartigem Papiere gute Farbenbilder des Sonnenspectrums erhalten, während bei Verwendung von Glasbildern Gelb und Blau häufig sehr mangelhaft erscheinen, was seinen Grund in dem Umstande haben dürfte, dass die Farben dieser Bilder grösstentheils Mischfarben sind.

Das Gelb, welches unter Glasbildern meist rein erhalten wird, ist wohl auf nicht ausgewaschenes chromsaures Kali zurückzuführen und entspricht keineswegs dem photographischen Gelb; dagegen kommt diese Farbe bei Spectrumbildern gut kenntlich. Die Bilder sind leider bis jetzt nicht fixirbar.

Trotz aller Unvollkommenheit der Methode ist es ein schönes Experiment, zu sehen, wie rasch das Ausbleichen des sensibilisirten Papiere von Blaugrau in Hellgelb unter dem Einflusse von weissem Lichte und das Entstehen ähnlicher Farben, welche sich mit den natürlichen decken, vor sich geht. Die von mir hergestellten Photochromien des Sonnenspectrums erhielt ich bei weit geöffnetem Spalte unter Anwendung eines Steinheil'schen Spectroskopes à vision directe und Aufstellung einer Sammellinse von 10 cm Durchmesser in 30 Minuten, und war die Farben-

---

1) Phot. Correspond. 1892. Siehe auch Eder's Jahrb. für Photogr. f. 1893, S. 432.



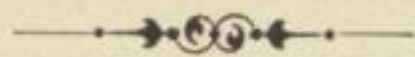
wiedergabe entschieden besser als bei den nach Poitevin oder Vallot hergestellten Papieren.

Bemerkenswerth ist, dass der Kopp'sche Process auch auf Chlorsilberemulsionen anwendbar ist, nur dürfen dieselben keinen Ueberschuss an Silbernitrat oder Citrat etc. enthalten. Ist die Emulsion deshalb nicht gleich vom Anbeginne mit Chloridüberschuss hergestellt, so muss das betreffende Papier <sup>1)</sup> mit verdünnter Salzsäure und Chlorzinklösung behandelt werden; das Anlaufen der Chlorsilberemulsion im Lichte behufs Bildung von violettem Silberchlorür kann durch Zusatz von Hydrochinon zur Emulsion befördert werden. <sup>2)</sup> Zinnsalz- oder Natriumnitritlösungen, unter denen das Anlaufen sich vollzieht, wirken auch hier günstig; das so gewonnene farbenempfindliche Emulsionspapier wird gewaschen, getrocknet und vor dem Gebrauche, wie oben erwähnt, mit der Quecksilberchromlösung sensibilisirt.

---

1) Chlorsilbercollodion- (Celloidin-) Papier, Chlorsilbergelatine- (Aristo-) Papier.

2) A. Kitz constatirte, dass sogenanntes Obernetter-Papier (Chlorsilbergelatine-Papier von Bühler in Mannheim) unter einem farbigen Glasbilde, wenn man es vorher im Lichte anlaufen liess, die Farben gut wiedergiebt (Eder, Jahrb. f. Photogr. f. 1894).







## II. Capitel.

### Versuche zur Erklärung des Entstehens der Farben bei diesen Photochromien (Zenker's Theorie).

Die Thatsache, dass wirklich die Farben der auffallenden Lichtstrahlen bei den im ersten Capitel in aller Kürze geschilderten Verfahren, welche sämmtlich auf der Verwendung des Silbersubchlorides beruhen, wiedergegeben werden, ist nach den von vielen Forschern angestellten Versuchen zweifellos. Becquerel bewies die Identität der Farben durch Photochromien des Sonnenspectrums, in welches er die Fraunhofer'schen Linien einphotographirte. Bringt man ein solches Spectrumbild, dessen einzelne Farben man von einander isolirt hat, in das leuchtende Spectrum und bewegt dasselbe hin und her, so wird man bemerken, dass jede Abtheilung in dem Theile des Spectrums, welches sie hervorgebracht hat, viel lebhafter erscheint als in jedem anderen Theile. <sup>1)</sup>

Dies beweist aber nur, dass diejenigen Strahlen am reichlichsten reflectirt werden, welche von derselben Brechbarkeit sind, wie jene, welche diese Wirkung hervorgebracht haben.

Die Identität der Farben ist bei den meisten der erhaltenen Spectrumbilder keine absolute. Dies ist aber nur zufällig und steht mit der Versuchsanordnung in innigem Zusammenhange.

Bei den Mischfarben, wie man selbige unter farbigen Gläsern erhält, kommen weit beträchtlichere Farben-

---

1) Becquerel, Annales de Chimie et de physique, III. Serie, T. 42, p. 97.



abweichungen zur Geltung. Hier erklärt sich diese Tatsache sehr leicht, indem die einfachen Farben auf das Silbersubchlorid nicht mit gleicher Kraft einwirken, weshalb hier stets jene Farbe vorherrschend zur Wirkung gelangen wird, welche die kräftiger wirkende ist. Dies erklärt die bereits von Nièpce de St. Victor betonte Tatsache, dass ein einfaches Grün als Grün abgebildet wird, während ein Grün, das durch Vermischen von Blau und Gelb erhalten wurde, Blau giebt.

Theorien zur Erklärung der Farbenbildung bei photochromischen Processen wurden von verschiedenen Seiten aufgestellt. Die ersten derselben gingen von der damaligen Ansicht aus, dass die Veränderung des Chlorsilbers im Lichte, welche von Scheele (1777) zuerst chemisch festgestellt wurde<sup>1)</sup>, auf einer Reduction beruhe. Man nahm aus diesem Grunde an, dass die Erscheinung der im gelben Lichte ausbleichenden dunklen Silberchlorürschicht auf einer Oxydation beruhe, wobei wieder gelbes Chlorsilber gebildet werde (Seebeck).

Manche Physiker versuchten das Zustandekommen der Farben bei den geschilderten Processen, welche auf der Verwendung von Chlorsilber beruhen, dadurch zu erklären, dass sie eine Entstehung der Farben nach dem Principe der „Farben dünner Blättchen“ in der Weise annahmen, dass von der grösseren oder geringeren Dicke der vom Lichte veränderten Oberflächenschicht die an den betreffenden Stellen wahrnehmbaren Färbungen abhängig sind. Dem Vorhandensein solcher dünnen Blättchen verdanken, wie allgemein bekannt ist, die Farben der Seifenblasen, sowie jene der Newton'schen Ringe, endlich auch jene Farben, welche man, wie Becquerel zuerst zeigte, durch galvanische Niederschläge auf polirten Metallflächen her-

1) Siehe Eder, Geschichte der Photographie (Bd. I, erste Abth. S. 27 des „Ausführl. Handb. d. Photogr.“).



vorbringen kann, ihre Entstehung. Die letztere Thatsache mag wohl auch dazu beigetragen haben, dass die Physiker sehr geneigt waren, die photochromischen Erscheinungen auf den Becquerel'schen Platten als blosse Färbungen von Metallflächen nach dem Principe der Farben dünner Blättchen zu erklären, wobei sie annahmen, dass bei längerer Dauer der Lichtwirkung die Dicke der veränderten Schicht wachsen müsste und dass deshalb die Farben wechseln müssten und zwar in derselben Reihenfolge, wie man dies bei den Newton'schen Ringen zu constatiren in die Lage kommt. Eine solche Veränderlichkeit ist aber bei den heliochromischen Bildern keinesfalls vorhanden, womit also eine Erklärung der Entstehung der Farben auf diesem Wege durchaus widerlegt erscheint!

Den richtigen Weg zur Lösung der Frage schlug W. Zenker ein, welcher es versuchte, auf rein physikalischem Wege das Entstehen der Farben bei den photochromischen Processen, die auf der Verwendung von Chlorsilber beruhen, zu erklären.<sup>1)</sup> Dass Zenker's Theorie die einzig richtige ist, wurde viel später durch die Experimente Dr. Wiener's<sup>2)</sup> und neuestens durch die ausgezeichneten Versuche Lippmann's erwiesen, welche letzteren Versuche uns der vollkommenen Lösung des Problems der Photographie in natürlichen Farben, um einen bedeutenden Schritt näher gebracht haben.

Zenker sagte: „Wenn man die Farben dieser photochromischen Platten (der Becquerel'schen Platten) wirklich nur für Farben dünner Blättchen, deren Färbung von der Dicke des veränderten Chlorsilberhäutchens abhinge, ansehen dürfte, so wäre das Gelingen des Bildes in den richtigen Farben nur ein Zeichen der Sorgfalt, mit der der Experimentator den richtigen Zeitpunkt wahrgenommen hatte, denn vorher wie nachher mussten die Farben sich ändern.“

1) W. Zenker, Lehrbuch der Photochromie, Berlin 1868.

2) Siehe weiter unten.



„Anders läge die Sache, wenn sich nachweisen liesse, dass die unter verschiedenen Farben entstehenden dünnen Blättchen für jede Farbe eine bestimmte Dicke von Anfang an haben und immer behalten müssen, eine Dicke, die für jede Farbe eine ihrer Wellenlänge entsprechende wäre. Alsdann würden die entstehenden Farben constant sein müssen, aber es würde weniger darauf ankommen, die Farben des Bildes für Farben dünner Blättchen zu erklären, als vielmehr nachzuweisen, auf welchem Wege diesen dünnen Blättchen ihre constante Dicke gegeben wurde.“

Zenker gab also der Frage eine andere Gestalt. Er sagte nicht mehr „wie entstehen die identischen Farben“, sondern „wie entstehen Blättchen von der der Wellenlänge jeder einzelnen Farbe entsprechenden Dicke?“ und beantwortete diese Frage in einer Weise, die genügt, alle Erscheinungen, welche bei den Versuchen Becquerel's, Nièpce's und Poitevin's, sowie ihrer Nachfolger auftraten, zu erklären.

Ich will deshalb die von Zenker aufgestellte Theorie hier einer eingehenderen Besprechung unterziehen, was um so mehr Berechtigung hat, als diese Theorie ja die Grundlage desjenigen Verfahrens bildet, welches heute die grössten Chancen hat, zu practischen Erfolgen zu führen, ich meine das photochromische Verfahren des Franzosen Lippmann.

Nach der heute allgemein als giltig angenommenen „Undulationstheorie“ findet sich überall im Raume ein unendlich feiner imponderabler Stoff, den wir mit dem Namen „Lichtäther“ bezeichnen. Durch einen leuchtenden Körper werden nun die einzelnen Aethertheilchen in Schwingungen versetzt, welche Schwingungen sich mit grosser Geschwindigkeit (300000 km in der Secunde)<sup>1)</sup>

1) Nach Michelson (1879) beträgt die Geschwindigkeit des Lichtes 299 820 km.



fortpflanzen. Die Lichtstrahlen selbst bestehen also aus sehr kleinen Wellen, welche mit ungemein grosser Geschwindigkeit den Lichtäther durcheilen und in unserem Auge, indem sie die lichtempfindliche Netzhaut desselben treffen, die Empfindung des Lichtes hervorrufen.

Die einzelnen Lichtätherwellen haben eine gewisse Aehnlichkeit mit den Wellen, welche sich auf der Oberfläche eines stillstehenden Gewässers bilden. Wie bei diesen die einzelnen Wassertheilchen auf und ab vibriren und ihre gegenseitige Lage in jedem Augenblicke eine Wellenlinie darstellt, so entstehen auch die Wellen des Lichtäthers durch einfaches Hin- und Hervibriren der einzelnen Aethertheilchen. Die Lichtwellen werden in analoger Weise, wie dies bei den Wasserwellen der Fall ist, wenn sie auf eine Wand anprallen, von einer spiegelnden Fläche zurückgeworfen und schreiten sodann ebenso wie diese nach einer anderen bestimmten Richtung fort. Freilich ist der Vergleich kein ganz zutreffender, wenn man bedenkt, dass die Wassertheilchen dem Gesetze der Schwere unterworfen sind und daher nur in einer durch diese bedingten Richtung zu schwingen vermögen, während bei den Aethertheilchen, welche sich im ganzen weiten Weltraume vorfinden und imponderabel sind, das Vibriren nicht nur in einer einzigen Ebene, sondern in allen Ebenen, welche sich durch die Richtung eines Lichtstrahles legen lassen, stattfindet. Die Grösse dieser Vibrationen selbst ist im Vergleiche zur Länge der Lichtwellen eine verschwindend kleine.

Wenn man einen weissen Lichtstrahl ein dreiseitig geschliffenes Glasprisma passiren lässt, bemerkt man im austretenden Lichte eine Anzahl von farbigen Strahlen, welche, auf einer weissen Fläche aufgefangen, ein farbiges Band darstellen, in welchem die Farben in einer gewissen Reihenfolge angeordnet erscheinen: Roth, Orange, Gelb, Grün, Grünblau, Indigoblau, Violett. Wir nennen dieses



farbige Band das Spectrum. Je mehr man die weisse Fläche dem Prisma nähert, desto undeutlicher werden die Farben, bis dieselben endlich, wenn man mit der Fläche ganz nahe an das Prisma heranrückt, in Weiss übergehen; umgekehrt treten die Farben, je weiter man die weisse Fläche vom Prisma entfernt, desto deutlicher hervor. Aus diesem Verhalten kann man den Schluss ziehen, dass der weisse Sonnenstrahl durch das Prisma in eine Anzahl farbiger Strahlen zerlegt wurde, welche dadurch, dass dieselben verschieden stark von der Richtung des weissen Strahles abgelenkt erscheinen, dem Auge sichtbar werden, während sie miteinander vereinigt, den Eindruck des „Weiss“ auf das Sehorgan hervorbringen.

Worin liegt aber der Unterschied in der Farbe der einzelnen Lichtstrahlen, wie selbe durch Zerlegung des weissen Lichtes mit Hilfe eines Glasprismas erhalten werden?

Betrachten wir die den einzelnen farbigen Strahlen des Spectrums entsprechenden Lichtwellen etwas näher, so werden wir finden, dass die zwar an und für sich ausserordentlich kleinen Wellenlängen für die verschiedenen Farben dennoch verschieden sind. Die nebenstehende Tabelle (S. 13) giebt die Wellenlängen und die Anzahl der Schwingungen pro Secunde für die verschiedenen farbigen Lichtstrahlen.

Wie aus dieser Tabelle ersichtlich ist, wächst die Schwingungsgeschwindigkeit vom Roth gegen das Violett, während die Wellenlängen abnehmen. Damit steht auch, wie uns eine einfache Betrachtung des Spectrums zeigt, die Brechbarkeit der einzelnen farbigen Strahlen in innigem Zusammenhange. Wenn ein weisser Lichtstrahl ein Prisma passirt, werden alle farbigen Componenten-Strahlen von der Richtung des ursprünglichen Strahles abgelenkt, die geringste Ablenkung erfahren hierbei die Strahlen von grosser Wellenlänge und geringer Geschwindigkeit; die Ablenkung wächst mit der Geschwindigkeit und der



Wellenlänge des Lichtes  
ausgedrückt in  $\mu\mu$  (= Milliontel Millimeter) für die wichtigsten  
Fraunhofer'schen Linien im Sonnenspectrum.

Farbe	Wellenlänge	Entsprechendes Element	Schwingungszahl in Billionen	Farbe	Wellenlänge	Entsprechendes Element	Schwingungszahl in Billionen
Infraroth	Grenze bei etwa 2700,00	—	111	Violett	<i>h</i> 410,184	<i>H</i>	731
	<i>Y</i> { 899,04	—	334		<i>H</i> 396,861	<i>Ca</i>	760
	{ 898,65	—	334		<i>K</i> 393,386	<i>Ca</i>	763
	<i>XVI</i> 880,61	—	341		<i>L</i> 382,056	<i>Fe</i>	785
	<i>XIII</i> 866,14	—	346		<i>M</i> { 372,778	<i>Fe</i>	805
	<i>XII</i> 854,18	—	351		{ 372,713	<i>Fe</i>	
	<i>XI</i> 849,70	—	353		<i>N</i> 358,132	<i>Fe</i>	838
	<i>Z</i> 822,64	—	365		<i>O</i> { 344,107	<i>Fe</i>	872
	Roth	<i>A</i> 759,397	—		395	{ 344,069	
		<i>B</i> 686,738	0?		437	<i>P</i> 336,130	<i>Ca</i>
Grenze des Orange	<i>C</i> 656,296	<i>H</i>	457	Ultra-Violett	<i>Q</i> 328,687	<i>Fe</i>	913
Gelb	<i>D</i> <sub>1</sub> 589,608	<i>Na</i>	509		<i>R</i> 318,030	<i>Fe</i>	943
	<i>D</i> <sub>2</sub> 589,013				<i>S</i> { 310,077	<i>Fe</i>	968
Grün	<i>E</i> { 527,043	<i>Fe</i>	569		{ 310,038	<i>Fe</i>	
	{ 526,965	<i>Fe</i>			<i>T</i> { 302,115	<i>Fe</i>	
Cyanblau	<i>b</i> <sub>1</sub> 518,373	<i>Mg</i>	579		{ 302,070	<i>Fe</i>	
	<i>F</i> 486,143	<i>H</i>	617		<i>U</i> { 294,800	<i>Fe</i>	1018
Indigo	<i>G</i> 430,796	<i>Fe</i>	696			{ 294,777	

Abnahme der Wellenlänge vom rothen gegen das violette Ende des Spectrums. Die Grenze des sichtbaren Theiles des Spectrums befindet sich bei einer Wellenlänge von  $\lambda = 396$ ; darüber hinaus sind die Strahlen nicht mehr sichtbar. Man nennt diesen letzteren für unser Auge nicht mehr wahrnehmbaren Theil des Spectrums das Ultraviolett.

Setzt man in einem geeigneten Apparate eine photographische Platte der Wirkung des Sonnenspectrums aus, so wird man bemerken, dass das Maximum der Lichtwirkung im ultravioletten Theile liegt, während die Wirkung



nach dem rothen Ende des Spectrums zu rasch abnimmt, die chemische (photographische) Wirkung der Lichtstrahlen nimmt also mit der Geschwindigkeit der Lichtäther-schwingungen zu.

Aus der geschilderten Wellenbewegung des Lichtes lassen sich noch eine Reihe von Erscheinungen erklären, so unter Anderem auch diese, dass dünne Krystallplättchen, Seifenblasen etc. unter Umständen prächtige Farben-erscheinungen zeigen, ferner die Erscheinung, welche sich zeigt, wenn ein schwach convex geschliffenes Glas auf ein planes gepresst wird, wobei verschiedenfarbige Ringe,

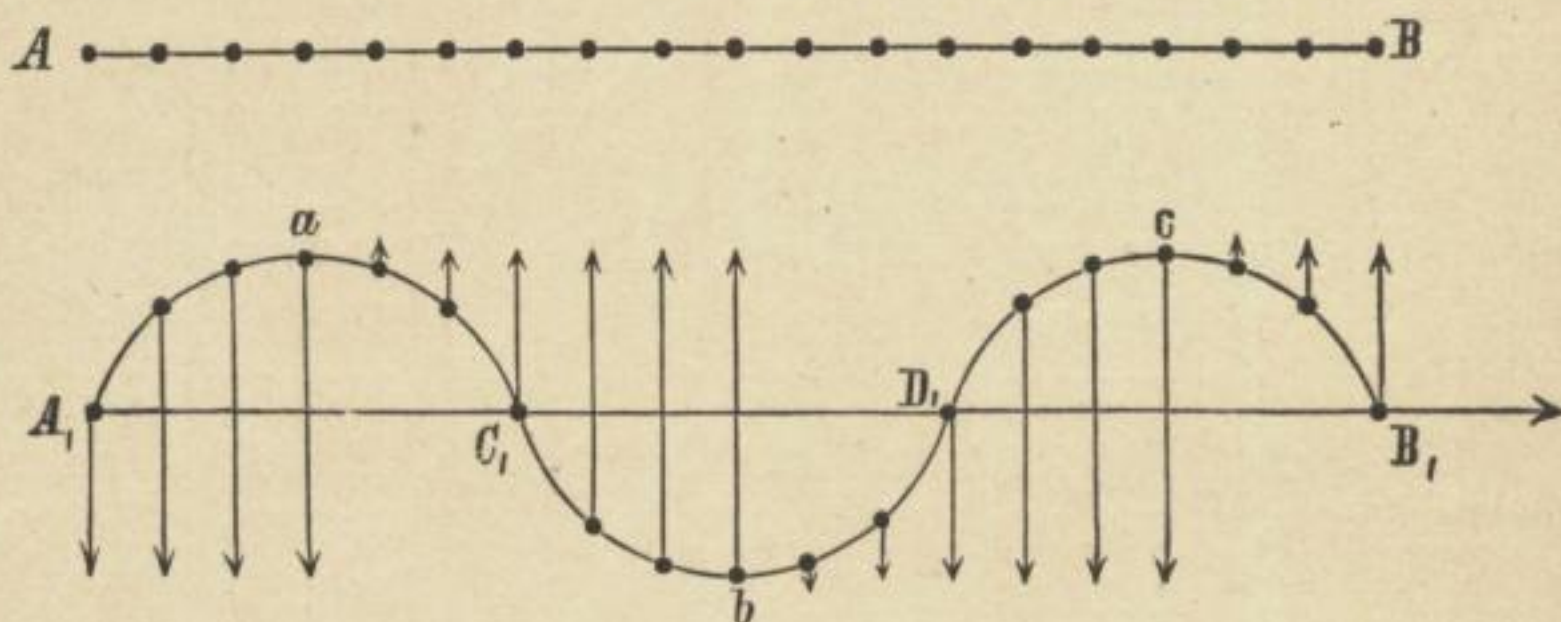


Fig. 1.

$A_1 B_1$  = Gleichgewichtslage, Fortpflanzungsrichtung.  
 $A_1 C_1$  = Wellenberg.  $C_1 D_1$  = Wellenthal.  
 $A_1 D_1$  = ganze Wellenlänge,  $A_1 C_1 = a b$  = halbe Wellenlänge.  
 Der Abstand der Theilchen  $a, b, c$  von  $A_1 B_1$  = Amplitude.

welche wir mit dem Namen der „Newton'schen Farbenringe“ bezeichnen, auftreten. Da Zenker mit Hilfe dieser Erscheinungen der Interferenzphänomene die Entstehung der Farben auf Becquerel's Platten zu erklären suchte, wollen wir auf das Zustandekommen derselben hier etwas näher eingehen.

Bei jedem Lichtstrahle schwingen die einzelnen Aethertheilchen immer an derselben Stelle, in derselben Ebene, nur ihre Lage zu einander, die wellenförmige Anordnung, ändert sich. Die fortschreitenden Lichtwellen sind nun dadurch gekennzeichnet, dass alle Aethertheilchen in der Richtung eines Strahles die gleiche Bewegung



durchmachen (siehe Fig. 1), was in der Weise geschieht, dass die einzelnen Aethertheilchen zu verschiedenen Zeiten ihre Gleichgewichtslage passiren und sich demzufolge auch zu verschiedenen Zeiten an den einzelnen Punkten ihrer Bahn, z. B. an der Spitze eines Wellenberges oder -Thales, befinden müssen (Fig. 2).

Wenn wir uns nun die Frage stellen: wie wirken solche Lichtwellen auf einander ein und welcher Art wird das Ergebniss dieser Einwirkung (Interferenz) sein?, so ergiebt sich die Antwort aus der Betrachtung solcher Wellenzüge, wobei wir vorläufig nur einfarbiges Licht ins Auge fassen wollen.

Angenommen, die beiden Wellenzüge hätten die gleiche Richtung, so können dieselben dann derart auf

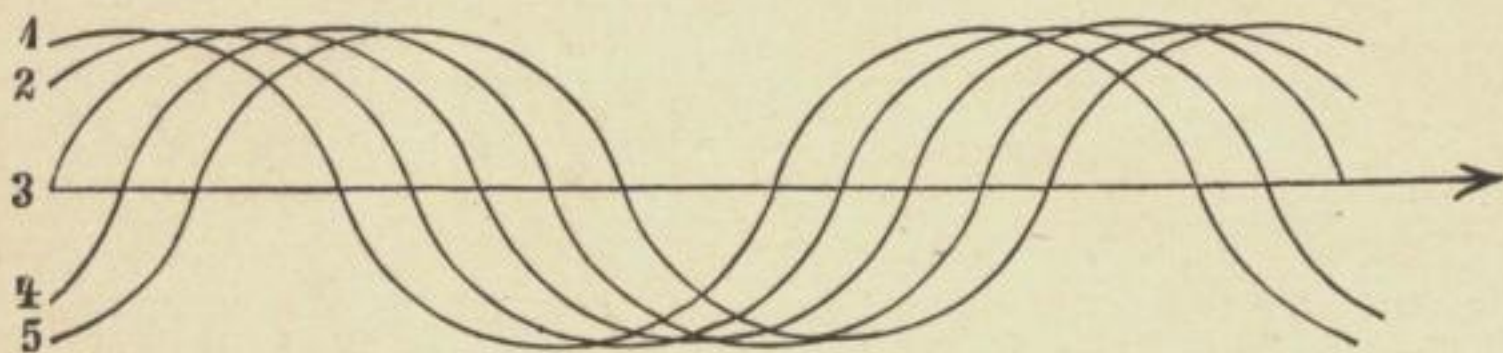


Fig. 2.

einander treffen, dass Wellenberg auf Wellenberg und Wellenthal auf Wellenthal fällt; die Wellenzüge haben dann entweder gar keinen Gangunterschied (Fig. 3, I und II), oder einen solchen von einer geraden Anzahl von halben Wellenlängen (Fig. 3, I und III oder I und IV). In diesen Fällen stimmen die Wellenzüge in ihren Phasezuständen überein, sie addiren sich in ihrer Wirkung, es muss also eine Verstärkung der Lichtwirkung eintreten und zwar ist der resultirende Lichteffect gleich der Summe der Lichtwirkung der beiden Wellenzüge.

Stossen jedoch die beiden Wellenzüge derart aufeinander, dass Wellenberg auf Wellenthal und Wellenthal auf Wellenberg fällt (Fig. 3, No. V und VI oder V und VII), dann stimmen sie in ihren Phasezuständen nicht überein,







zu verlassen (Schwingungsknoten — Ruhepunkte), während die zwischen denselben befindlichen Aethertheilchen alle gleichzeitig pendelartig in dieselbe zurückschwingen und ihren Weg in entgegengesetzter Richtung fortsetzen. Die Kraft, welche ein Theilchen durch das Zurückschwingen gewinnt, und damit auch die Amplitude, wird um so grösser sein, je grösser der Weg zur Ruhelage ist.

Die Amplitude und Intensität der Bewegung wird daher am grössten in der Mitte zwischen zwei Schwingungsknoten sein und gegen dieselben hin abnehmen (Fig. 4), die zwischen zwei Knotenpunkten befindliche Strecke heisst „stehende Welle“.

*Handwritten note:*  
 Ist nicht richtig  
 das ist nicht die  
 gelbe Mantele,  
 ob flapsud oben

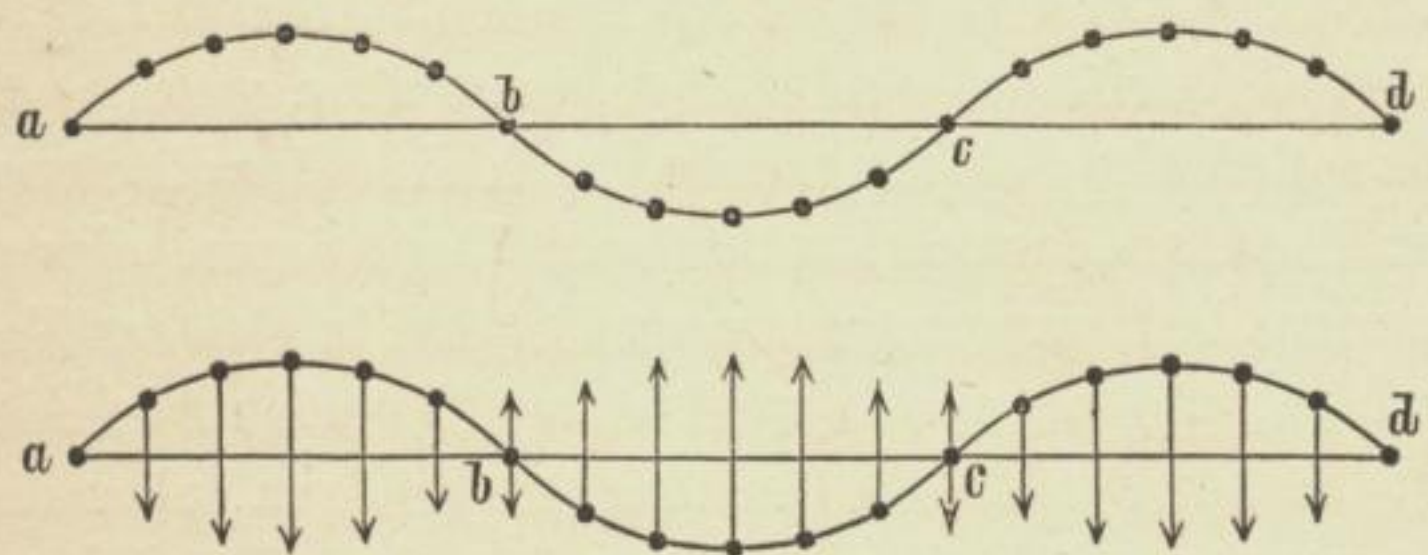


Fig. 4.

An den Ruhepunkten *a, b, c, d* beträgt der Wegunterschied des kommenden und des reflectirten Strahles eine ungerade Zahl halber Wellenlängen. Für die dort liegenden Aethertheilchen ist der Antrieb nach der einen Seite ebenso gross wie der Antrieb nach der anderen Seite und sind diese Punkte je eine halbe Wellenlänge voneinander entfernt. Kennen wir daher die Lage eines dieser Punkte, so finden wir leicht jene der anderen Ruhepunkte und erhalten in der Weise ein System von Ruhepunkten, zwischen denen die Schwingungen der Aethertheilchen gleichmässig lebhaft vor sich gehen; am stärksten sind diese Schwingungen in der Mitte zwischen zwei Knotenpunkten, denn hier sind beide von den Wellensystemen ausgeübte Impulse stets im gleichen Sinne gerichtet. Die Wirkungen müssen



sich daher addiren, wie die dort viel höher ansteigenden Wellenlinien beweisen. Diese Punkte grösster Oscillation, welche wir Maximumpunkte nennen wollen, haben natürlich untereinander Abstände von einer halben Wellenlänge.

Die chemische Wirkung der einzelnen farbigen Lichtstrahlen ist, wie bereits erwähnt wurde, abhängig von ihrer Wellenlänge, resp. von der Schwingungsdauer. Sie nimmt gegen das violette Ende des Spectrums hin zu und ist am geringsten im rothen Theile. Wenn man nun berücksichtigt, dass alle farbigen Strahlen des Spectrums chemisch wirksam sind, so werden dieselben, wenn deren Wellen in einen lichtempfindlichen Körper eindringen, bei gleicher Intensität in gleicher Weise wirken müssen. Jeder Strahl, von welcher Wellenlänge er sein möge, muss aber, wenn er eine lichtempfindliche Schicht passirt, nach einander die sämtlichen Theilchen, welche auf seinem Wege liegen, eins wie das andere, in Bewegung setzen und hierbei in gleicher Weise verändern. So kann also wohl eine allgemeine Nachdunklung, Färbung oder ein Ausbleichen erfolgen, aber diese Wirkung muss bei allen farbigen Strahlen dieselbe sein. Eine Unterscheidung der Farben ist hierbei undenkbar.

Die Sachlage verändert sich aber sofort, wenn den eintretenden Strahlen auch wieder austretende von derselben Art entgegenkommen, d. h. wenn wir den Umstand ins Auge fassen, dass bei allen photographischen Processen die kommenden Strahlen auch wieder reflectirt werden. In diesem Falle begegnen sich also zwei Wellensysteme gleicher Art und es tritt die Bildung von stehenden Wellen auf.

Die Entstehung der Farben in der Silberchlorürschicht erklärt nun Zenker, auf Grund der Bildung stehender Wellen in der lichtempfindlichen Schicht infolge Reflexion der Unterlage, in folgender Weise: Die chemische Einwirkung der farbigen Strahlen findet vorerst dort statt, wo das Maximum der Bewegung vorhanden ist, also in den Maximumpunkten, von denen sie nach beiden Seiten hin sich aus-



breitet, während in den Ruhepunkten der stehenden Wellen gar keine Veränderung des Silberchlorüres eintritt. Zenker nimmt an, dass der bei Veränderung des Silberchlorüres auf den Becquerel'schen Platten, Poitevin'schen Papierbildern etc. unter dem Einflusse des farbigen Lichtes ausgeschiedene Körper jedenfalls kräftig reflectirt und ist es natürlich, dass in diesem Falle die glänzenden Theilchen in einem Systeme von Ebenen ausgeschieden werden, deren Abstand von einander einer halben Wellenlänge des jeweilig einwirkenden farbigen Lichtstrahles entspricht.

Wie soll nun aber die Verschiedenheit in der Lagerung der ausgeschiedenen glänzenden Partikelchen bewirken, dass die verschiedenen Theile des Bildes farbig erscheinen, und zwar immer in jenen Farben, von denen sie zuvor belichtet wurden?

Dies erfolgt nothwendig, wenn das Bild von weissem Lichte bestrahlt wird und beruht auf demselben Vorgange, wie das Erscheinen der Farben dünner Blättchen.

Betrachten wir zu dem Behufe Strahlen von identischer Wellenlänge. Indem dieselben von allen Schichten dieser Silberpünktchen her zurückgeworfen werden, beträgt der Gangunterschied der Strahlen, die von zwei aufeinanderfolgenden spiegelnden Punktschichten reflectirt werden, zwei halbe Wellenlängen. Sie werden also, nachdem sie das System der Punktschichten verlassen haben und dem Auge zueilen, den Aethertheilchen übereinstimmende Impulse geben. Solche Strahlen addiren, wie erwähnt, ihre Wirkungen und werden daher die Farbe von der betreffenden Wellenlänge kräftig zum Ausdrucke bringen.

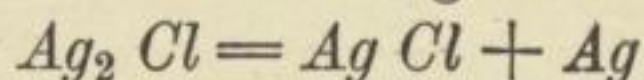
Für die übrigen Strahlen des weissen Lichtes, welche eine grössere oder kleinere Wellenlänge haben, wird der Gangunterschied der von zwei aufeinander folgenden Punktschichten reflectirten Strahlen grösser oder kleiner sein als eine Wellenlänge des identischen Strahles, sie werden daher nicht in übereinstimmenden Phasen zurückkehren.



Wo die einen schon emporsteigen, steigen die anderen noch herab; solche Strahlen schwächen einander und werden sich, wenn die Anzahl der reflectirenden Schichten und damit die Phasendifferenz der einzelnen Strahlen nur gross genug ist, sogar völlig auslöschen. Es bleiben also von sämtlichen Farbenstrahlen des weissen Lichtes nur jene übrig, deren Wellenlänge mit der jener Strahlen übereinstimmt, welche die Punktschicht erzeugt haben. — Man wird also überall die identische Farbe sehen.

Dass die Farben, welche mit Hilfe von Silberchlorür erhalten werden, am Lichte nicht haltbar sein können, geht aus dem Gesagten wohl klar hervor, da neben den veränderten, die Lamellen darstellenden Partikelchen, noch Silberchlorür vorhanden ist, welches sich am weissen Lichte schwärzt und dadurch das farbige Bild vernichtet.

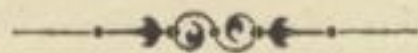
Eine Fixage, wie sie bei gewöhnlichen photographischen Bildern üblich ist, gelingt bei diesen Bildern aus dem Grunde nicht, weil das Silberchlorür beim Behandeln mit Fixirnatron in Silberchlorid und metallisches Silber zerfällt nach der Gleichung



und nur das Silberchlorid gelöst wird, während das ausgeschiedene Silber die gesammte Schicht unregelmässig durchsetzt. Es verschwindet das Bild daher beim Fixiren, und es hinterbleibt nur eine allgemeine Trübung des Mediums.

Die Existenz der stehenden Lichtwellen wurde, obwohl durch die Theorie längst sicher gestellt, erst neuester Zeit durch die vorzügliche Arbeit von Dr. Wiener in Strassburg<sup>1)</sup> auf experimentellem Wege bewiesen, indem derselbe die abwechselnden Ruhe- und Maximumpunkte auf photographischem Wege direct aufgenommen hat, freilich ohne auf die Wiedergabe der Farben Rücksicht zu nehmen.

1) Wiedemann's Annal. d. Physik u. Chem. Bd. XL, 1890, S. 203.







### III. Capitel.

#### Gabriel Lippmann's Verfahren zur Herstellung von vollkommen fixirten Photochromien.

Im Februar 1891 ging die Nachricht durch alle Tagesblätter, dass es dem französischen Physiker Professor Dr. Gabriel Lippmann in Paris gelungen sei, das Spectrum photographisch in seinen natürlichen Farben dauernd und haltbar abzubilden. Der Bericht Lippmann's<sup>1)</sup> über seine Erfindung an die Pariser Academie der Wissenschaften vom 2. Februar 1891 lautet wie folgend:

„Ich habe mir die Aufgabe gestellt, auf einer photographischen Platte das Bild des Spectrums mit seinen Farben zu erhalten und zwar derart, dass dieses Bild fixirt bleibt und ohne eine Veränderung zu erleiden, dem Tageslichte ausgesetzt werden kann.“

„Ich konnte diese Aufgabe lösen, indem ich mit solchen lichtempfindlichen Substanzen, Entwicklern und Fixirmitteln arbeitete, wie selbe in der Photographie üblich sind und indem ich einfach die physikalischen Bedingungen des Verfahrens änderte. Die wesentlichen Bedingungen, um die Farben in der Photographie zu erhalten, sind der Zahl nach zwei: 1. Continuität der lichtempfindlichen Schicht und 2. Vorhandensein einer reflectirenden Fläche im Contacte mit dieser Schicht.“

„Ich verstehe unter Continuität die Abwesenheit von Korn: es ist nöthig, dass das Jodsilber, Bromsilber etc.

---

1) Compt. rend. de l'Academie des Sciences 5. ser., pag. 274 suiv.



im Inneren einer Schicht von Albumin, Gelatine oder irgend einer anderen durchsichtigen und indifferenten Materie vertheilt sei, in gleichmässiger Weise und ohne Körner zu bilden, die, wenn auch nur im Mikroskope, sichtbar wären; sind Körner vorhanden, so müssen dieselben von so geringen Dimensionen sein, dass diese im Vergleiche zur Länge einer Lichtwelle vernachlässigt werden können.“

„Die Anwendung von grobkörnigen Emulsionen, wie solche heute gebräuchlich sind, ist daher ausgeschlossen. Eine continuirliche Schicht ist durchsichtig bis auf eine gewöhnlich vorhandene leichte bläuliche Opalescenz. Ich habe als Träger das Albumin, das Collodium und die Gelatine verwendet, als lichtempfindliche Stoffe Jodsilber und Bromsilber, alle diese Combinationen geben gute Resultate.“

„Die trockene Platte ruht auf einem hohlen Rahmen, in den man Quecksilber giesst; dieses Quecksilber bildet eine reflectirende Oberfläche unmittelbar an der lichtempfindlichen Schicht.“

„Die Belichtung, die Entwicklung, die Fixirung wird gemacht, wie wenn man ein schwarzes Negativ des Spectrums erhalten wollte, aber das Resultat ist ein anderes: wenn nämlich die Platte fertig gestellt und getrocknet ist, erscheinen die Farben.“

„Die erhaltene Platte ist negativ in der Durchsicht, d. h. jede Farbe ist durch ihre Complementärfarbe dargestellt. Im auffallenden Lichte ist sie positiv und man sieht die Originalfarbe, die man sehr brillant erhalten kann. Um also ein Positiv zu erhalten, muss man das Bild derart entwickeln und sogar verstärken, dass der photographische Niederschlag eine helle Farbe bekommt, was man, wie bekannt, durch Anwendung von sauren Flüssigkeiten erzielt.“

„Man fixirt mit unterschwefligsaurem Natron und wäscht sorgfältig; ich habe beobachtet, dass dann die Farben dem stärksten elektrischen Lichte widerstehen.“



„Die Theorie des Verfahrens ist sehr einfach: das einfallende Licht, welches das Bild in der Camera erzeugt, interferirt mit dem vom Quecksilber reflectirten Lichte. Es bildet sich in Folge dessen im Inneren der lichtempfindlichen Schicht ein System von Fransen, nämlich leuchtende Maxima und dunkle Minima. Die Maxima allein wirken auf die Schicht; in Folge der photographischen Operationen bleiben diese Maxima durch mehr oder weniger reflectirende Silberniederschläge, welche deren Platz einnehmen, bezeichnet. Die empfindliche Schicht wird durch diese Niederschläge in eine Reihe von dünnsten Lamellen zerlegt, die zur Dicke den Zwischenraum haben, der zwei Maxima trennte. Diese dünnsten Plättchen haben also genau die nothwendige Dicke, um im auffallenden Lichte die einfallende Farbe wiederzugeben.“

„Die auf der Platte sichtbaren Farben sind also von derselben Art wie jene der Seifenblasen, sie sind nur viel reiner und brillanter, namentlich dann, wenn die photographischen Operationen einen gut reflectirenden Niederschlag ergeben haben. Das kommt daher, dass sich in der Dicke der lichtempfindlichen Schicht eine grosse Anzahl von dünnsten übereinanderliegenden Blättchen bildet, ungefähr 200, wenn die Schicht  $\frac{1}{20}$  mm Dicke hat. Aus denselben Gründen ist auch die Farbe um so reiner, je grösser die Zahl der reflectirenden Schichten ist. Diese Schichten bilden in der That eine Art von Gitter nach der Tiefe und aus demselben Grunde, wie in der Theorie der Gitter im auffallenden Lichte, nimmt die Reinheit der Farben mit der Zahl der spiegelnden Elemente zu.“

---

Die gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatten des Handels eignen sich, wie bereits erwähnt wurde, nicht für die Durchführung des Lippmann'schen Verfahrens. Betrachtet man eine solche Platte unter dem Mikroskope, so



wird man leicht die einzelnen Körnchen Bromsilber, wie selbe in der Gelatine vertheilt sind, zu erkennen vermögen.<sup>1)</sup> Diese Platten entsprechen also nicht der einen Grundbedingung zum Gelingen des Verfahrens, nämlich: Continuität der Schicht. Aus demselben Grunde sind das nasse Verfahren und die Bromsilbercollodion-Emulsionen des Handels zur Herstellung Lippmann'scher Photochromien nicht brauchbar. Lippmann verwendete deshalb zu diesem Zwecke Platten, welche er mit Hilfe eines alten photographischen Verfahrens, das von Taupenot vor beiläufig 40 Jahren zuerst beschrieben wurde, erhielt. Dieses Verfahren besteht darin, dass man eine Glasplatte mit Collodion überzieht, welches im Silbernitratbade empfindlich gemacht wird, dann wird die Platte ab gespült, mit gewöhnlichem jodirten Eiweiss überzogen und trocknen gelassen. Die trockenen Platten erhalten einige Tage vor dem Gebrauche ein neues Silberbad, wodurch sie erst ihre nunmehr genügende Empfindlichkeit erlangen.

Diese Trockenplatten sind sehr feinkörnig, aber gegenüber unseren gewöhnlichen Trockenplatten sehr unempfindlich.

Lippmann benutzte daher später an Stelle des Jodsilbers, Bromsilber. Er verwendete<sup>2)</sup> statt des jodirten Eiweisses eine Albuminlösung, welches  $\frac{1}{2}$  —  $\frac{2}{3}$  Proc. Brom-

1) Bei normalen Bromsilbergelatine-Negativen, wie sie die Trockenplatten des Handels ergeben, beträgt die Korngrösse 0,003 bis 0,004 mm, während die Lippmann'sche Theorie verlangt, dass, wenn z. B. Blau wiedergegeben werden soll, die Korngrösse gegenüber der Wellenlänge der blauen Lichtstrahlen (0,000486 — 0,000430 mm) verschwindend klein sein soll. Es kann also selbst jene Emulsion, welche man erhält, wenn Bromsilber bei Gegenwart von sehr viel Leim gefällt wird und welche nach den Messungen von Eder (Phot. Corresp. 1880, S. 310) Silberausscheidungen von 0,0008 — 0,0015 mm giebt, nicht zur Wiedergabe der Farben benutzt werden.

2) Siehe Eder's Jahrb. f. Photogr. f. 1893.



kalium enthielt und badete die trockenen Platten während zwei Minuten in einem Silberbade bestehend aus:

Wasser . . . . .	100 Theile,
Silbernitrat . . . . .	10 „
Eisessig . . . . .	10 „

Auch diese Platten sind nicht sehr empfindlich und zeigen dabei wie alle photographischen Platten das Maximum ihrer Empfindlichkeit im Blau, während sie sich für die gelben und noch mehr für die orangeröthen Strahlen unempfindlich erweisen. Um dieselben für die genannten Strahlen empfindlich zu machen, werden sie vor dem Gebrauche in einer wässerigen Cyaninlösung (1 : 25 000) kurze Zeit gebadet.<sup>1)</sup>

Was den zweiten Punkt, nämlich die Anbringung einer spiegelnden Fläche hinter der empfindlichen Schicht anbelangt, so versuchte es Lippmann zuerst, eine versilberte Glasplatte zu verwenden und die empfindliche Schicht auf die spiegelnde Silberfläche direct aufzutragen.

Der Versuch missglückte, da die leicht verletzbare dünne Silberschicht bei der Präparation der Platten vom freien Jod angegriffen wurde. Der genannte Forscher kam nun auf die geniale Idee, die empfindliche Schicht seiner Platten dadurch mit einer reflectirenden Fläche zu hinterkleiden, dass er die Platten auf einer Quecksilberschicht aufliegen liess.

Die Cassette, deren sich Lippmann hierzu bediente, ist in Fig. 5 (1) dargestellt; *G* bedeutet die sensibilisirte Platte, aufgestellt vor einer Schicht Quecksilber, Fig. 5 (2) ist eine Skizze des Spectrums in natürlicher Grösse. *M* bedeutet das Quecksilber, *C* ein hufeisenförmiges Stück Kautschuk. Die rückwärtige Tafel dient nur, um das Behältniss abzuschliessen. Fig. 6 ist eine schematische Zeichnung und zeigt links das Quecksilber (mercure),

1) Siehe „Farbensensibilisatoren“, Seite 55.



rechts das Glas (verre), dazwischen die sehr vergrößerte empfindliche Schicht, ideal in Theile zerlegt. Die Lichtwellen, welche von dem Quecksilberspiegel zurückgeworfen

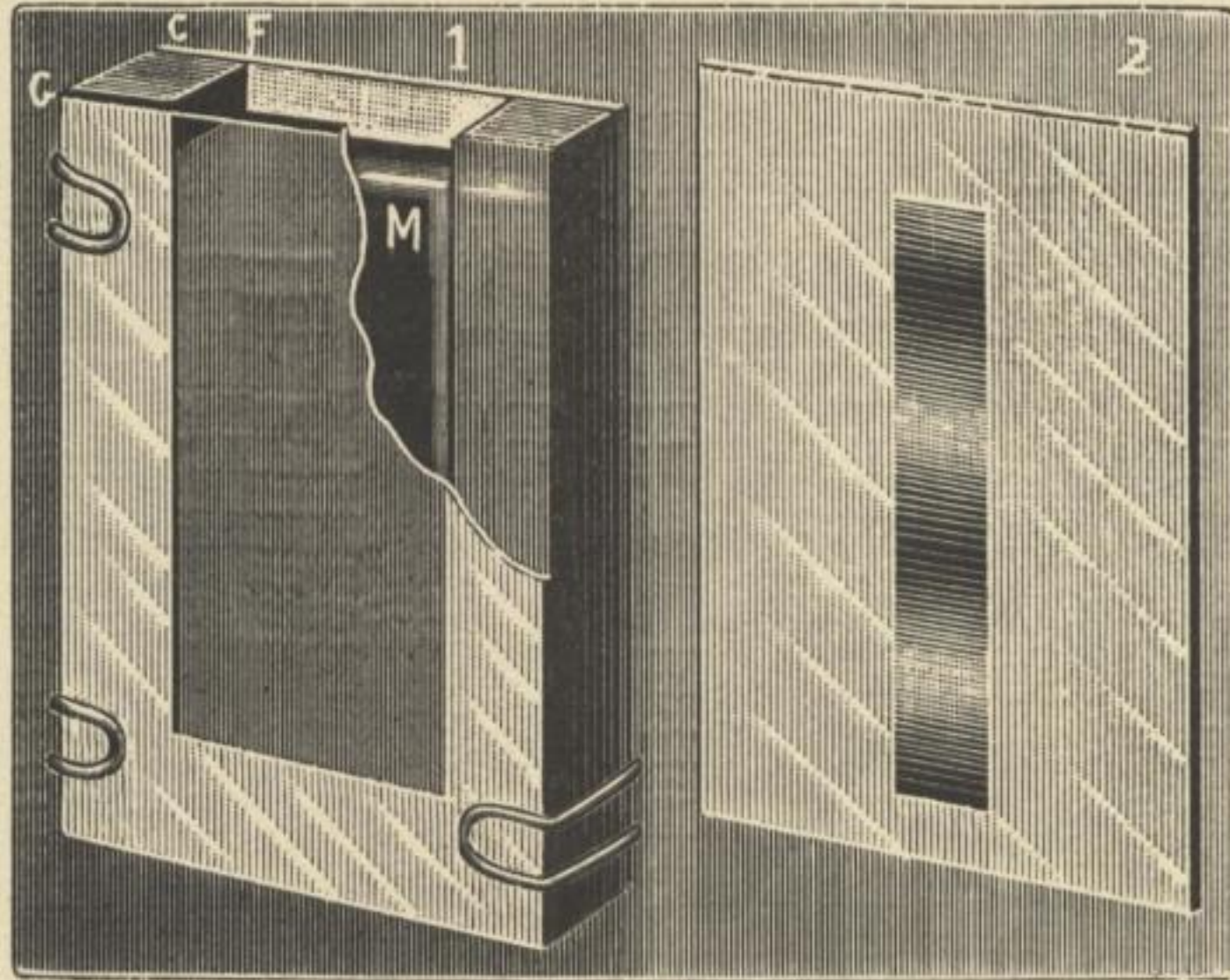


Fig. 5.

werden, durchschneiden sich in kürzeren oder längeren Zwischenräumen, je nach ihrer Länge und heben sich an diesen Punkten auf.

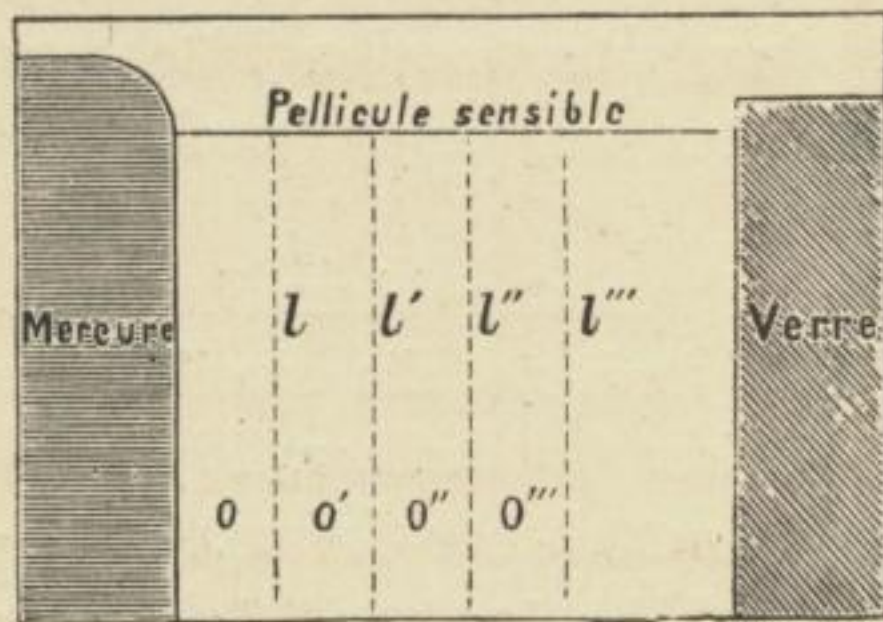


Fig. 6.

bezweckt und der Camera *C*, welche das photographische Objectiv *O* und die Cassette *E* mit der empfindlichen Platte enthält.

Die Anordnung des Spectralapparates sammt Camera ist aus Fig. 7 ersichtlich.<sup>1)</sup>

Dieselbe bestand aus der Bogenlampe *L*, dem beweglichen Spalt *F*, der Linse *A*, dem Prisma à vision directe *P*, welches die Zerlegung des Lichtes

1) A. Berget, Photographie des couleurs. Paris 1891, S. 43.



Wichtig für das gute Gelingen des Versuches ist die genaue Einhaltung der richtigen Expositionszeit; um zu jeder Zeit eine gleiche Lichtquelle zu haben, benutzte Lippmann daher statt des Sonnenlichtes eine elektrische Bogenlampe von 800 Kerzen Helligkeit.<sup>1)</sup>

Was die Entwicklung der Platten anbelangt, so verwendete Lippmann hierfür sowohl saure als alkalische Entwickler. Der erstere besteht aus einer 1 procentigen Pyrogalllösung und ist es nach den Angaben Lippmann's vortheilhaft, mit diesem Entwickler die Hervorrufung ein-

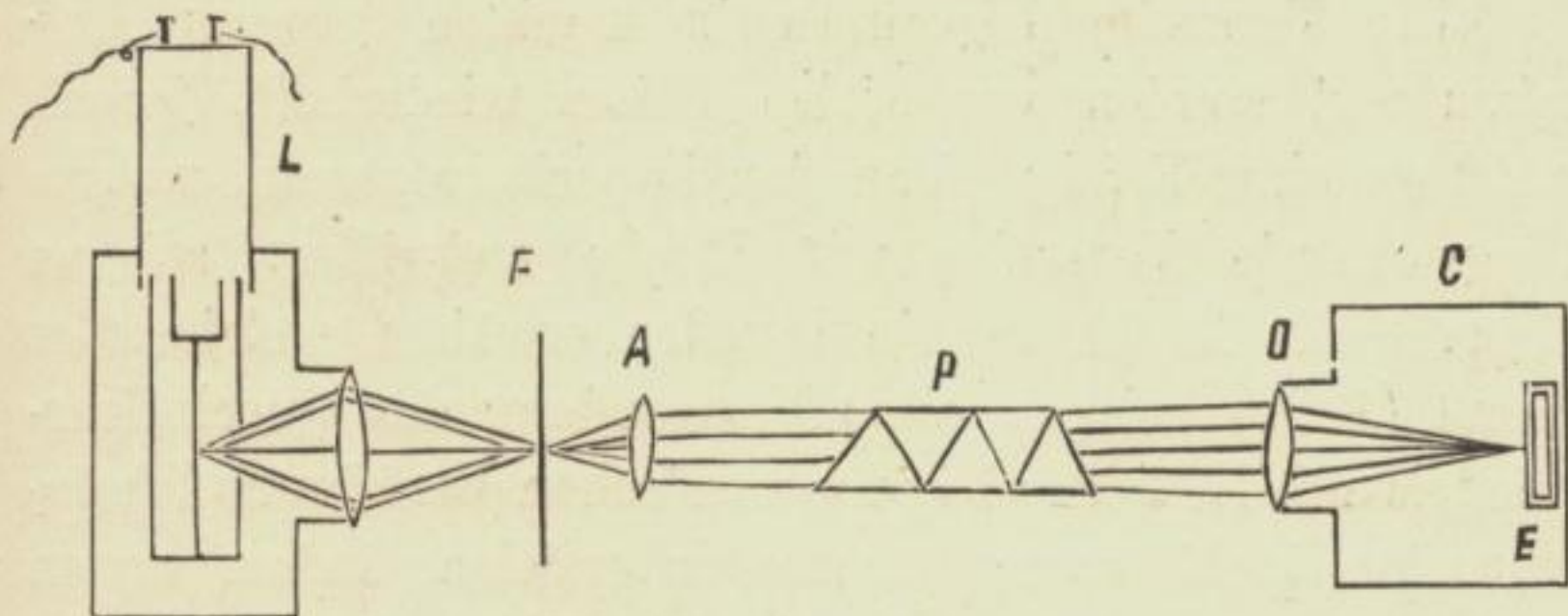


Fig. 7.

zuleiten und dieselbe mit dem zweiten, einer schwachen ammoniakalischen Pyrogalllösung, welche einen Zusatz von Bromkalium erhält, zu beendigen. Man erhält in

1) Nach den Mittheilungen Gaston Tissandier's und Ch. Gravièr's (Phot. Nachr. 1891, S. 255) wäre es für das Resultat der Versuche von höchster Wichtigkeit, dass das Spectrumbild nicht mit einer einzigen, sich über das ganze Spectrum erstreckenden Belichtung gewonnen wird, sondern dass die verschiedenen Farben mit Hilfe von Farbenfiltern eine verschieden lange Belichtung erfahren, z. B. rothes Licht 1 Stunde, grünes 5 bis 10 Minuten, blaues 20 bis 30 Secunden. Für Roth und Gelb schaltet man in den Gang der Strahlen eine Cuvette mit Helianthin ein, für Grün eine solche mit einer halbgesättigten Lösung von Kaliumbichromat, für Blau zum Zurückhalten der ultravioletten Strahlen eine solche mit verdünnter Bichromatlösung. (Wie wir später sehen werden, ist dieser Vorgang bei richtiger Sensibilisirung durchaus nicht nöthig.)



diesem Falle sehr weisse Silberniederschläge, was für das Gelingen des Versuches von hohem Werthe ist. Die entwickelte Platte wird gut ab gespült und mit einer Lösung von Natriumhyposulfit (150 g) in Wasser (1000 ccm) behufs Fixirung behandelt. Die Fixage geht bei der dünnen Schicht sehr rasch vor sich. Die gewaschene Platte wird nun zum Trocknen hingestellt und es erscheinen nach dem völligen Trocknen die Farben im auffallenden Lichte bei einer gewissen Stellung der Platte sehr rein.<sup>1)</sup>

Die Versuche Lippmann's machten grosses Aufsehen und wurden von vielen Seiten wiederholt, jedoch meistens ohne Erfolg. Von den Experimentatoren, welche Lippmann's Versuche mit Erfolg aufgriffen, sei an dieser Stelle H. Krone in Dresden erwähnt, welchem es zuerst (1892) gelang, ohne Verwendung des Quecksilberspiegels mit Hilfe des Lippmann'schen Verfahrens Photochromien des Sonnenspectrums zu erzielen, indem er an Stelle der spiegelnden Quecksilberschicht die Reflexwirkung an der Innenseite der Glasplatten zur Erzeugung stehender Lichtwellen in der empfindlichen Schicht verwendete.<sup>2)</sup>

1) In den Sammlungen der k. k. Lehr- und Versuchsanstalt für Photographie und Reproductionsverfahren in Wien befinden sich zwei Lippmann'sche Originalspectren. Dieselben sind von den ersten, welche der Forscher herstellte und an Director Eder in Wien sandte; sie zeigen das Spectrum des elektrischen Bogenlichtes. Die Gesamtlänge des Spectrums beträgt ca. 4 ccm und sind die einzelnen Farben bei entsprechender Stellung der Platte recht deutlich sichtbar. Das eine Spectrum zeigt deutlich Roth, Gelb und Grün, während das Blau fehlt; auf dem zweiten Spectrum sind die Farben zwar schwächer zu sehen, aber dasselbe reicht bis ins Violett.

Im durchfallenden Lichte betrachtet, erscheint das Blau des einen Spectrums orange bis braun, das Grün, Gelb und Roth bei einem der Bilder grünschwarz, beim andern orange bis gelbbraun gefärbt.

2) Krone benutzte hierzu gleichfalls Eiweissplatten und hinterkleidete dieselben mit schwarzem Sammet, wodurch die reflectirende



Die Krone'schen Photochromien des Spectrums können als recht gelungene bezeichnet werden. H. Krone gab keine näheren Daten über die Herstellung der von ihm verwendeten Eiweiss-Platten, mittels deren er diese Spectrumbilder darstellte.

---

Wirkung der Glasfläche in erhöhtem Masse zur Geltung kommt Die auf diese Weise erhaltenen Photochromien des Sonnenspectrums, von denen sich eine in den Sammlungen der k. k. Lehr- und Versuchsanstalt für Photographie in Wien vorfindet, zeigen bei Weitem nicht jene Brillanz und Klarheit der Farben, welche den mittels Quecksilberspiegels hergestellten Photochromien eigenthümlich ist, doch sind die Farben alle deutlich erkennbar.







#### IV. Capitel.

### Theoretische Betrachtungen über das Zustandekommen der farbigen Bilder beim Lippmann'schen Verfahren.

Das Lippmann'sche Verfahren ist nicht nur ein glänzender Beweis für die Richtigkeit der Zenker'schen Theorie bezüglich des Entstehens der Farben auf den Becquerel'schen Platten und auf Poitevin's Papieren, sondern es ist auch als eine practische Nutzanwendung dieser Theorie zu bezeichnen. Die geringe Brillanz und die Nichtfixirbarkeit der Bilder bei allen Verfahren, welche auf der Verwendung von Silbersubchlorid (siehe 1. Capitel) basiren, erklärt sich, wie bereits gesagt wurde, dadurch, dass die Fransenschichten in eine ziemlich undurchsichtige Grundmasse von Silbersubchlorür eingebettet sind, welche beim Fixiren zerstört wird, was ein Verschwinden der Schichten zur Folge hat, während die nichtfixirten Bilder am Lichte durch allmähliche Schwärzung der Grundmasse, in welcher die Fransenschichten liegen, verschwinden, also nicht haltbar sein können; anders verhält es sich bei den Lippmann'schen Bildern, bei denen die Fransenschicht, aus glänzenden Silbertheilchen bestehend, in einer unveränderlichen durchsichtigen Grundmasse liegt und welche daher haltbar sein müssen.

Wir wollen, bevor wir zur Betrachtung der practischen Durchführung des Verfahrens von Lippmann übergehen, den Vorgang, welcher bei der Exposition und der späteren Behandlung der Platte, sowie beim Auffallen vom weissen



Lichte auf die Lippmann'schen Bilder stattfindet, im Sinne der Zenker'schen Theorie etwas näher beleuchten.

Wie wir gesehen haben, besteht die lichtempfindliche Schicht bei Lippmann's Verfahren aus einer indifferenten völlig lichtdurchlässigen Materie, wie z. B. Albumin, Gelatine etc., in welche das kornlose Silberhaloid eingebettet ist. Die Schicht ist mit einem Quecksilberspiegel im Contact und findet die Belichtung durch das Glas hindurch statt (Fig. 8). Trifft also ein farbiger Lichtstrahl, z. B. ein rother, senkrecht zur Platte *C* durch die

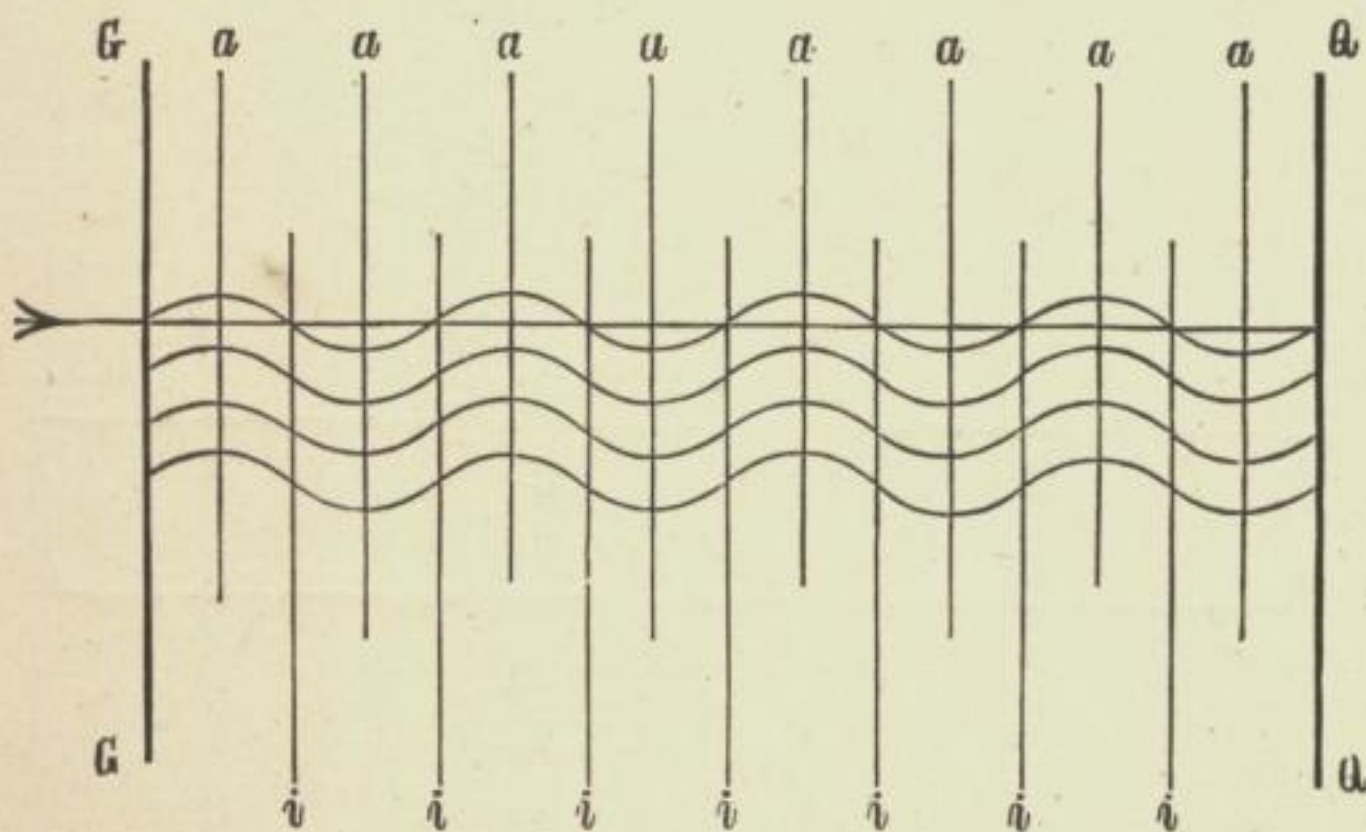


Fig. 8.

empfindliche Schicht, den dahinter befindlichen Quecksilberspiegel *Q*, so wird derselbe in sich selbst reflectirt. Es werden also bei der Belichtung stehende Lichtwellen im Sinne Zenker's gebildet und wird die Maximalwirkung in den Schwingungmaximas stattfinden, während in den Knotenpunkten keinerlei Einwirkung auf die lichtempfindliche Schicht eintreten wird. Bei der späteren Entwicklung werden dort, wo die Maximallichtwirkung stattgefunden hat, spiegelnde Silbertheilchen abgeschieden; beim Fixiren bleiben diese Theilchen in der richtigen Lage, dagegen wird das in den Knotenpunkten befindliche Silberhaloid vom Fixirmittel gelöst werden. Man erhält also eine Reihe von Fransen (*a, a...*), welche nach dem Trocknen ein Lamellen-

li



system aus spiegelnden Silbertheilchen ergeben, deren Entfernung genau einer halben Wellenlänge jenes Lichtstrahles entspricht, durch welchen sie erzeugt worden sind.

Beim Betrachten im auffallenden Lichte erhält nun das Auge den Eindruck der betreffenden Farbe, indem alle anderen Farbstrahlen des weissen Lichtes vernichtet werden und nur die der entsprechenden Farbe ins Auge gelangen. Der Eindruck der Farben entsteht also durch die Wirkung der dünnen Blättchen.

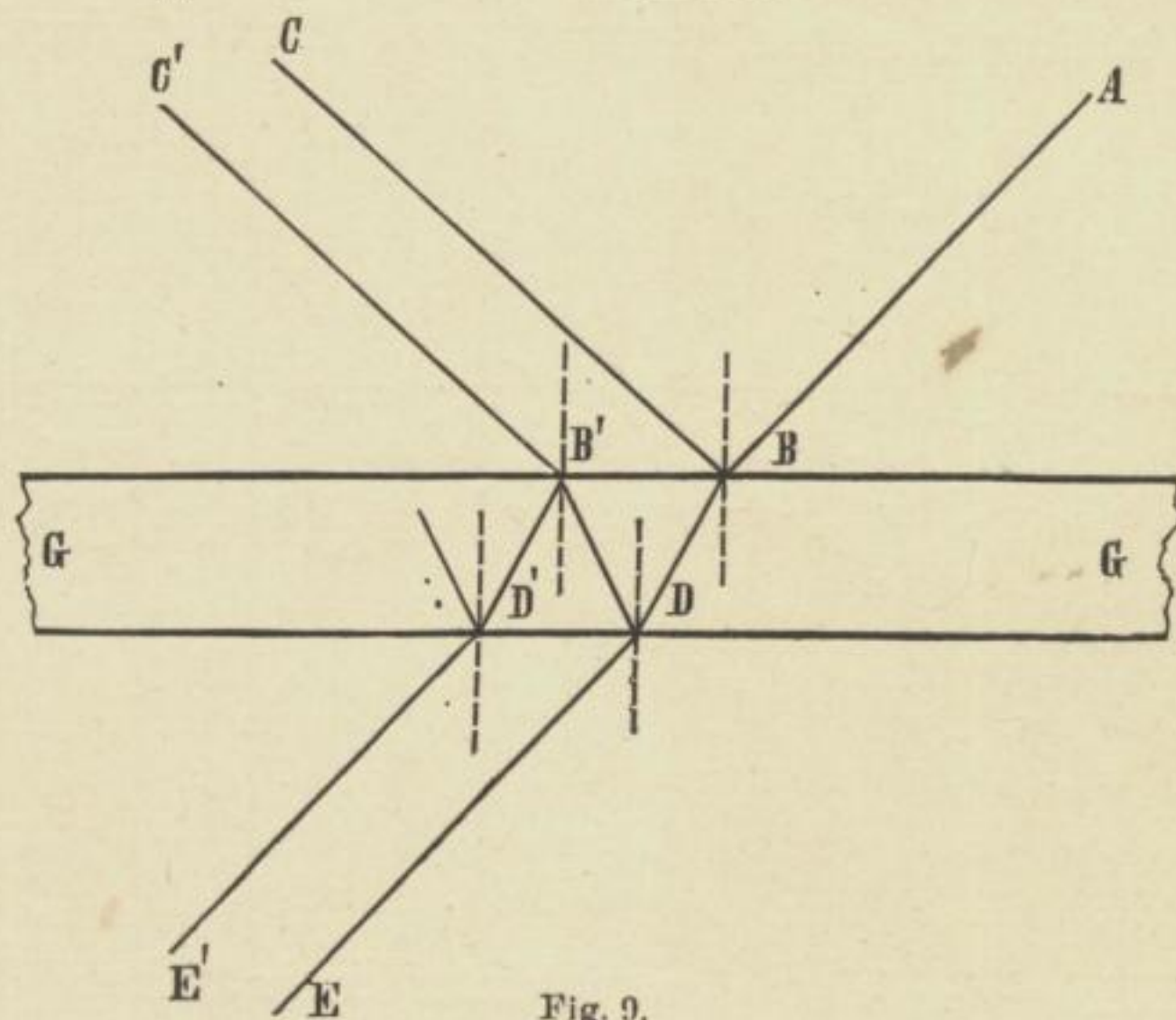


Fig. 9.

Wir wollen in Folgendem diese letztere Erscheinung näher betrachten.

Denken wir uns (Fig. 9) auf ein planparalleles Blättchen  $GG$  falle aus der Luft ein Lichtstrahl  $AB$ , so wird ein Theil nach bekannten optischen Gesetzen in das dünnere Medium nach der Richtung  $BC$  zurückgeworfen, während der andere Theil in das optisch dichtere Medium eindringt, daher zum Einfallslothe gebrochen wird und nach  $D$ , also abermals an die Grenze zweier optisch verschieden dichter Medien gelangt. Es wird nun abermals ein Theil des Strahles in das eigene Medium nach  $B'$  zurückgeworfen,



während der andere Theil vom Loth in der Richtung  $DE$  ins optisch dünnere Medium tritt.

Der nach  $B'$  reflectirte Antheil des Lichtstrahles trifft wieder an die Grenze optisch verschieden dichter Medien, wieder wird ein Theil nach  $D'$  zurückgeworfen, von welchem abermals ein Theil reflectirt und ein anderer nach  $E'$  gebrochen, während ein Theil vom Loth ins optisch dünnere Medium gebrochen wird ( $B'C'$ ) und zwar wird derselbe beim Austritte genau so viel vom Lothe

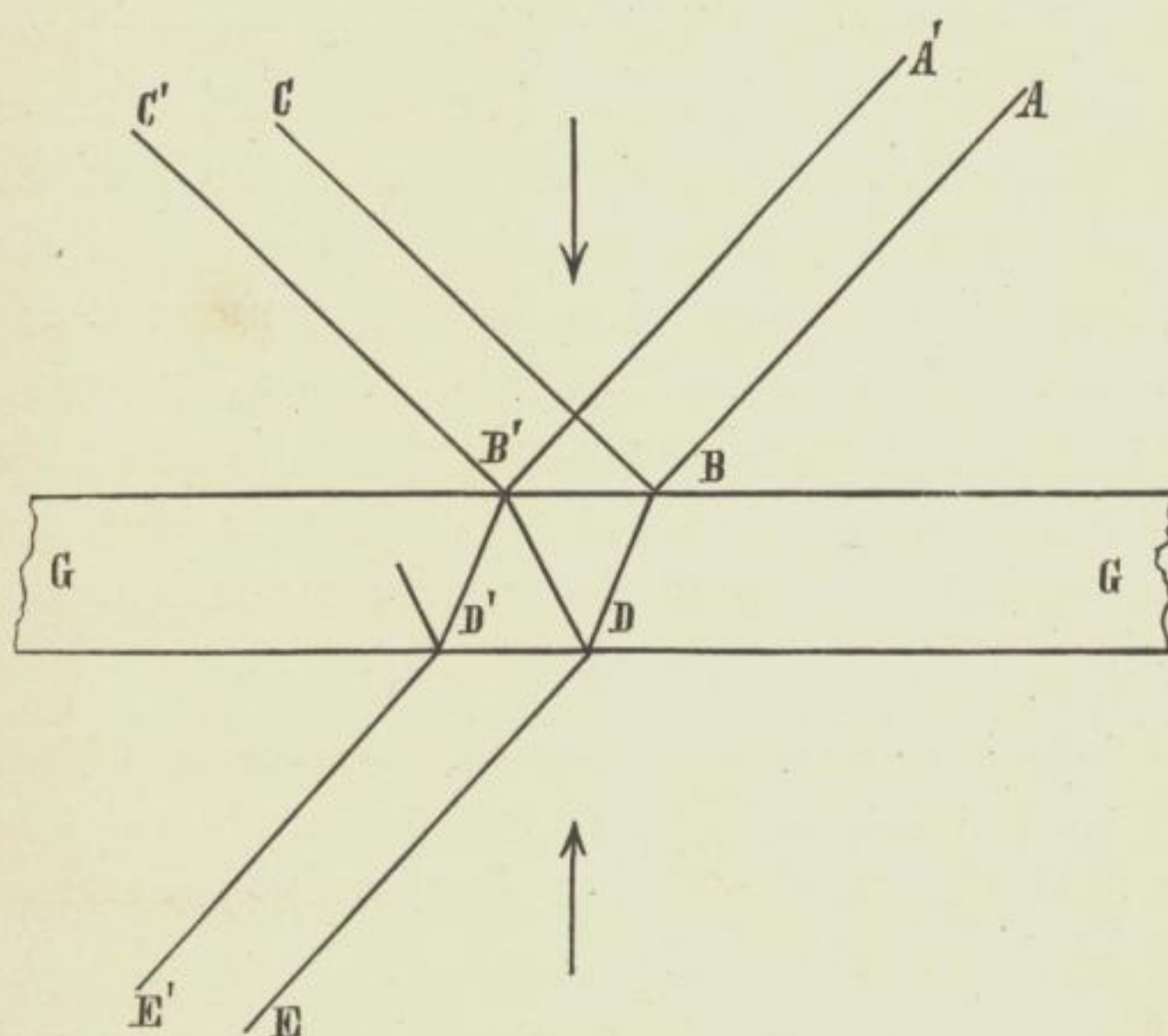


Fig. 10.

gebrochen als der einfallende Strahl  $AB$  beim Eintritte zum Lothe gebrochen wurde, weshalb  $BC$  mit  $B'C$  ... parallel sein muss.

Denken wir uns nun, dass zur selben Zeit zwei parallele Lichtstrahlen auf das Blättchen auffallen (Fig. 10), von denen der eine den Weg  $A'B'C'$  nimmt, während der andere  $AB$  in Folge von Brechung und innerer Reflexion den Weg  $ABDB'C'$  nimmt. Die beiden Strahlen besitzen einen Wegunterschied  $BDB'$ , welcher Ursache ist,

Valenta, Photographie in natürlichen Farben.



dass selbe in der Strecke  $B' C'$  interferiren. Das Ergebniss der Interferenz zweier gleichlaufenden gleichartigen Strahlen hängt von dem Gangunterschiede ab.

Nehmen wir an, das Blättchen habe die Dicke einer halben Wellenlänge des rothen Lichtes und die Reflexionen seien, wie dies bei den Lippmann'schen Bildern ja der Fall ist, bedingt durch äusserst feine metallische Silbertheilchen. Der weisse Strahl des auffallenden Sonnenlichtes hat nun in dem Blättchen eine halbe rothe Wellenlänge bis  $D$  und wieder eine halbe bis  $B'$  zurückzulegen und wird deshalb in  $B'$  mit einem Gangunterschied von zwei halben Wellenlängen mit dem direct reflectirten Strahl  $B' C'$  interferiren, d. h. es werden nur die rothen Wellen des weissen Lichtstrahles mit einem Gangunterschiede von zwei halben Wellenlängen in  $B'$  ankommen, während die übrigen Wellen des weissen Strahles, da sie einen Gangunterschied von zwei halben Wellenlängen des rothen Strahles erleiden, mit irgend einem anderen Gangunterschied ihrer eigenen Wellenlänge eintreffen werden.

Die rothen Wellen des einen Strahles werden nun in  $B'$  mit den rothen Wellen des anderen Strahles interferiren und ebenso die Wellen der übrigen Farben mit ihresgleichen.

Da aber nur die rothen Wellen einen Gangunterschied von zwei halben Wellenlängen haben, die übrigen Strahlen aber nicht, so werden sich eben nur die rothen Wellen in ihrer Lichtwirkung verstärken, während sich die übrigen Wellen in ihrer Wirkung subtrahiren, daher schwächen werden, ja sogar ganz aufheben können.

Dieser Vorgang wiederholt sich der Tiefe nach bei den einzelnen Blättchen, überall findet eine Verstärkung der rothen Lichtwellen statt, während die übrigen Wellen anderer farbiger Strahlen nahezu oder ganz vernichtet werden; wir erhalten daher denn auch im gegebenen Falle



einen deutlichen lebhaften Eindruck der rothen Spectralfarbe, der um so kräftiger wird, je grösser die Anzahl der Blättchen ist.

Es gelangen daher ganz im Sinne von Zenker's Theorie, bei der Lippmann'schen Platte, wenn man letztere im auffallenden Lichte betrachtet, von jener Stelle, an der die rothen Strahlen bei der Aufnahme zur Wirkung gelangt sind, nur rothe Strahlen in unser Auge, wie denn auch die übrigen Blättchen, je nach ihrer Dicke, nur die entsprechenden Spectralfarben, welche bei der Aufnahme wirksam waren, aufweisen werden. Man wird also überall die identische Farbe sehen. Wir haben bisher nur die einfachen Farben des Spectrums in den Kreis dieser Betrachtungen gezogen; wie verhält es sich aber mit der Wiedergabe von Mischfarben? Lippmann hat durch seine Versuche in dieser Richtung zuerst bewiesen, dass es möglich ist, auch alle die verschiedenen Mischfarben wiederzugeben.<sup>1)</sup>

Die zusammengesetzteste Farbe ist Weiss, in welchem die Strahlen des ganzen sichtbaren Spectrums vereinigt sind; es wird daher als Weiss wiedergegeben werden, jedoch nur dann, wenn nicht auch Ultraviolett in der leuchtenden Farbe mitgewirkt hat. Ist dies der Fall gewesen, so wird die unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht sichtbare, auf der Platte eigenthümlich lavendelgraue Farbe des Ultraviolett hervortreten. Es müssten daher, wenn man z. B. mit Hilfe der Lippmann'schen Platten farbige Glasbilder copiren wollte, in den Gang der Strahlen Strahlenfilter eingeschaltet werden, welche das Ultra absorbiren, wie z. B. Lösungen von Chininsulfat, das mit einigen Tropfen Schwefelsäure angesäuert wurde, eine geeignete Gelbscheibe u. dergl.<sup>2)</sup>

1) Siehe Cap. VII.

2) Bei Aufnahmen in der Camera ist die Störung durch das ultraviolette Licht übrigens durchaus nicht so gross, als man gewöhnlich annimmt, weil das Glas der Linsen meistens einen guten Theil der



G. H. Niewenglowski versuchte es,<sup>1)</sup> die mathematische Theorie des Zustandekommens der Lippmann'schen Bilder auf Grund von Mittheilungen Lippmann's in der „Société française de Physique“ zu entwickeln. Da diese Mittheilungen für manchen der Leser von Interesse sein dürften, bringe ich dieselben nachstehend. „Bei den folgenden Betrachtungen wird vorerst auf die Absorption des Lichtes durch die Substanz der Platte keinerlei Rücksicht genommen, wodurch sich ein erstes Annäherungsergebnis ergibt.“

### 1. Photographische Aufnahmen der einfachen Farben des Sonnenspectrums.

„Die dabei auftretenden Wirkungen lassen sich auf einen einzigen, im Folgenden zu erörternden Fall, zurückführen.“

„Greifen wir einmal eine Stelle der Platte heraus, die nur durch ein farbiges Licht von der Wellenlänge  $\lambda$  getroffen sein soll, und versuchen wir zu bestimmen, welcher Art das reflectirte Licht ist, wenn diese Stelle dem weissen Lichte ausgesetzt wird. Die Einwirkung des Lichtes  $\lambda$  hat zweifellos eine periodische Vertheilung der Silbertheilchen herbeigeführt. Aus den Versuchen von O. Wiener ist bekannt, dass die chemische Wirkung des Lichtes ein Minimum auf der Spiegelebene und allen Ebenen, welche von dieser um eine gerade Anzahl von Viertel-Wellenlängen entfernt sind (den sogen. Knoten-Ebenen), dagegen ein Maximum in den Ebenen hat, welche um eine ungerade Anzahl von Viertel-Wellenlängen von der Spiegel-Ebene Abstand haben (den sogen. Bauch-Ebenen).“

„Es wird nun, gleichgültig welcher Zusammenhang, zwischen der Reflexionsstärke der Silberschicht in einer gewissen Ebene  $P$ , die mit dem Quecksilberspiegel parallel

ultravioletten Strahlen absorbirt und auf diese Weise für das Bild unschädlich macht, weshalb die Anwendung einer hellen Gelbscheibe genügt.

1) Eder's Jahrb. f. Phot. für 1894. S. 73.



ist, und der chemischen Wirkung des Lichtes besteht, welches sie erzeugt hat, die Reflexionskraft des Niederschlages auf einer um  $z$  von der Anfangs-Ebene  $P_0$  entfernten Ebene  $P$  (Fig. 11), als Intensität der chemischen Wirkungskraft aufgefasst, eine Function von  $z$ , etwa  $K(z)$  sein, die sich periodisch jedes Mal wieder bildet, wenn  $z$  um  $\frac{\lambda}{2}$  zunimmt; diese Function wird ein Maximum auf den Bauch-Ebenen erreichen, dagegen auf den Knoten-

Ebenen = 0 sein. Dadurch ist die Structur der von dem einfachen Lichte  $\lambda$  beeinflussten Schicht charakterisirt.

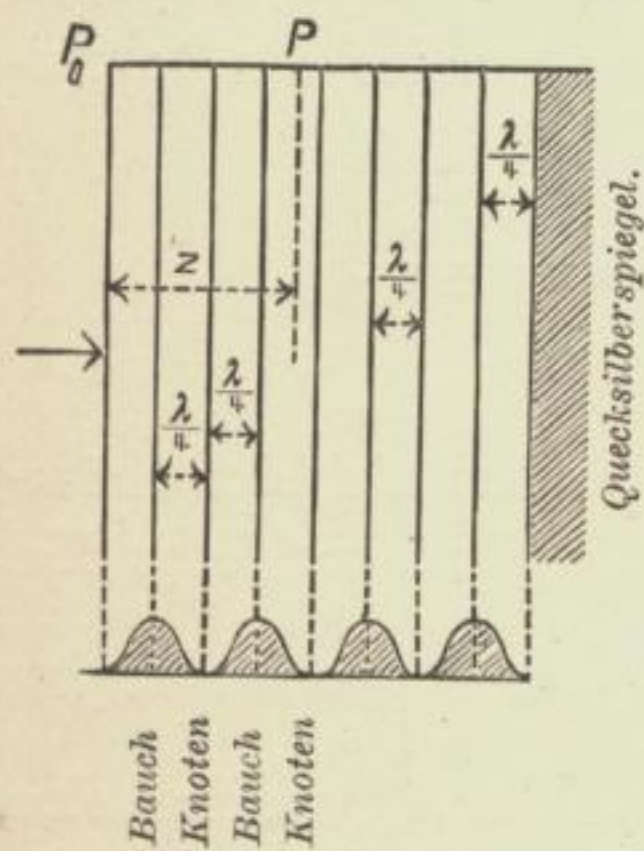


Fig. 11.

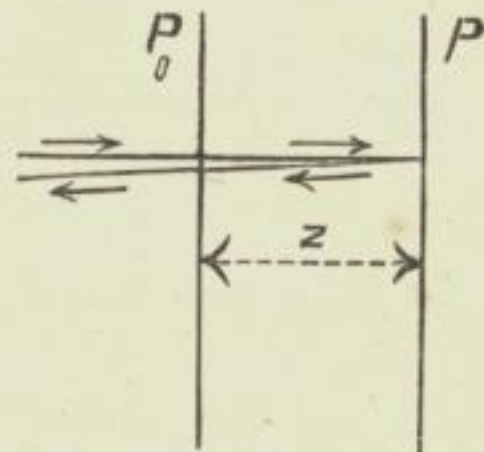


Fig. 12.

Denken wir uns dieselbe nun einmal durch weisses Licht beleuchtet. Nehmen wir in diesem weissen Lichte eine einfache Farbe mit der Wellenlänge  $\lambda'$  an, und machen uns klar, welches die Einwirkung der Platte auf diese Farbe  $\lambda'$  ist. Das reflectirte Licht kann geometrisch dargestellt werden, indem man die Fresnel'sche Regel anwendet.“

„Auf einer um  $z$  von der Ebene  $P_0$  entfernten Ebene  $P$  (Fig. 12) wird das Licht proportional zu der Reflexionsstärke  $K(z)$  reflectirt, welche der Ebene  $P$  zukommt; es geht dann wieder durch  $P_0$  hindurch, nachdem es einen Weg  $2z$  zurückgelegt hat. Setzen wir voraus, dass die  $\lambda$  einem gewissen mittleren Index der Platte entsprechen,



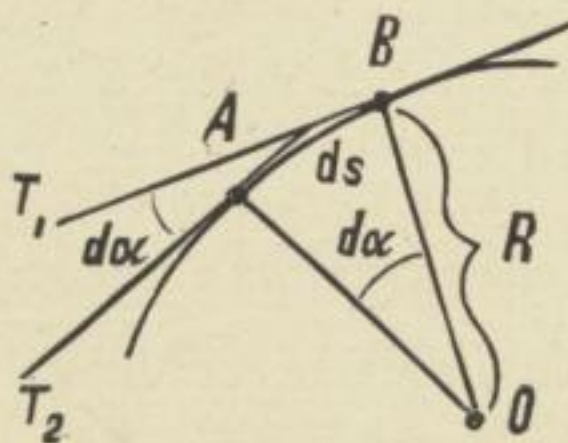
so ist  $\frac{2z}{\lambda'}$  der Verlust, den die Phase aufweist, entsprechend dem vom Licht durchlaufenen Wege  $2z$ , wobei die Vibrationsphase für das an  $F_0$  reflectirte Licht als Ausgangspunkt genommen ist. Lässt man die durch die Reflexion hervorgerufenen Verzögerungen ausser Acht, so ergibt sich  $\alpha = 2\pi \cdot \frac{2z}{\lambda'}$  für den Contingenzwinkel der Cornu'schen Curve.“

„Andererseits hat der Bogen dieser Curve folgendes Element  $ds = K(z) dz$ ; der Krümmungsradius der Cornu'schen Curve ist deshalb <sup>1)</sup>

$$R = \frac{ds}{d\alpha} = \frac{K(z) dz}{\frac{4\pi}{\lambda'} dz} = \frac{K(z)\lambda'}{4\pi}.$$

Da  $K(z)$  keine Constante ist, so verändert sich der Krümmungsradius  $R$  periodisch wie  $K(z)$  und nimmt jedes Mal denselben Werth wieder an, wenn  $z$  um  $\frac{\lambda}{2}$  gewachsen ist; daraus folgt, dass die Cornu'sche Curve, welche eine Kreislinie darstellen würde, wenn  $K$  constant wäre, aus einer Reihe von ganz identischen Sektoren zusammengesetzt ist, von denen zwei auf einander folgende in einem Rückkehr-Punkte aneinander stossen.“

1) Beweis: Die Punkte  $A$  und  $B$  schliessen das Curvenelement  $ds$  ein.



Der Contingenzwinkel  $\alpha$  hat sich beim Uebergang vom Punkte  $A$  auf  $B$  um das Differential  $d\alpha$  geändert, wenn das Bogenelement  $ds$  unendlich klein ist.

Die Normalen der Punkte  $A$  und  $B$  schliessen nun denselben Winkel  $d\alpha$  ein und schneiden sich im Krümmungsmittelpunkte  $O$ . Es besteht dann die Gleichung:  $R \cdot d\alpha = ds$  und hieraus

$$R = \frac{ds}{d\alpha}.$$



„Da der Richtungswinkel  $\alpha$  der Tangente der Curve von einem Punkte eines Sectors bis zu dem homologen

des folgenden Sectors um  $\Delta\alpha = 2\pi \cdot \frac{2\frac{\lambda}{2}}{\lambda'} = 2\pi \frac{\lambda}{\lambda'}$  sich ändert,

welcher Werth im Allgemeinen von  $2\pi$  verschieden ist, so bildet die Sehne, welche die äussersten Stellen irgend eines Bogens verbindet, einen constanten Winkel  $\Delta\alpha \pm 2\pi$  mit der Sehne des folgenden Bogens. Die Curve stützt sich also auf einen der vorhergehenden Sehnen umschriebenen Kreisumfang. Die resultirende Schwingung hat als Amplitude die Gerade, welche den Anfangspunkt  $O$  mit

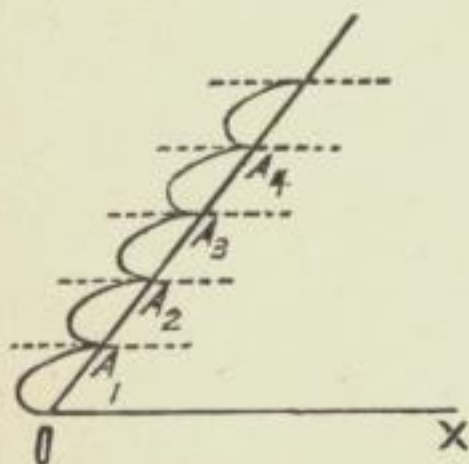


Fig. 13.

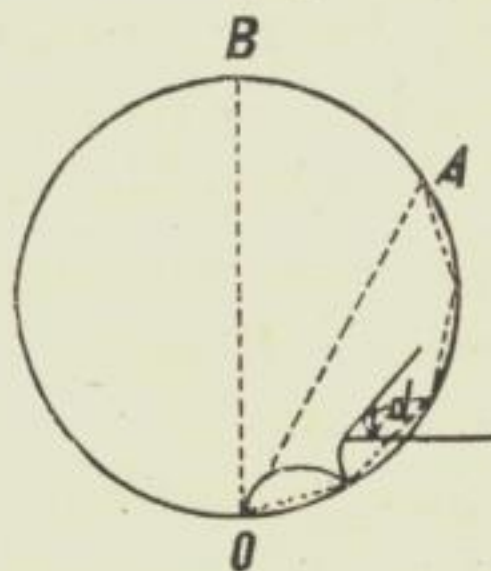


Fig. 14.

dem äussersten Punkte  $A$  der Curve verbindet. Man sieht, dass, wenn die Zahl der Scheidewände (Intervall  $\frac{\lambda}{2}$ ), deren Wirkungen man hinzufügt, zunimmt, die Amplitude  $OA$  sich periodisch verändert, ohne dass sie je über den Durchmesser  $OB$  jenes Kreises hinausgelangt, auf dem die Cornusche Curve ihre Bogen aufsetzt und welche der geometrische Ort des äussersten Punktes  $A$  des Segments  $OA$  ist.“

„Jede einzelne Farbe  $\lambda' \pm \lambda$  des auffallenden Lichtes liefert auf diese Weise eine Intensität, welche einem Factor proportional ist, der nicht grösser als  $OB^2$  werden kann.“

„Ist jedoch  $\lambda' = \lambda$ , so ist  $\Delta\alpha = 2\pi$ , d. h. die Tangente am Ende jedes einzelnen Bogens (also am Rückkehrpunkte) ist parallel zu  $ox$ . Der folgende Bogen wird daher er-



halten, indem man den vorhergehenden um  $OA_1$  an  $OA_1$  entlang schiebt. Die Amplituden  $OA_1, A_1 A_2, \dots$ , welche den auf einander folgenden Scheidewänden entsprechen, fügen sich so an einander, dass sie eine Amplitude liefern, welche ihrer Zahl  $N$  proportional ist, d. h. die Amplitude ist für eine und dieselbe Farbe der Dicke  $e$  der vom Licht getroffenen Schicht proportional, woraus folgt, dass auch eine reflectirte Licht-Intensität dem Quadrat dieser Dicke proportional ist. Das reflectirte Licht von der Farbe  $\lambda$  ist deshalb sehr stark im Verhältniss zu dem reflectirten Licht von der Farbe  $\lambda' \pm \lambda$  und die Intensität  $\lambda'$  kann um so mehr unbeachtet gelassen werden, d. h. die Reinheit der reflectirten Farbe  $\lambda$  ist um so vollkommener, je stärker die Dicke der reflectirenden Schicht selbst ist. Die Platte wirkt in dieser Beziehung wie ein Gitter; sie zerlegt das auf sie fallende weisse Licht und reflectirt in merklicher Menge nur das einfache Licht, welches auf sie eingewirkt hat.“

„Das gilt für jede einzelne Stelle der Platte, auf die eine einfache Spectralfarbe eingewirkt hat: sie reflectirt merklich nur das Licht, welches auf ihr seine Spur hinterlassen hat, d. h. eine einfache Farbe, die mit der einfachen Farbe des entsprechenden Theiles des Spectrums identisch ist. Die von dem Lichte eines Spectrums beeinflusst gewesene Platte liefert deshalb in weissem Lichte das Bild des Spectrums selbst mit seinen reinen Farben, wenn das Spectrum, welches auf sie eingewirkt hat, selbst rein war.“

„Weiter aber werden diese reflectirten Farben unter einander eine Verschiedenheit an Stärke aufweisen, welche derjenigen der entsprechenden Farben des Sonnenspectrums proportional ist, wenn man der Emulsion geeignete Absorptionsstoffe zugesetzt hat. Eine so erhaltene Platte heisst dann isochromatisch (orthochromatisch) gegen das weisse Sonnenlicht. Da sie die Sonnenlichtfarben im selben Verhältniss zu einander reflectirt, das im einfallenden Lichte vor-



handen ist, so ist die Reflexionskraft auch, soweit dieses Licht sich auf der Platte ausbreitet, gleich gross. Man ersieht daraus sofort, was eintreten muss, wenn man complexes Licht auf eine Platte fallen lässt. Zunächst kann man hier eine Regel für die Praxis in Bezug auf die Herstellung isochromatischer Platten aufstellen. Wenn die Photographie des Sonnenspectrums ohne Quecksilberspiegel gemacht wird, zeigt sie keine Farben, sondern nur eine graue Färbung. Für eine isochromatische Emulsion ist es ausreichend, wenn diese graue Färbung über die ganze Ausdehnung des Spectrums hin eine gleichmässige ist.“

## 2. Photographie eines beliebig gefärbten Gegenstandes.

„Um zur Lösung dieses allgemeinen Falles zu kommen, müssen wir die Wirkung des complexen Lichtes als Zusammentreffen der Einzelwirkungen der verschiedenen einfachen, das complexe Licht bildenden Farben auffassen. Jede Farbe  $\lambda$  ruft in der Tiefe der Schicht einen Silber-niederschlag hervor, dessen Blättchenstructur mit ihren verschiedenen Eigenschaften die Periode  $z = \frac{\lambda}{2}$  befolgt. So kommt man zu den Elementarniederschlägen, die den einzelnen Farben  $\lambda$  und der Periode  $z = \frac{\lambda}{2}$  entsprechen und, indem sie von einander verschieden sind, durch ihr Zusammentreten den wirklichen Niederschlag erzeugen, dessen im Zusammenhang mit  $z$  wechselnde Eigenschaften, also aus einer vielfachen Periodicität entstehen, welche einem complexen Tone vergleichbar ist, der sich aus mehreren einfachen Tönen zusammensetzt.“

„Eine ähnliche Superposition hat wahrscheinlich statt hinsichtlich der Reflexionsstärken, welche den elementaren Niederschlägen entsprechen, die zusammen den wirklichen Niederschlag ausmachen.“



„Setzen wir dies als zutreffend voraus, so fragt es sich nun, wie dies System das weisse Sonnenlicht zerlegt.“

„Zunächst wollen wir von dem einfachen Lichte eine Farbe  $\lambda$  ins Auge fassen.“

„Die von der Platte reflectirte Menge des Lichtes  $\lambda$  ist nach der Summirung der Reflexionsstärken die Summe der Lichtmengen, die von den verschiedenen elementaren Niederschlägen reflectirt werden, welche durch die verschiedenen einfachen Farben des Lichtes hervorgerufen worden sind, das auf die Platte eingewirkt hat. Nun ergibt sich nach den oben gegebenen Auseinandersetzungen, dass die Farbe  $\lambda$  des einfallenden Lichtes in merklicher Menge nur durch denjenigen unter diesen sämtlichen elementaren Niederschlägen reflectirt wird, welcher durch dieselbe Farbe  $\lambda$  des Lichtes, das auf die Platte eingewirkt hat, erzeugt worden und der so, hinsichtlich der Reflexion der Farbe  $\lambda$ , dem ganzen Niederschlag äquivalent ist.“

„Eine bestimmte Stelle der Platte reflectirt auf diese Weise alle Farben  $\lambda$ , welche auf sie eingewirkt haben, jedoch auch nur diese allein.“

„Uebrigens würde bei einer für das Sonnenspectrum isochromatisch gemachten Platte die Reflexionsstärke, welche der ganzen Dicke der Platte entspricht, für alle Niederschläge der Periodicität  $z = \frac{\lambda}{2}$  die Gleiche sein, wenn auf die Platte dieselben Farben des Sonnenspectrums eingewirkt hätten. Nun hat auf die Platte ein Licht eingewirkt, welches die Farbe  $\lambda$  in einer Menge  $f(\lambda)$  im Verhältniss zur Intensität dieser Farbe im Sonnenspectrum enthält; die Reflexionsstärke wird für diese Farbe der Intensität proportional sein, welche dieser Farbe in dem Lichte zukam, das auf die Platte eingewirkt hat. Wenn die Intensität des Lichtes bei Exposition der Platte im weissen Sonnenlichte gleich 1 war, so wird sie bei Exposition in dem von einem farbigen Gegenstande ausgehenden



Lichte gleich  $f(\lambda)$  sein. Dasselbe Verhältniss wird bei dem vom fertigen Bilde reflectirten Sonnenlichte auftreten, d. h. die durch eine bestimmte Stelle der Platte reflectirten Farben werden hinsichtlich ihrer Intensität im selben Verhältniss zu einander stehen, wie es für sie in dem Lichte bestand, welches auf die betreffende Stelle der Platte eingewirkt hat. Anders ausgedrückt, die in weissem Sonnenlichte exponirte Platte wird ein Bild des photographirten Gegenstandes in treuer Wiedergabe seiner Farben und Farbentöne in derselben Zusammensetzung liefern, wie die Farben der verschiedenen Punkte des Gegenstandes selbst sie aufweisen, mögen dieselben auch noch so complexer Natur sein, wie sie wollen.“

„Wird die Platte jedoch nicht mehr dem weissen Sonnenlicht, für welches sie isochromatisch gemacht ist, ausgesetzt, sondern etwa einem anderen Lichte, wie z. B. dem einer Oellampe, so werden die Intensitäten der verschiedenen einfachen Farben sich in dem Verhältniss ändern, wie die Intensität jeder einzelnen Farbe des Lampenlichtes gegenüber der Intensität derselben Farbe im Sonnenlichte.“

„Wenn, um einen besonderen Fall herauszugreifen, die Platte eine Photographie des Sonnenspectrums ist, so reflectirt sie das Spectrum der Lampe selbst so, wie dasselbe durch das Spectroskop oder das Gitter, mittels dessen es photographirt wurde, erscheint.“

„Die Theorie, deren Princip in Vorstehendem kurz dargelegt ist, rührt von Lippmann selbst her, der sie im Einzelnen im vorigen Jahre der Société française de Physique vorgeführt hat.“

### 3. Bemerkungen über die aufgestellten Hypothesen.

„Nicht berücksichtigt sind die durch die Reflexion hervorgerufenen Verzögerungen. Wenn man nämlich annimmt, dass die Verzögerung in Folge der Reflexion an



einer veränderlichen Ebene  $P$  eine Constante und  $= \frac{\lambda}{2}$  ist, so wirkt die Verzögerung gleichmässig auf alle Schwingungen ein und die Gangunterschiede ändern sich nicht. Wenn die Verzögerung in Folge der Reflexion von der Dichtigkeit und der Structur des Silberniederschlages auf der Ebene  $P$  abhängig ist, so ist klar, dass sie ebenso wie diese Structur sich für alle  $\frac{\lambda}{2}$  zeigen muss; da das letztere allein für die oben gemachte Entwicklung als nöthig vorausgesetzt war, bleiben auch die Schlussfolgerungen derselben als richtig bestehen. Weniger Berechtigung hat dagegen die Hypothese, welche auf der Annahme fusst, dass kein Verlust an Licht durch Refraction sowie keine Absorption durch die Platte erfolgt. In der Wirklichkeit ist die periodische Function  $K(z)$  durch das Product aus einer periodischen Function von  $z$  und einem Abschwächungsfactor zu ersetzen, der wenn  $z$  grösser wird, abnimmt, und zwar um so rascher, je energischer die Absorption ist. Dadurch ändert sich das Aussehen der Curven. Der Winkel, den die Tangenten zweier Elemente bilden, die in zwei auf einander folgenden Bogen einander entsprechend liegen, ist immer constant, und gleich  $\Delta\alpha = 2\pi \frac{\lambda}{\lambda'}$ . Durch den Abschwächungsfactor jedoch wird eine allmähliche Abnahme in der Länge der Bogen herbeigeführt. Die Grundcurve ist nicht mehr ein Kreis; die verschiedenen Curven, welche man durch die Rückkehrpunkte gehen lassen kann, sind vielmehr Spiralen.“

„Ist  $\lambda' = \lambda$ , so bleibt die Hauptfolgerung noch bestehen: die von einer Stelle der Platte reflectirten Farben sind diejenigen, welche auf diese Stelle eingewirkt haben, jedoch kann die Intensität des reflectirten Lichtes nicht über eine von der Dicke der Platte unabhängige Grenze hinausgehen.“



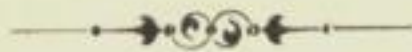
„In Bezug auf die Zusammensetzung des reflectirten Lichtes ist zu bemerken, dass dasselbe verändert ist, weil die Absorptionskraft der Platte, welche sich geltend macht, eine Function der Wellenlänge ist. Man kann also nicht mehr sagen, dass ein farbiges Lichtbild des Sonnenspectrums, wenn es in weissem Sonnenlichte exponirt wird, ein naturgetreues Bild des Spectrums liefert, durch welches es selbst hervorgerufen wurde; es wird vielmehr complexe Farben reflectiren.“

„Eine zweite Annäherung kann man erzielen, wenn man jede Scheidewand durch eine reflectirende Ebene ersetzt und nur die Abschwächung, welche in Folge der Refraction eintritt, ins Auge fasst, indem man versucht, in dieselbe die durch Absorption hervorgerufene Abschwächung einzuführen.“

„Man gelangt auf diese Weise zu einer Rechnung, welche derjenigen für die Newton'schen Farbenringe in durchgelassenem Lichte entspricht.<sup>1)</sup>“

---

1) Vergl. hierüber die Abhandlung von Merlin in den Ann. de Chimie. et de physique, 6. Serie, Bd. XXVII, Jahrgang 1892.







## V. Capitel

### Weitere Versuche zur Herstellung von Photochromien nach Lippmann's Princip — Versuche von Thwing, Florent, Lumière. — Eigene Versuche des Verfassers mittels Brom- und Chlorbromsilbergelatine-Emulsionen.

Die von Lippmann verwendeten Albuminplatten haben verschiedene Nachtheile; in erster Linie ist es die ziemlich umständliche Präparation derselben und die grosse Unempfindlichkeit, welche ihrer practischen Anwendung hindernd im Wege stehen, aber sie waren damals die einzigen, welche ein so feines Korn ergaben, wie es die Theorie erfordert, weshalb auch Hermann Krone, welcher eine Reihe von guten Spectrumbildern nach dem Lippmann'schen Verfahren herstellte, sich derselben bediente (s. o.).

Charles R. Thwing<sup>1)</sup> schlug vor, an Stelle der Albuminplatten Bromsilbercollodionplatten zu verwenden.

Derselbe empfiehlt folgende Präparation der Platten:

Bromcadmium . . . . .	25 g,
Alkohol . . . . .	250 cem,
Salzsäure . . . . .	5 cem.

Von dieser Lösung werden 5 cem mit 40 cem Aether und 2 g Pyroxylin gemischt und nun tropfenweise zehncprocentige alkoholische Silbernitratlösung zugefügt. Die Flüssigkeit wird zum Giessen der Platten benutzt, bevor sich eine Emulsion gebildet hat. Die resultirende Schicht ist schwach blau opalisirend und fast vollkommen durchsichtig.

1) Beibl. Annal. Phys., 1892.



Nach Thwing erfordern diese Platten eine Exposition von ca. 20 Minuten in der Sonne, wenn nicht nachträglich entwickelt werden soll. (?) Ueberexpositionen zerstören in jedem Falle die Farbe.

M. de St. Florent überliess eine gewöhnliche Bromsilbergelatineplatte 15 — 60 Minuten unter einem colorirten Glasbilde der Einwirkung der Sonnenstrahlen, indem er ein orangefarbenes Strahlenfilter einschaltete. Dann wird die Platte, ohne das Bild zu entwickeln, mit einer Fixirnatronlösung behandelt und nach erfolgtem Ausfixiren gut gewaschen. Dieselbe soll feucht im reflectirten Lichte die Farben des Originals zeigen. Die Farben sollen aber beim Trocknen verschwinden<sup>1)</sup>.

Im Jahre 1892 zeigte Louis Lumière in einer Sitzung der „Société des sciences industrielles in Lyon“ Spectrumbilder in natürlichen Farben, nach Lippmann's Principien hergestellt, welche an Pracht der Farben die Originalbilder Lippmann's sowohl als alle von anderer Seite bisher hergestellten derartigen Bilder weitaus übertrafen. Diese Spectrumphotographien waren mit Hilfe von Bromsilbergelatineplatten gemacht worden.

Lumière sagt in den Berichten der genannten Gesellschaft über die Herstellung dieser Platten Folgendes:

„Une solution de 5  $\frac{0}{0}$  de gélatine est additionnée de 1 à 2  $\frac{0}{0}$  d'une bromure, chlorure, jodure soluble. D'autre part une solution semblable de gélatine est additionnée de 2 à 3  $\frac{0}{0}$  de nitrate d'argent. Il suffit de mélanger ces deux solutions pour former l'émulsion, si l'on peut appeler ainsi le resultat du mélange, puis de dialyser, pour obtenir la préparation dont nous nous sommes servis.“

Diese allerdings sehr kurzen Angaben, welche gar keine Details über die Herstellung solcher Platten ent-

1) Paris Photogr. 1893.



halten, gingen, da sie in keinem photographischen Fachblatte veröffentlicht worden waren, gar nicht in die photographische Literatur über.

Mir waren dieselben aus dem genannten Grunde bis vor Kurzem unbekannt und ich verdanke die Kenntniss dieser Angaben Herrn Lumière selbst, welcher mir, nachdem ich meine Erfahrungen über die Herstellung von Bromsilbergelatineplatten (s. u.) publicirt hatte, mittheilte, dass er etwas über sein Verfahren veröffentlicht habe und mir diese Daten sandte.

Da damals in photographischen Kreisen nichts über die Herstellung einer brauchbaren Bromsilbergelatine-Emulsion zu genanntem Zwecke bekannt war, versuchte ich es auf experimentellem Wege Bromsilbergelatine-Trockenplatten herzustellen, welche den Anforderungen Lippmann's, bezüglich Feinheit des Kornes etc., entsprächen und dabei eine grössere Empfindlichkeit zeigen als die nach dem Taupenot'schen Verfahren hergestellten Albuminplatten. Diese Versuche, welche ich zuerst in der Photographischen Correspondenz (1892, S. 432) beschrieben habe und deren Resultate ich in Form sehr brillanter Spectrumbilder einem grossen Auditorium bei Gelegenheit von Vorträgen im „Vereine zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse“ und im „Niederösterreichischen Gewerbeverein“ in Wien vorlegte, haben sehr günstige Resultate ergeben, so dass ich heute mit Hilfe dieser Emulsion im Stande bin, in der Camera gelungene Aufnahmen verschiedener farbiger Objecte zu machen.

Ein Jahr, nachdem meine ersten Versuche (Phot. Corresp. 1892, S. 435) zur Herstellung von Photochromien publicirt worden waren, haben die Gebrüder Lumière ihre Methode der Emulsions-Bereitung<sup>1)</sup> veröffentlicht, so dass jetzt die Darstellungsweise einer kornlosen Gelatine-

1) Bul. Soc. Franç. de Photogr. 1893, S. 249.



Emulsion hinlänglich genau bekannt ist, um danach mit Sicherheit arbeiten zu können.

Ich gebe in Folgendem das Lumière'sche Verfahren.

Zur Herstellung der Emulsion dienen hierbei folgende Lösungen:

A.	{	Destillirtes Wasser . . . . .	400 ccm,
		Gelatine . . . . .	20 g.
B.	{	Destillirtes Wasser . . . . .	25 ccm,
		Bromkalium . . . . .	2,3 g.
C.	{	Destillirtes Wasser . . . . .	25 ccm,
		Silbernitrat . . . . .	3 g.

Man setzt der Lösung C die Hälfte der Lösung von A zu und fügt dann die andere Hälfte derselben zu Lösung B.

Nun werden die beiden so erhaltenen Flüssigkeiten gemischt, indem man C in B giesst. Die Mischung wird mit einem geeigneten Farbensensibilisator (siehe S. 55) versetzt und nachdem die Emulsion filtrirt wurde, ist selbe zum Gusse zu verwenden; das Giessen der Platten geschieht am besten mit Hilfe der Drehscheibe. Die Emulsion darf eine Temperatur von 40 Grad C. nicht überschreiten. Man lässt die Schichten fest werden und wäscht dann in fliessendem Wasser aus. Da die Schicht sehr dünn ist, erfordert das Auswaschen nur sehr kurze Zeit und es wird durch diese Art der Herstellung der Platten das Reifen des Bromsilberkornes in vortheilhafter Weise vermieden.

Nach genügendem Waschen werden die Platten getrocknet und vor der Belichtung zwei Minuten in einer Auflösung von 1 g Silbernitrat in 200 ccm Wasser, welchem 1 ccm Essigsäure zugefügt wurde, gebadet. Das Baden der Platten in dieser Silbernitratlösung hat den Zweck, die allgemeine Empfindlichkeit der Platten, welche keine grosse ist, zu heben und die Brillanz der Bilder gleichzeitig zu steigern. Allein es hat diese Behandlung gleichzeitig den Nachtheil, dass sich die so behandelten Platten



nur kurze Zeit halten. Nach dem Baden werden die Platten getrocknet und müssen aus dem letztangeführten Grunde baldigst verwendet werden.

Für die Entwicklung der Bilder empfehlen die Gebrüder Lumière folgenden Entwickler:

- a) { Wasser . . . . . 100 ccm,  
Pyrogallol . . . . . 1 g.
- b) { Wasser . . . . . 100 ccm,  
Bromkalium . . . . . 10 g.
- c) Aetzammoniak ( $D = 0,960$  bei 18 Grad C.).

Zum Entwickeln werden gemischt:

- a) 10 ccm,
- b) 15 ccm,
- c) 5 ccm,
- Wasser 70 ccm.

Die Concentration des Ammoniak ist von grossem Werthe, indem die Brillanz der Farben mit der Concentration des Ammoniaks im Entwickler in einem gewissen Zusammenhange steht.

Nach dem Entwickeln werden die Bilder gewaschen und mit Hilfe einer wässerigen Cyankaliumlösung (5 : 100) durch Einlegen während 10—15 Secunden fixirt, abgewaschen und getrocknet.

Zur Abhaltung der Wirkung der ultravioletten, bei gleichzeitiger Herabminderung derjenigen der blauen und violetten Strahlen wird die Anwendung eines gelben Strahlenfilters empfohlen, welches aus einer Cuvette mit planparallelen Gläsern besteht, in welche eine Lösung von Primulin oder Victoriagelb in Wasser gefüllt wird.

Das Verfahren der Gebrüder Lumière ist in mancher Beziehung meinem früher publicirten Verfahren zur Herstellung von Bromsilbergelatineplatten für die Zwecke der Photographie in natürlichen Farben nach der Lippmannschen Methode ähnlich. Vortheilhaft erwies sich mir



das Auswaschen der Emulsion auf den Platten selbst, da es rasch durchzuführen ist und daher die Vergrößerung des Kornes verhindert, welche, wenn sie auch noch so gering ist, insbesondere in der Wiedergabe des Blau und Violett störend wirkt.

In Nachstehendem gebe ich eine genaue Darlegung des bei Herstellung von Photochromien erforderlichen Arbeitsganges auf Grund meiner eigenen zahlreichen Versuche und bemerke ausdrücklich, dass derselbe zum grossen Theile noch vor Bekanntgabe der Lumière'schen Recepte publicirt und öffentlich demonstriert wurde und ich somit selbständig den Weg zur Bereitung der Emulsionsschichten fand, auf welchen Lumière seine ausgezeichneten Photochromien herstellte.

**Versuche des Verfassers  
zur Herstellung von Gelatinetrockenplatten, welche  
zur Photochromie geeignet sind.**

I. Bromsilbergelatine.

Die gewöhnlichen Bromsilbergelatine-Trockenplatten, wie selbe in der photographischen Praxis heute allgemein Verwendung finden, sind zwar sehr lichtempfindlich, zeigen aber, wie ich bereits erwähnt habe, ein so grobes Korn, dass sie der ersten Grundbedingung des Lippmann'schen Verfahrens „Continuität der Schicht“ nicht auch nur annähernd entsprechen. Es ist eine bekannte Thatsache, dass die Empfindlichkeit des Bromsilbers in Gelatine-Emulsionen mit der Vergrößerung des Kornes wächst<sup>1)</sup> und dass dieses Wachsen des Kornes in rohen Emulsionen durch Zusatz von Ammoniak oder durch Wärme hervorgerufen werden kann (Reifen des Bromsilbers).

Wenn man also eine Emulsion hat, welche sich dadurch auszeichnet, dass sie fast kein Korn besitzt, handelt

1) S. Eder, Photographie mit Bromsilbergelatine 1890 (bei W. Knapp in Halle a. S.).







demselben haftet. Dann wird die gefällte Emulsion möglichst fein zerkleinert (zerschnitten) und in kaltem fließenden Wasser kurze Zeit gewaschen. Die gewaschene Emulsion wird in einem Becherglase mit so viel Wasser, dass das ursprüngliche Volumen (600 ccm) wieder erreicht wird, versetzt, bei möglichst niedriger Temperatur geschmolzen und sofort nach dem Filtrieren und eventuellen Zusatz von Farbstoffen (siehe S. 56) vergossen.

Will man das Umschmelzen der Emulsion umgehen, so empfiehlt es sich, das folgende, von Lumière (siehe oben) vorgeschlagene Mittel anzuwenden. Man fällt die Emulsion gar nicht, sondern begießt sofort nach dem

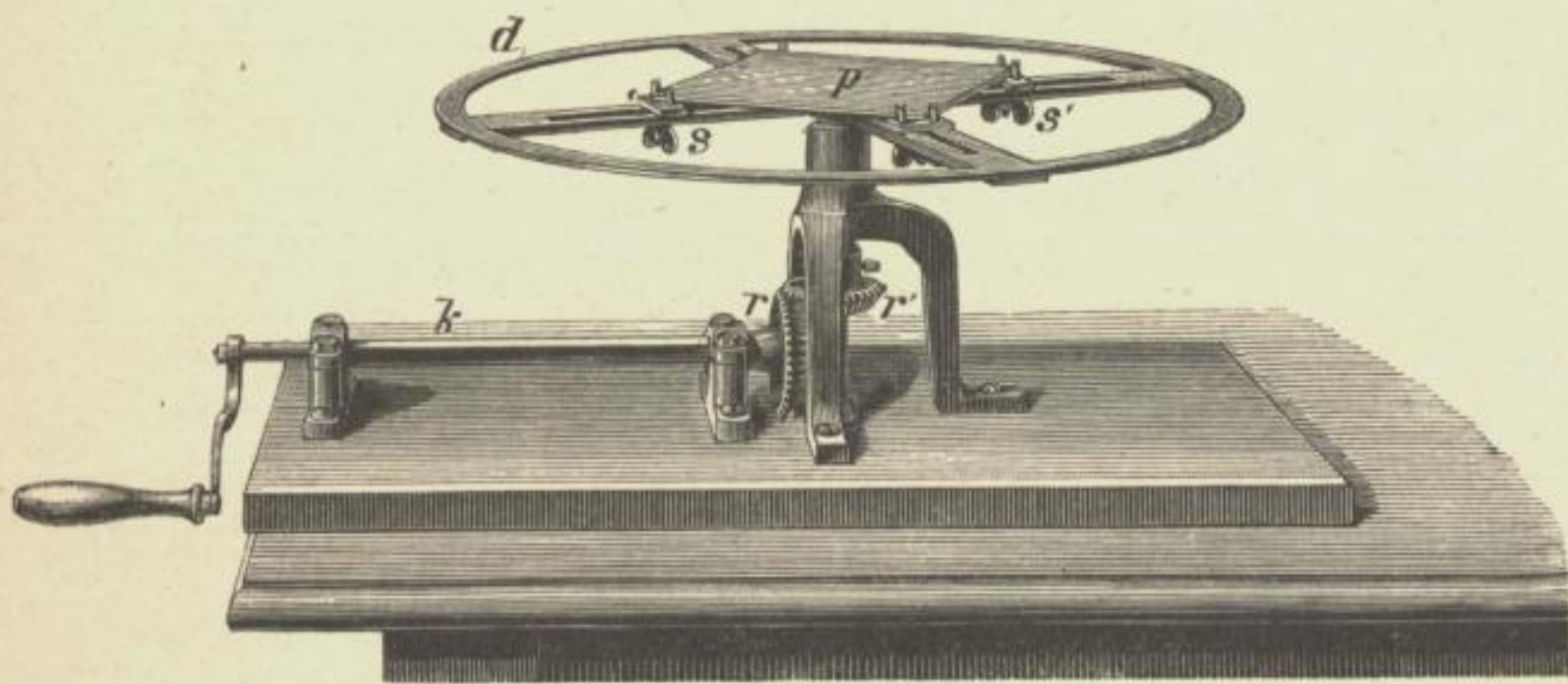


Fig. 15

Mischen und Filtrieren (eventuell Sensibilisieren) die Glasplatten. Zu obigem Zwecke bringt man die Platten dann auf eine wagrecht gestellte Marmorunterlage, bis die Schicht erstarrt ist und wäscht hierauf, wie unten beschrieben, in fließendem Wasser durch ca. 15 Minuten, was vollkommen genügt, die löslichen Salze aus der Schicht zu entfernen.

Die Emulsion muss in jedem Falle vor dem Gusse filtriert werden, wozu man sich am besten einer Hanfschicht<sup>1)</sup>

1) Italienischer Hanf wird mit verdünnter Kalilauge und hierauf mit Wasser mehrere Male ausgekocht, dann gut in fließendem Wasser gewaschen und getrocknet. Statt der Hanfschicht kann man auch sehr feine Glaswolle verwenden.



bedient, welche man die flüssige Emulsion mittels eines Trichters passiren lässt.

Man hat beim Giessen der Platten darauf zu achten, dass die Schicht eine gewisse Dicke nicht übersteigt; ich habe die besten Resultate erzielt, wenn ich mit dünnen Schichten arbeitete. Man kann sich beim Giessen mit Vortheil eines kleinen Apparates (Fig. 15) bedienen, bei welchem die Platten nach dem Gusse auf eine rotirende Scheibe gebracht werden, woselbst der Ueberschuss von Emulsion durch die Centrifugalkraft entfernt wird.

Bei der Präparation der Platten ist es ferner nothwendig, darauf zu achten, dass die gegossenen und erstarrten Platten vor dem Waschen mit verdünntem Alkohol behandelt werden, da andernfalls zahlreiche kleine Luftblasen den Platten zähe anhaften und nach dem Auswässern die Schicht wie von kleinen Nadelstichen bedeckt erscheint. Man legt, um dies zu verhüten, die Platten, wenn die Schicht erstarrt ist, in verdünnten Alkohol und bewegt die Flüssigkeit so lange, bis die einzelnen Luftblasen verschwunden sind, hierauf wird unter der Brause gut abgespült, 12—15 Minuten in fliessendem Wasser gewaschen und sodann getrocknet. Die trockenen Platten sind durchsichtig und lassen im durchfallenden Lichte fast gar keine Präparation erkennen; man bemerkt nur, wenn man dieselben im auffallenden Lichte betrachtet, ein schwaches Opalisiren der Schicht.

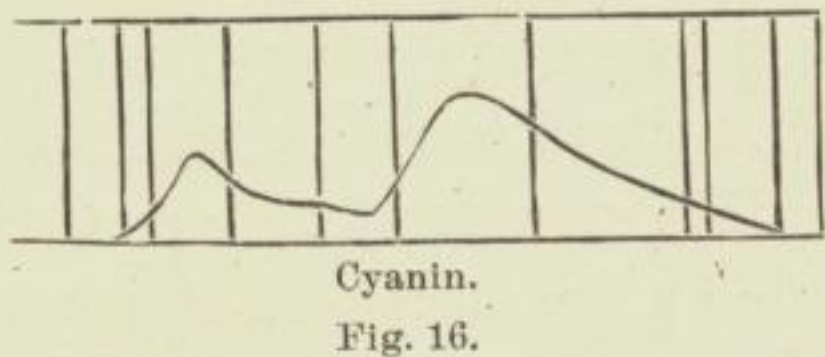
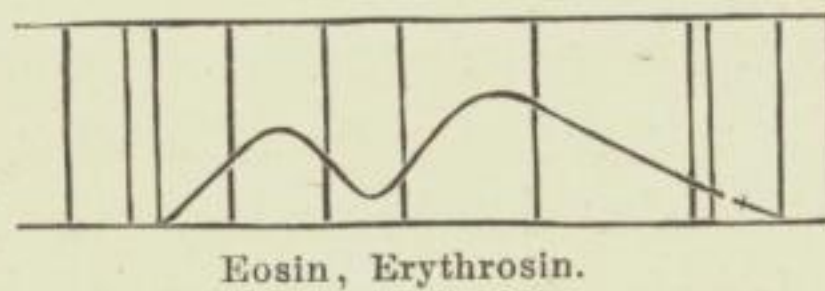
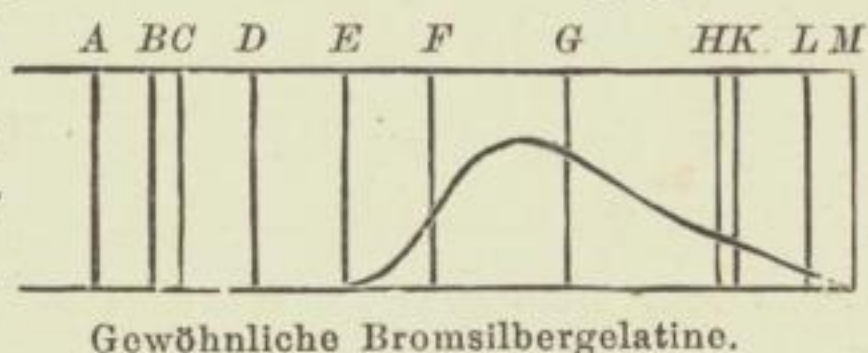
Setzt man eine solche Platte der Einwirkung von Ammoniakdämpfen aus, so wird das Bromsilberkorn augenblicklich vergrößert, die empfindliche Schicht wird weiss und fast undurchsichtig, ist aber dann zu photochromen Aufnahmen unbrauchbar geworden.

Die empfindliche Schicht dieser Platten hat im Allgemeinen mit gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatten ver-



glichen, nur eine sehr geringe Empfindlichkeit<sup>1)</sup>, dieselbe ist am grössten zwischen den Fraunhofer'schen Linien *G* und *F*, also für die blauen Strahlen (S. Fig. 16), während sie gegen das weniger brechbare Ende des Spectrums hin rasch abnimmt. Um diese Platten, welche an und für sich für gelbe und rothe Strahlen ganz unempfindlich sind, für diese Strahlen empfindlich zu machen, verwendet man bekanntermassen gewisse Farbstofflösungen, welche entweder der Emulsion vor dem Giessen der Platten einverleibt werden oder in welchen die mit der ungefärbten Emulsion gegossenen trockenen Platten vor dem

Gebrauche gebadet werden. Farbstoffe, welche in der genannten Richtung wirken, sind Cyanin, Chinolinroth, Erythrosin, Eosin und Eosinsilber. Ich verwende z. B., um meine Platten für die orangerothenen Strahlen (bis zur Fraunhofer'schen Linie *C*) empfindlich zu machen, eine alkoholische Cyaninlösung (1:500), von derselben



werden 1—2 ccm zu je 100 ccm der Emulsion gegeben und dann die Platten gegossen oder es werden die ungefärbten trockenen Platten in einem Bade, bestehend aus 1—5 ccm obiger Lösung in 100 ccm Wasser, welche Lösung vor dem Gebrauche filtrirt werden muss, während zwei Minuten gebadet und trocknen gelassen.

Das Cyanin ertheilt den Bromsilberplatten ein Maximum der Empfindlichkeit zwischen den Fraunhofer'schen

1) Die völlig ungeriefen kornlosen Bromsilbergelatineplatten, welche die besten Farbenbilder geben, sind mehr als tausendmal unempfindlicher, als die gewöhnlichen Trockenplatten des Handels.



Linien *C* und *D* bis *E*, während das Erythrosin ein Maximum zwischen *D* und *E* liegend ergibt (Fig. 16). Es erscheint deshalb vortheilhaft, Gemische dieser beiden Farbstoffe zur Sensibilisirung der Emulsion zu verwenden und es hängt die richtige Wirkung nicht nur von der Quantität des Gesamtfarbstoffes, sondern auch vom Mischungsverhältnisse der beiden Stoffe zu einander ab. Zahlreichen von mir angestellten Versuchen zu Folge ist das folgende Mischungsverhältniss das beste:

Auf je 100 ccm Emulsion setzt man 1—2 ccm eines Gemenges von: 4 ccm Cyaninlösung (1:500),  
2 „ Erythrosinlösung (1:500).

Vortheilhaft erwies sich mir ferner in manchen Fällen die Verwendung des Vogel'schen Azalins<sup>1)</sup>, welches in einem ähnlichen Verhältnisse wie die Cyaninlösung der Emulsion zuzusetzen ist. Bromeosin lässt sich gleichfalls mit Vortheil als Sensibilisator benutzen. Das Silbersalz des Eosins ist besonders für Badeplatten gut brauchbar und habe ich mit diesem Sensibilisator bei Wiedergabe von Mischfarben unter Umständen sehr gute Resultate erzielt. Wenn man Spectralphotographien mittels mit Cyanin sensibilisirter Platten herstellt, erhält man meistens und insbesondere bei verhältnissmässig kurzen Belihhtungen nicht geschlossene Spectrumbilder, indem das Maximum zwischen *C* und *D* überwiegt. Man kann diesem Uebelstande dadurch abhelfen, dass man das Blau und Grünblau unter Anwendung geeigneter Lichtfilter nachbelichtet. Dies ist aber durchaus nicht unbedingt nothwendig und man erzielt bessere Resultate, wenn man die Platten kurz vor dem Gebrauche in einer Lösung von 5 g Silbernitrat in 1 Liter Alkohol, welcher Lösung man ca. 5 g Essigsäure zusetzt, badet. Durch dieses Bad wird die Allgemein-

1) Dasselbe ist ein Gemenge von Chinolinblau (0,1 g in 50 ccm Alkohol gelöst) und Chinolinroth (1 g in 500 ccm Alkohol gelöst).



empfindlichkeit der Platten und damit die Blauempfindlichkeit gehoben und man erhält bei kürzerer Belichtung geschlossene Spectren, welche ein brillantes Blau zeigen.

## II. Chlorsilber- und Chlorbromsilbergelatine-Emulsionen.

Bereitet man sich in der geschilderten Weise und unter Einhaltung derselben Cautelen, wie beim Bromsilber, eine Chlorsilberemulsion, so erhält man eine Flüssigkeit, welche zwar, was Feinheit des Kornes anbelangt, das Denkbare leistet, aber noch unempfindlicher ist als die Bromsilberemulsion. Wenn man aber diese Emulsion vor dem Giessen mit 1,5 cem Cyaninlösung auf 100 cem Flüssigkeit versetzt, erhält man Platten, welche eine relativ grosse Empfindlichkeit für die rothen, gelben und grünen Strahlen zwischen den Fraunhofer'schen Linien *C* und *E* zeigen, dagegen sehr unempfindlich über *E* hinaus gegen das brechbare Ende des Spectrums sind. Die Thatsache, dass das Chlorsilber verhältnissmässig mehr für Farbensensibilisatoren zugänglich ist, d. h. dass die Sensibilisirungsmaxima kräftiger und rascher hervortreten als bei Bromsilber, wurde bereits von Eder<sup>1)</sup> vor längerer Zeit constatirt. Das Eigenmaximum des Chlorsilbers liegt in der Nähe von *H* an der Grenze des Violett und Ultraviolett, es kommt bei Spectroskopien à vision direct infolge der dicken Glaskörper nicht zur Geltung. Bei der geringen Empfindlichkeit des Chlorsilbers für Hellblau kommt diese Farbe in den mit solchen Emulsionen hergestellten Photochromien nicht zur Wirkung; es erscheint aber das Blau sofort mit vollkommen befriedigender Lebhaftigkeit, wenn man der Chlorsilbergelatine-Emulsion 30 — 50 Procent Bromsilberemulsion zusetzt und bei etwas höherer Temperatur, als dies bei Bromsilberemulsion beschrieben ist (ca. 40 Grad C.), arbeitet.

1) Siehe Eder's Handb. d. Photographie, III. Th., IV. Auflage, 1890, S. 175.



Wenn man Chlorbromemulsionen herstellt, indem man das Chlor- und Bromsilber gleichzeitig emulgirt und der flüssigen Emulsion sofort die Farbstoffe zusetzt, schliesst sich das Spectrum und man erhält nahezu ein continuirliches Band in welchem das Roth, Gelb und Grün mit besonderer Brillanz hervortritt.

Nach vielen Versuchen ergab sich, dass die folgenden Vorschriften Emulsionen geben, welche zur Herstellung von Lippmann'schen Photochromien sehr gut geeignet sind.

I.										
A.	<table style="border: none;"> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td style="padding-left: 0.5em;">Wasser . . . . .</td> <td style="padding-left: 1em;">200 ccm,</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td style="padding-left: 0.5em;">Gelatine . . . . .</td> <td style="padding-left: 1em;">10 g.</td> </tr> </table>	{	Wasser . . . . .	200 ccm,	{	Gelatine . . . . .	10 g.			
{	Wasser . . . . .	200 ccm,								
{	Gelatine . . . . .	10 g.								
B.	<table style="border: none;"> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td style="padding-left: 0.5em;">Wasser . . . . .</td> <td style="padding-left: 1em;">15 ccm,</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td style="padding-left: 0.5em;">Silbernitrat . . . . .</td> <td style="padding-left: 1em;">1,5 g.</td> </tr> </table>	{	Wasser . . . . .	15 ccm,	{	Silbernitrat . . . . .	1,5 g.			
{	Wasser . . . . .	15 ccm,								
{	Silbernitrat . . . . .	1,5 g.								
C.	<table style="border: none;"> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td style="padding-left: 0.5em;">Wasser . . . . .</td> <td style="padding-left: 1em;">15 ccm,</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td style="padding-left: 0.5em;">Bromkalium . . . . .</td> <td style="padding-left: 1em;">0,35 g,</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td style="padding-left: 0.5em;">Chlornatrium . . . . .</td> <td style="padding-left: 1em;">0,35 g.</td> </tr> </table>	{	Wasser . . . . .	15 ccm,	{	Bromkalium . . . . .	0,35 g,	{	Chlornatrium . . . . .	0,35 g.
{	Wasser . . . . .	15 ccm,								
{	Bromkalium . . . . .	0,35 g,								
{	Chlornatrium . . . . .	0,35 g.								

A wird in zwei gleiche Theile vertheilt, der eine Theil bei ca. 35—40 Grad C. mit B, der andere in C gegossen, gut gemischt und hierauf B in C gegossen.

II.													
A.	<table style="border: none;"> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td style="padding-left: 0.5em;">Wasser . . . . .</td> <td style="padding-left: 1em;">300 ccm,</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td style="padding-left: 0.5em;">Gelatine . . . . .</td> <td style="padding-left: 1em;">10 g,</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td style="padding-left: 0.5em;">Silbernitrat . . . . .</td> <td style="padding-left: 1em;">6 g.</td> </tr> </table>	{	Wasser . . . . .	300 ccm,	{	Gelatine . . . . .	10 g,	{	Silbernitrat . . . . .	6 g.			
{	Wasser . . . . .	300 ccm,											
{	Gelatine . . . . .	10 g,											
{	Silbernitrat . . . . .	6 g.											
B.	<table style="border: none;"> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td style="padding-left: 0.5em;">Wasser . . . . .</td> <td style="padding-left: 1em;">300 ccm,</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td style="padding-left: 0.5em;">Gelatine . . . . .</td> <td style="padding-left: 1em;">20 g,</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td style="padding-left: 0.5em;">Bromkalium . . . . .</td> <td style="padding-left: 1em;">2,4 g,</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td style="padding-left: 0.5em;">Chlornatrium . . . . .</td> <td style="padding-left: 1em;">1,5 g.</td> </tr> </table>	{	Wasser . . . . .	300 ccm,	{	Gelatine . . . . .	20 g,	{	Bromkalium . . . . .	2,4 g,	{	Chlornatrium . . . . .	1,5 g.
{	Wasser . . . . .	300 ccm,											
{	Gelatine . . . . .	20 g,											
{	Bromkalium . . . . .	2,4 g,											
{	Chlornatrium . . . . .	1,5 g.											

Mischungstemperatur 35 Grad C.

Ich konnte mich bis jetzt trotz zahlreicher Versuche noch nicht endgültig entscheiden, welche von nachstehenden Emulsionen die günstigeren Resultate ergiebt, da bald die eine, bald die andere, je nach den Lichtverhältnissen,



besser arbeitete, so gebe ich hier die Vorschrift zu einer chlorsilberreicheren und einer chlorsilberärmeren Chlorbromemulsion.

### III. Versuche des Verfassers zur Herstellung farbiger Spectrumbilder.

Zur Herstellung von Spectrumbildern bediente ich mich eines ähnlichen Apparates, wie jenes, welchen Lippmann bei seinen Versuchen benutzt hatte, mit dem Unterschiede, dass ich an Stelle der offenen Cassette eine völlig geschlossene anwandte, welche direct mit dem kleinen Steinheil'schen Spectrographen, wie Figur 17 zeigt, in

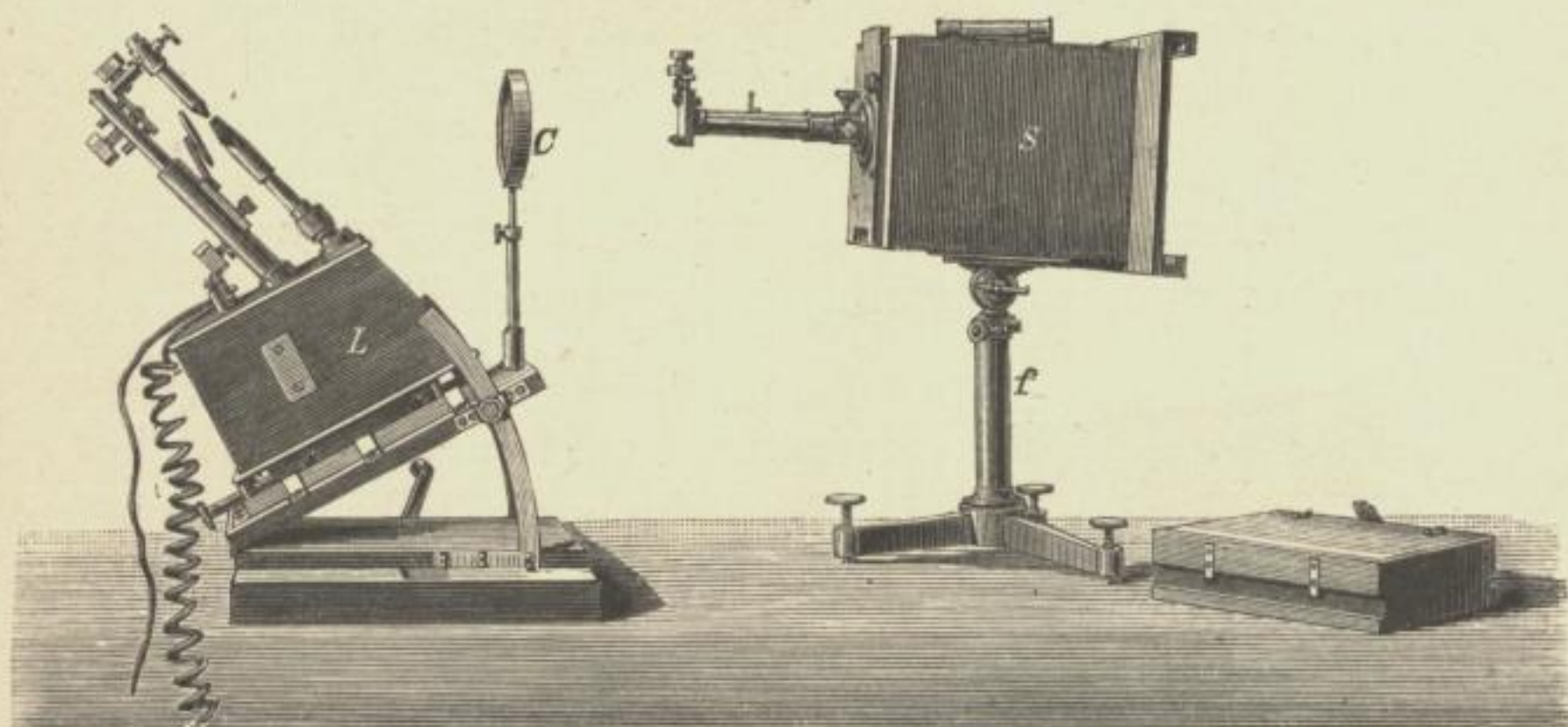


Fig. 17.

Verbindung gebracht werden kann, indem man sie einfach an Stelle der gewöhnlichen Cassette einschiebt.

Die von mir construirte Cassette, Fig. 18 (a u. b) besteht aus einem hölzernen Kästchen, welches einerseits einen Schieber, andererseits einen aufklappbaren Deckel besitzt, durch welchen letzteren der eiserne Rahmen, der die Platte und das Quecksilber enthält, leicht eingesetzt werden kann. Dieser letztere Theil des Apparates besteht aus der Rückplatte *R*, welche auf 2 mm ausgehöhlt und zur Aufnahme des Quecksilbers bestimmt ist. Diese Platte ist mit Kautschukdichtungen versehen und wird mittels des Rahmens *D* und zweier Federn *KK*<sub>1</sub> an die empfindliche



Schicht der Bromsilbergelatineplatte angepresst. Die eiserne Rückplatte ist an zwei Stellen durchbohrt und es dienen

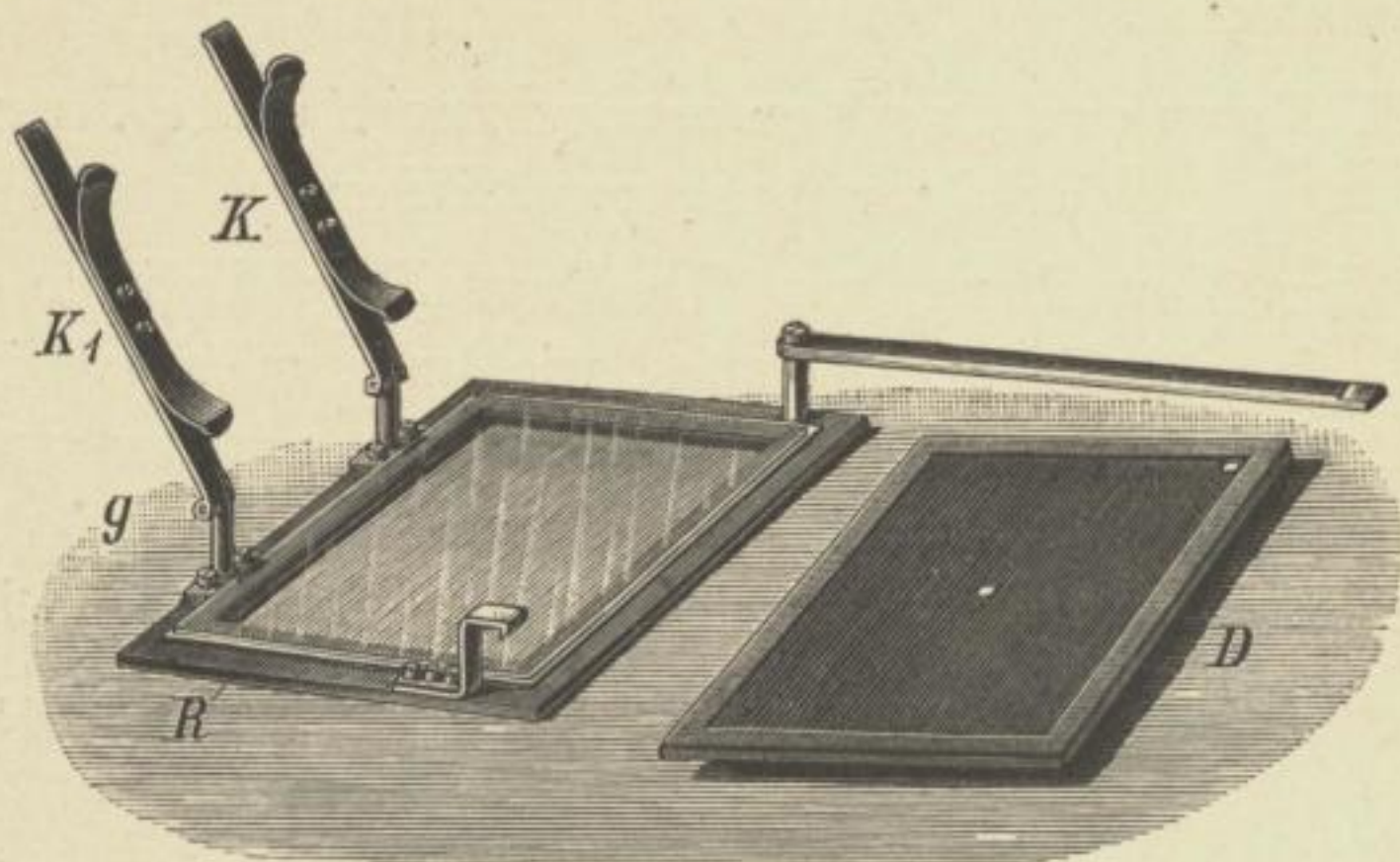


Fig. 18 a.

diese Löcher  $SS_1$ , welche mittels Eisenschrauben verschliessbar sind, zum Einfüllen des Quecksilbers.

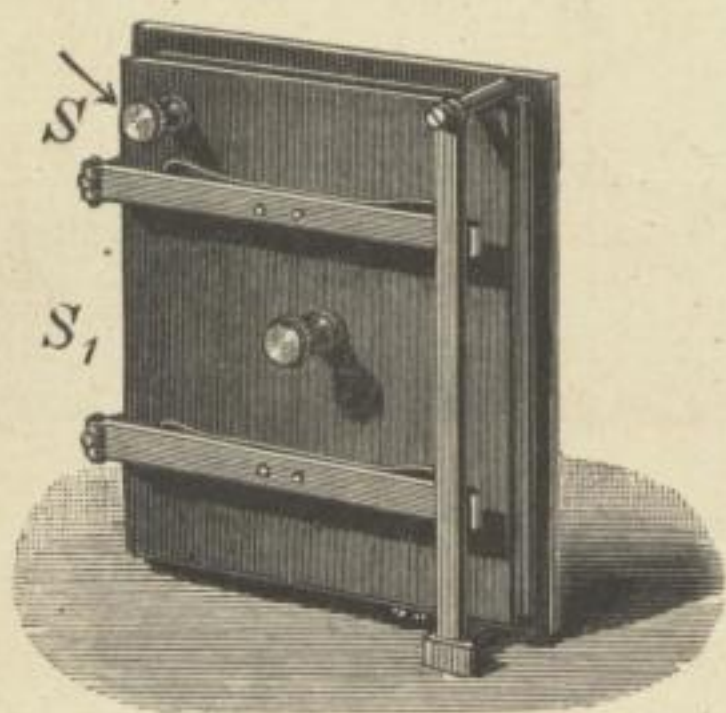


Fig. 18 b.

Die Handhabung der Cassette ist eine sehr einfache. Die lichtempfindliche Platte wird auf die Kautschukdichtung des Rahmens, Schicht nach oben, gelegt und hierauf die Rückenplatte eingesetzt, welche mittels der mit Federn versehenen Hebel  $KK_1$  an dieselbe ange-drückt wird. Hierauf wird das Quecksilber eingefüllt und der

Apparat nach Verschliessung der Füllöffnungen in das Holzkästchen gelegt, welches mit Nuten wie eine gewöhnliche Cassette versehen ist und an Stelle einer solchen sowohl am Steinheil'schen Spectrographen als auch an einer geeigneten Landschafts-Camera angebracht werden kann.

Die Exposition dauert bei Anwendung von Sonnenlicht und einer Spaltöffnung des Spectrographen von ca. 0,3 mm 0,5—1 Minute, während dieselbe bei weit geöffnetem Spalte



und Anwendung einer Sammellinse auf 10—20 Secunden herabgedrückt werden kann.

Das Entwickeln der exponirten Platte kann nicht mit jedem beliebigen Entwickler vorgenommen werden; es darf der Entwickler, wie bereits erwähnt wurde, keine dunkle Silberausscheidung bewirken, sondern er soll einen möglichst weissen Silberniederschlag auf der Platte hervorbringen. Es eignen sich daher zu diesem Zwecke beispielsweise jene Entwickler, welche für Bromsilbergelatine-Ferrotypplatten benutzt werden, da in diesem Falle ebenfalls ein weisser Silberniederschlag verlangt wird.

Ich benutzte hierzu den folgenden Entwickler:

A.	{	Pyrogallol . . . . .	4 g,
		Wasser . . . . .	400 g,
		Salpetersäure . . . . .	6 Tropfen.
B.	{	Bromkalium . . . . .	10 g,
		Wasser . . . . .	400 g,
		Einf. Ammoniumsulfid . . . . .	12 g,
		Ammoniak ( $D=0,91$ ) . . . . .	14 ccm.

Man mischt 2—3 Theile von B mit 1 Theil von A und 12—14 Theilen Wasser.

Der Silberniederschlag ist hell und es tritt die Bildung der Farben nach dem Fixiren, Waschen und Trocknen lebhaft hervor.

Sehr gute Dienste erwies mir auch der von Lumière empfohlene Entwickler (siehe S. 50), welchen ich in etwas geänderter Form häufig benutze und zwar:

A.	{	Wasser . . . . .	100 ccm,
		Pyrogallol . . . . .	1 g.
B.	{	Wasser . . . . .	200 ccm,
		Bromkalium . . . . .	20 g,
		Ammoniak ( $D=0,960$ bei $18^{\circ}$ C.) . . . . .	67 ccm.

Man mische von A . . . . . 10 ccm,  
                   B . . . . . 20 ccm,  
                   Wasser . . . . . 70 ccm.



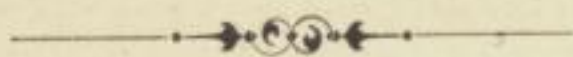
Für Chlorbromplatten verdünnt man diesen Entwickler auf das Doppelte und belichtet reichlich; man entwickelt so lange, bis die nöthige Dichte erreicht ist (bei Spectrumaufnahmen das Band fast geschlossen erscheint).

Fixirt werden sowohl die reinen Bromsilber- als auch die Chlorbromplatten nach dem Abwaschen am besten in einer 4—5 procentigen Cyankaliumlösung.<sup>1)</sup> Die Fixage nimmt sehr kurze Zeit, 10—20 Secunden, in Anspruch, wenn die Platten dünn gegossen, oder nach dem Gusse centrifugirt wurden. Das Auswaschen dauert ebenfalls in fließendem Wasser nur sehr kurze Zeit (einige Minuten); auch trocknen diese Platten vermöge ihrer dünnen Schicht sehr schnell und gleichmässig.

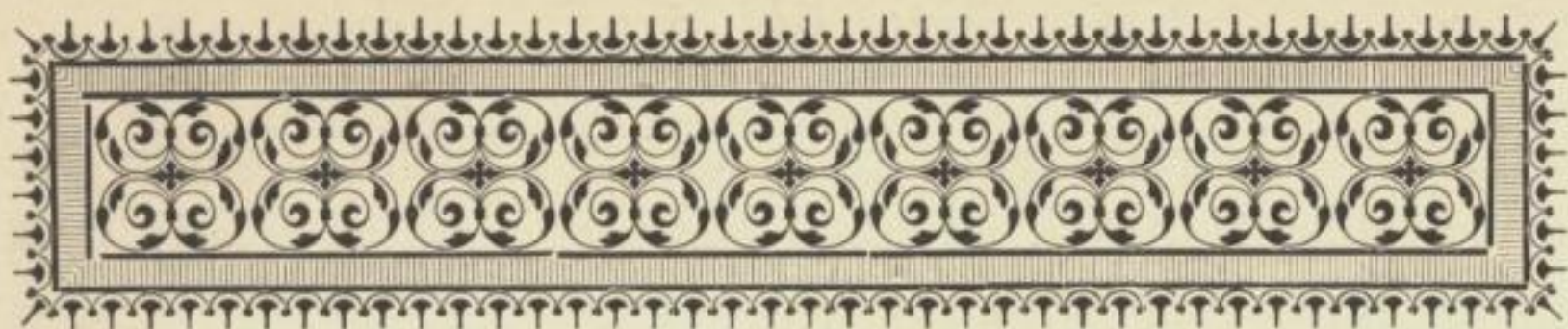
Die Bilder zeigen bei richtiger Expositionszeit und Entwicklung nach dem Waschen und Trocknen die natürlichen Farben sehr brillant. Die Lebhaftigkeit der Farben ist eine grössere, bei Verwendung von Cyankaliumlösung als Fixirmittel, als bei Anwendung von Fixirnatronlösung.

Interessant erscheint die von mir mehrfach gemachte Beobachtung, dass man sehr kurz belichtete und entwickelte Farbenbilder, wenn selbe im Fixirnatron fixirt und gewaschen wurden, verstärken kann. Solche Bilder zeigen ursprünglich fast keine Farben. Legt man selbe in schwache Quecksilberchloridlösung und reducirt nach dem Waschen das weisse Bild mit Amidol + Natriumsulfitlösung, so entsteht ein schwarzes Bild, welches nach dem Trocknen ein recht deutliches Farbenbild giebt, dessen Nuance allerdings mit einem direct gewonnenen Lippmann'schen Spectralbilde nicht ganz übereinstimmt; dasselbe zeigt nämlich die Farben nur auf der Schichtseite, in der Durchsicht und auf der Glasseite ist es braunschwarz gefärbt.

1) Schwache Schleier werden hierbei entfernt.







## VI. Capitel.

### Ueber die Correctheit der Farbenwiedergabe bei Lippmann's Photochromien. — Abnormale Farbenerscheinungen.

Mit Hilfe des von mir geschilderten Verfahrens werden bei strenger Einhaltung der Versuchsbedingungen Platten erhalten, mit deren Hilfe man nicht nur das Spectrum, sondern auch Mischfarben wahrheitsgetreu wiederzugeben im Stande ist.

H. Krone<sup>1)</sup> stellte eine Anzahl Regeln für das correcte Zustandekommen der Farben beim Lippmann'schen Verfahren auf, welche zumeist mit meinen Erfahrungen übereinstimmen. Die Bedingungen, unter denen eine correcte brillante Wiedergabe der Farben möglich ist, sind nach dem genannten Autor aus folgenden Regeln ersichtlich:

„1. Ist es unerlässlich, dass die empfindliche Schicht durchaus homogen sei und das Vorhandensein einer Spiegelung in Berührung mit dieser Schicht, deren (reflectirte) resultirende Strahlen mit den direct einfallenden interferiren und so in der Schicht stehende Wellen erzeugen.“

„2. Ueberschreitet die Bildschicht eine gewisse Dicke, so kommen die Farben entweder gar nicht oder anders gefärbt (d. h. in anderen Wellenlängen) zum Ausdruck.“

„Ueberall dort, wo die reguläre Schicht ein Staubtheilchen umhüllt, kommt diese Erscheinung in allen Variationen zur Geltung.“

1) Deutsche Photographen-Zeitung 1892, S. 187. Vergl. auch Eder's Jahrb. f. Photogr. f. 1893.



„3. Das wahrheitsgetreue und lokalrichtige Auftreten der Farben im Bilde ist nicht absolut, sondern relativ und hängt ohne Ausnahme ab von:

- a) einem peinlich genauen günstigen Zusammenstimmen des in der Schicht aufs Feinste vertheilten Haloïdsilbers mit dem Farbensensibilisator und dessen Dosirung;
- b) von dem Wärmegrade beim Trocknen der Schicht;
- c) von der Belichtungsdauer bei der Aufnahme;
- d) von der Entwicklung.“

„So kann es sich ereignen, dass bei minder günstigem Zusammenstimmen der erwähnten Factoren, z. B. in der Region des Blau, Grün, in jener des Roth, Gelb u. s. w. auftritt. Dies ist auch Veranlassung, dass im Farbenresultate manchmal Erscheinungen einer ganz anomalen Farbdispersion auftreten, dass manche Farbe ganz ausbleibt etc.“

„4. Ein vermehrter oder verminderter Feuchtigkeitsgehalt im Resultat verändert die Farben.“

„5. Bezüglich der Sonnenhöhe bei der jeweiligen Aufnahme des Spectrums bemerkt K r o n e, dass bei zu niedrigem Sonnenstande (kurz nach Sonnenaufgang oder vor Sonnenuntergang), wiewgleich das Spectroscop alle Farben anscheinend kräftig zeigt, die Strahlen um so grösserer Brechbarkeit eine um so geringere Actinität zeigen, so dass endlich selbst bei verlängerter Belichtung, z. B. kurz vor Sonnenuntergang, das Violett, Blau und Ultraviolett nicht mehr fertig werden. Es verschwindet zuerst das Ultraviolett, dann das Blau, dessen Region durch Verlängerung von Grün übertüncht erscheint oder einen stahlgrauen Farbenton zeigt.“

„6. Bei genügend kräftiger Belichtung erscheint das dem Auge unsichtbare Ultraroth (ausserhalb der Linie *A*) im photographischen Resultate als dunkelpurpur. Das Ultraviolett (ausserhalb der Linie *H*) abklingend in gelblich-rosenröthlicher Lavendelfarbe.“



„7. Innerhalb der ultravioletten Partie (ausser der Fraunhofer'schen Linie *H*) tritt bei Verwendung von elektrischem Bogenlicht als Lichtquelle, von der *H*-Gruppe getrennt durch eine farblos bleibende Gruppe von Kohlenlinien, ein höchst intensives Lichtmaximum auf, welches schon optisch erkennbar, bei ausreichender Belichtung tiefer und intensiver dunkelblau als das Indigoblau des Sonnenspectrums erscheint.“

„8. Die Actinitäts-Intensität des elektrischen Bogenlichtes bei 36 cm Abstand des Spectroscopspaltes vom positiven Pol der Kohlenspitzen verhält sich zu der des directen Sonnenlichtes (Mittag, April, klarer Himmel) wie 1:38 bis 1:40.“

„9. Nur bei Benutzung des Lippmann'schen Quecksilberspiegels ist es unter Einhaltung der Bedingungen (Punkt 3) möglich, die dem optischen Spectrum entsprechenden Farben im photographischen Farbenresultate gleichzeitig und an der richtigen Stelle darzustellen.“

„Gespiegeltes Licht wirkt immer langsamer wie direct einfallendes und empfiehlt Krone im ersteren Falle die Verwendung eines Metallspiegels um die Bildung zweier Spectrumbilder zu vermeiden, welche zur Entstehung von Mischfarben im Bilde Veranlassung geben würden.“

Hierzu habe ich nach den von mir gemachten Erfahrungen Folgendes zu bemerken:

ad Punkt 1. Es wurde bereits erwähnt (S. 22), dass die Grösse des Kornes der zu verwendenden Platten im Verhältniss zur Wellenlänge des betreffenden Lichtes verschwindend klein sein muss.

Wird diese Bedingung nun unvollkommen erfüllt, so erhält man anomale Spectrumbilder, so kann es geschehen, dass durch verschiedene Einflüsse bei der Emulsionsbereitung (z. B. Temperaturen von nur wenig mehr als 40 Gr. C., längeres Stehen der Emulsion bei 40 Gr. C. etc.), Platten erhalten werden, welche wohl das Roth, Gelb und



Grün, aber nur sehr wenig Blau und gar kein Violett geben. Solche Platten sind durchaus noch nicht den gewöhnlichen unreifen Bromsilber-Emulsionen ähnlich, sondern zeigen höchstens eine etwas stärkere Opalescenz, als dies bei correct bereiteten Bromsilbergelatine-Trockenplatten für den Lippmann-Process, wie ich deren Beschreibung in den vorhergegangenen Capiteln ausführlich gegeben habe, der Fall ist. Das Silberkorn dieser Platten ist mikroskopisch noch immer nicht erkennbar, aber dieselben geben selbst bei starker Ueberbelichtung kein Blauviolett mehr.

War die Temperatur bei der Herstellung der Platten eine viel höhere als 40 Grad C. und hat man längere Zeit digerirt, so geben solche Platten, welche dann eine starke Trübung erkennen lassen, gar keine Farben mehr.

ad 2 ist zu bemerken, dass man entweder die Menge der Gelatine in der Emulsion herabsetzen kann, wodurch erreicht wird, dass beim Ablaufenlassen durch Lothrechtstellen der Platte nach dem Gusse während kurzer Zeit der grösste Theil der Emulsion von der Platte abrinnt und nur eine sehr dünne Emulsionshaut verbleibt oder dass man die normale Menge Gelatine nimmt und die Platten ausschleudert, wie ich dies bereits angegeben habe. Zu dick gegossene Platten geben anomale Bilder. Die Farben solcher Platten zeigen geringe Brillanz und sind häufig nicht an ihrem richtigen Platze. Betrachtet man ein solches Spectrum von der Glasseite, so sieht man die Farben verschoben. Diese Verschiebung hat Stolze<sup>1)</sup> auch an einem von Krone mittels Albuminplatten hergestellten Spectrum constatirt und daraus Schlüsse auf das Nichtstimmen der Theorie mit den practischen Resultaten gezogen, welche von Zenker widerlegt wurden. Sie tritt um so stärker auf, je dicker die Schicht

1) Photogr. Nachrichten 1892, S. 272.



ist. Zenker<sup>1)</sup> erklärt diese Umwandlung der Farben aus der Plättchenstructur der Schicht, indem er annimmt, dass störende Einflüsse verändernd auf die Farben gewirkt haben. Der rothe Spectralbezirk der Vorderseite erscheint bei solchen Spectren in einen orangerothern, gelben und gelbgrünen umgewandelt.

„Man bedenke, dass bei der Exposition zwar die oberste Lage der Schicht (die man von vorn zunächst sieht) gewiss schon ihre definitive Dichtigkeit angenommen hatte, die tieferen Lagen aber (die man von der Glasseite her zunächst sieht) jedenfalls noch im halbgequollenen Zustande sich befanden, den sie erst nach der Exposition bei voller Austrocknung verloren. Die Plättchenschichten also, welche in den tieferen Lagen ausgeschieden waren, mussten nachher noch näher an einander rücken und konnten dann nicht mehr rothe und purpurrothe Strahlen reflectiren, sondern nur noch orange bis grüne. Ja, es ist bezeichnend, dass das Grün (welches von diesen drei Farben die kürzeste Wellenlänge hat) gerade am äussersten, auf der Vorderseite purpurrothen Ende des Spectrums auftritt, ein Zeichen, dass hier die Austrocknung am grössten war und vielleicht (?) noch in Verbindung mit einem mechanischen Drucke gewirkt hatte.“

Was den Punkt 3a) anbelangt, so habe ich bereits im vorigen Capitel der Wichtigkeit des Zusammenstimmens von Sensibilisator und Emulsion sowie der Dosirung erwähnt. Verwendet man z. B. Platten, welche mit einem Gemenge von Cyanin und Erythrosin sensibilisirt wurden, so erhält man, wenn das richtige Verhältniss nicht eingehalten wurde, sondern das Erythrosin in zu grosser Menge vorhanden ist, Spectrumbilder, bei denen das Grün dominirt.

ad b) will ich bemerken, dass sowohl die durch verschiedenen Feuchtigkeitsgehalt als die durch die verschiedenen

---

1) Eder's Jahrb. f. Phot. f. 1893, S. 114.



stark differirenden Temperaturen bewirkte Ausdehnung resp. Zusammenziehung der Schicht Anomalien hervorbringen kann. Wenn man ein nach dem Lippmann'schen Verfahren hergestelltes Spectrumbild anhaucht, so wird man sofort bemerken, wie der rothe Spectralbezirk sich vergrößert, das Roth und desgleichen die folgenden Farben nach dem brechbaren Ende des Spectrums zu wandern beginnen. Der Grund dieser auffallenden Erscheinung liegt in dem Umstande, dass beim Anhauchen die Gelatine Feuchtigkeit annimmt und aufquillt; dadurch werden die einzelnen spiegelnden Silberschichten von einander entfernt und wie es die Theorie bedingt, werden nur jene Strahlen des auffallenden weissen Lichtes zur Reflexion gelangen, deren halbe Wellenlänge der durch das Anhauchen erweiterten Distanz der Lamellen von einander entspricht.

Ist der Feuchtigkeitsgehalt der Luft in jenem Locale, in welchem die Platten aufbewahrt und in die Cassette eingelegt wurden, ein wesentlich verschiedener von jenem, in welchem dieselben nach dem Entwickeln und Fixiren getrocknet wurden, so kann eine Verschiebung der Farben eintreten, welche sich manchmal, z. B. bei Aufnahme von farbigen Gegenständen, sehr unangenehm bemerkbar macht, indem ganz unrichtige Farben im Bilde erscheinen.

Den Einfluss, welchen ein verschiedener Feuchtigkeitsgehalt der Gelatineschicht zur Zeit der Exposition und später beim fertigen Spectrumbilde hervorbringt, kann man in sehr treffender Weise demonstrieren, wenn man eine mit Eosin sensibilisirte Platte vor der Exposition bei 100 Grad C. trocknet und sodann in die Cassette einlegt und exponirt. Das fertige, bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft getrocknete Bild wird in Folge des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft nicht mehr jenen Grad von Trockenheit annehmen können, welchen die Gelatineschicht zur Zeit der Exposition der Platte besass; die Folge davon ist, dass im fertigen Bilde alle Farben nach dem weniger



brechbaren Ende zu verschoben erscheinen, der rothe Spectralbezirk erscheint derart verbreitet, dass die Platte den Eindruck macht, als wäre die Emulsion mit Cyanin oder Chlorophyll und nicht mit Eosin sensibilisirt worden. Das Experiment ist sehr lehrreich und wieder ein Beweis mehr für die Richtigkeit von Zenker's Theorie.

Es ist aus diesem Grunde zu empfehlen, die Platten in einem nicht zu warmen trockenen Locale aufzubewahren und einzulegen (nach dem Füllen der Cassette mit trockenem Quecksilber kann sich der Feuchtigkeitsgehalt der Schicht kaum mehr ändern, da dieselbe von der Luft abgeschlossen ist) und in demselben Locale das fast trockene Bild fertig trocknen zu lassen. — Um die Bilder, welche richtige Farben zeigen, gegen die Einflüsse von Feuchtigkeit und die damit verbundenen Farbenverschiebungen zu sichern, ist es am besten, auf dieselben mit Hilfe von Canada-balsam ein dünnes Deckglas aufzukitten; dadurch wird nicht nur das Bild geschützt, sondern es wird auch die Brillanz und Klarheit desselben wesentlich gehoben, indem der metallische Glanz, welchen manche Bilder zeigen, verschwindet und den reinen Farben Platz macht.

Betreffend den Punkt c) muss hervorgehoben werden, dass zu kurz belichtete Platten, welche mit Farbstoffen, z. B. Cyanin sensibilisirt worden sind, das Cyanin-Maximum im Orange scharf hervortreten lassen, solche Bilder zeigen Roth, Gelb und Grün deutlich, dann kommt das Minimum und sodann undeutlich Blau und Violett. Das Spectrum-bild erscheint zerrissen.

Bei zu langer Belichtung tritt um das Maximum die Bildung einer Aureole ein und die Farben verlieren stark an Brillanz.

Bei richtiger Belichtung werden stets reine Farben erzielt, wenn man sich an die bereits angegebenen Vorschriften hält; eine Unterbelichtung ergiebt entweder gar



keine Farben oder die bereits beschriebene Erscheinung des unterbrochenen Spectrumbildes.

Diese Thatsache lässt sich auch leicht aus der Theorie erklären. An den Interferenzstellen, den Knotenpunkten der stehenden Lichtwellen, findet gar keine Lichtwirkung und folglich bei der Entwicklung keine Silberausscheidung statt. Die Silberausscheidung beginnt aber gleich neben denselben und wird am stärksten in den Lichtmaximas sein. Wir werden also die besten Resultate und die reinsten Farben dann erhalten, wenn die Belichtung so gewählt ist, dass in den Maximas eine genügend geschlossene Silberausscheidung stattfindet, ohne dass die ganze geforderte Wellenlänge von dazwischen geschobenen kürzeren Wellenlängen und entsprechenden Reductionsniederschlägen im Resultat beeinträchtigt wird (Krone).<sup>1)</sup>

Bei Ueberbelichtungen tritt, wie Krone an seinen Spectrumbildern constatirte, ein Ausbleichen der Farben ein, welches der genannte Autor wie folgend erklärt:

„1. Der Bleichvorgang bei der photographischen Farbdarstellung von Spectren ist ein Solarisationsvorgang.“

„2. Die durch Ueberbelichtung der fordernden Farbenbestrahlung ausgebleichten Farbenregionen erscheinen im Farbenresultat in derjenigen Farbe, welche dem Vorwalten relativ begleitender Farbenlängen in den local interferirten Wellen entspricht und zwar so lange die Ueberbelichtung sich nur auf die Lichtmaxima erstreckt.“

„3. In diesem Falle ist das Auftreten von Mischfarben unausbleiblich, da die Partien jeder einzelnen Welle in ihren unter sich durchaus verschiedenen Entfernungen vom nächsten Interferenzpunkte unter sich verschiedene Wellenlängen zum Ausdrucke bringen, deren actinische Beschaffenheit sich nach Massgabe der erfolgenden Be-

1) Krone, Ueber Farbenphotogramme des Spectrum. Photogr. Corresp. 1893, S. 392.



lichtungsdauer ungefähr in grösserer oder geringerer Intensität im Farbenresultat äussert.“

„4. Erstreckt sich die Ueberbelichtung nicht bloss auf die Lichtmaxima, sondern auf die ganze stehende Welle, sodass die reducirende Thätigkeit des Lichtes in der fortgeschrittenen Solarisationsintensität überhaupt so lange nicht mehr wahrzunehmen ist, bis die Solarisation in ein noch höheres Stadium getreten ist, so tritt der Bleichvorgang durch die ganze stehende Welle von einem Interferenzpunkte bis zum nächsten in voller Intensität auf und die ganze überbelichtete Partie erscheint Weiss.“

„5. Bei noch weiter fortgesetzter Ueberbelichtung färbt sich dieses Weiss wieder von Neuem und zwar als Solarisationsnegativ, niemals mehr in den Spectralfarben.

Von hoher Wichtigkeit ist die richtige Einhaltung der Dosirung des Entwicklers. Ich benutze, wie dies auch Lumière thut, zur Entwicklung der Bilder Pyro-Ammoniakentwickler (siehe S. 61). Bei diesem Entwickler hängt die Farbe des Silberniederschlags wesentlich von der Concentration des Ammoniaks ab.

Enthält derselbe bei richtiger Dosirung der anderen Bestandtheile zu viel Ammoniak, so ist die Folge, dass sich beim Entwickeln ein metallischer Schleier über das Bild legt, welcher, wenn er eine gewisse Stärke erreicht hat, bei der Fixage mit Cyankaliumlösung nicht mehr entfernt werden kann. Solche Bilder zeigen dann nach dem Trocknen die Farben incorrect und als metallischen Anflug auf der Oberfläche der Schicht, also ein Oberflächenbild, welches anomal ist.

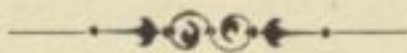
Aehnliche Oberflächenbilder entstehen, wenn man ein unterexponirtes Bild mit Hilfe geeigneter Mittel verstärkt (siehe S. 62). In diesem Falle wird ein Oberflächenbild erhalten, welches die Farben des Spectrums mit eigenenthümlichem, metallischen Glanze und verschoben zeigt.



Betrachtet man ein Lippmann'sches Spectrum in der Durchsicht, so lassen sich in einzelnen Fällen Andeutungen der Complementärfarben erkennen. Bei den nach den Lippmann'schen Principien auf Bromsilbergelatineplatten hergestellten Spectren konnte ich jedoch, obwohl die Spectrumbilder im auffallenden Lichte die prachtvollsten Farbenercheinungen zeigten, in der Durchsicht vom Roth angefangen bis zum Purpurviolett nur eine einzige Farbe, nämlich Orangegelb constatiren, welches bei einzelnen kürzer oder länger exponirten Bildern verschiedene Nüancen zeigte. Diese Thatsache wurde auch von F. Stolze<sup>1)</sup> einer Erörterung unterzogen.

---

1) Phot. Nachr. 1892, S. 272.







## VII. Capitel.

### Anwendung der Lippmann'schen Methode zur Wiedergabe von Mischfarben.

Nachdem es Lippmann gelungen war, die Farben des Spectrums richtig wiederzugeben, versuchte es derselbe, auch Mischfarben mittels seines Verfahrens zu photographiren. Er legte der Pariser Academie der Wissenschaften am 25. April 1892 vier Bilder vor, welche ebenso viele farbige Gegenstände wiedergaben, nämlich eine in vier Farben, Gelb, Blau, Grün und Roth, ausgeführte Glasmalerei, ferner einen Teller mit Orangen, auf denen eine rothe Mohnblume liegt, eine Fahnengruppe, einen Vogel. Die Expositionsdauer betrug im Sonnenlichte 5—10 Minuten, während im zerstreuten Tageslichte bei einigen Aufnahmen eine stundenlange Exposition nöthig war. So z. B. bei Aufnahme einer Landschaft, welches Bild übrigens das Grün des Laubes, sowie das Grau der Gebäudesteine gut erkennen liess, während das Blau des Himmels einer tiefen Indigofärbung entsprechend aussah.

Auf der letzten internationalen Ausstellung zu Paris waren von Lippmann weitere Bilder ausgestellt und zwar ein farbiges Glasfenster, einen Zweig mit rothen Beeren und einen farbigen Papagei darstellend. Diese Bilder, 4 cm im Quadrat gross, waren von mehreren Seiten als nicht sehr gelungen bezeichnet worden, ja hatten sogar einen englischen Berichterstatter<sup>1)</sup> veranlasst, ein Urtheil

1) W. Swan, Photographic Works, Juni 1892.



über das Verfahren Lippmann's zu fällen, das demselben jeden practischen Werth abspricht, was wohl heute mit Recht als vorschnell geurtheilt bezeichnet werden muss, da die Folge gezeigt hat, dass dem durchaus nicht so sei, sondern dieses Verfahren für die Chromographie heute denselben Standpunkt charakterisirt, welchen Daguerre's Erfindung in den vierziger Jahren für die Photographie bedeutete.

Dass in dieser Beziehung auch hier seit Erfindung der Lippmann'schen Methode der Photochromie bereits ein sehr grosser Fortschritt zu verzeichnen ist, haben die von Lumière in Lyon am 11. Mai 1893 im Pariser „Photo-Club“ und später im selben Jahre auf der „Ausstellung der „Union internationale de Photographie“ in Genf ausgestellten Bilder gezeigt, woselbst sogar Portraits auf Bromsilbergelatineplatten ausgestellt waren, ferner einige Landschaften, welche die einzelnen Farben von Bäumen, Rasen, Blumen etc. wirklich naturgetreu wiedergaben. Die Exposition dieser Bilder nahm allerdings unter Anwendung von directem Sonnenlicht die Zeit von 5 bis 10 Minuten in Anspruch.

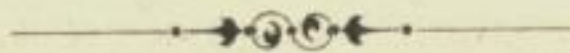
Zur Herstellung von Bildern in der Camera bediente ich mich derselben Cassette, welche ich Seite 60 ausführlich beschrieben habe. Diese Cassette wurde einer Camera für das Format  $13 \times 18$  cm angepasst. Ich habe mit dieser Einrichtung unter Verwendung von mit Cyanin-Erythrosin sensibilisirten Platten, wie ich deren Herstellung bereits ausführlich beschrieben habe (s. S. 51—58), eine Reihe von Aufnahmen gemacht, welche meist Blumenstücke und dergleichen zum Gegenstande hatten. Hierbei ergab sich die Nothwendigkeit der Anwendung eines schwach gelben Lichtfilters zur Abhaltung der violetten und ultravioletten Strahlen. Man kann zu diesem Zwecke Glasscheiben, welche mit gefärbtem Collodium überzogen sind, benutzen oder, wie ich es vorziehe, in



den Strahlengang eine Glaswanne mit planparallelen Spiegelgläsern einschalten, in welche man eine schwache Lösung von Primulin oder einen ähnlich wirkenden Farbstoff giebt. Bei der Aufnahme von farbigen Gegenständen gilt das, was ich bei Besprechung der Aufnahme von Spectren bereits betonte: sorgfältiges Abstimmen des Sensibilisators und Treffen der richtigen Belichtungszeit in noch erhöhterem Masse. Die Belichtungszeit ist für die oben genannten Objecte 10—15 Minuten bei Anwendung eines lichtstarken Portraitobjectivs mit mittlerer Blende und directen Sonnenlichtes<sup>1)</sup>. Als Entwickler bediente ich mich des bereits erwähnten modificirten Lumière'schen Pyro-Ammoniakentwicklers.

---

1) Meine Versuche wurden im October, November, wo die Lichtverhältnisse sehr ungünstige sind, gemacht, die Expositionszeit wird daher im Sommer nur einen Bruchtheil der angegebenen Zeit ausmachen.







### VIII. Capitel.

#### Versuche zur Herstellung von Photochromien nach Lippmann's Princip ohne Anwendung von Silbersalzen, Projection der Photochromien.

Lippmann legte der Pariser Academie der Wissenschaften in der Sitzung am 24. October 1892 Photochromien vor, welche ohne Silbersalze hergestellt worden waren. Er benutzte als empfindliche Schicht eine Mischung von Albumin oder Gelatine und Kaliumbichromat, mit welcher er Glasplatten überzog und dieselben in analoger Weise wie bei Verwendung von gesilberten Albuminplatten in der Quecksilbercassette exponirte.

Legt man die exponirte Platte in Wasser, so kommen die Farben zum Vorschein, wobei das Bild gleichzeitig fixirt wird.<sup>1)</sup> Nach dem Trocknen verschwindet das Bild, beim Befeuchten erscheint es jedoch wieder. Die Farben sind sehr brillant und in allen Richtungen im reflectirten Lichte sichtbar.<sup>2)</sup> In der Durchsicht bemerkt man sehr gut die Complementärfarben, was, wie ich bereits erwähnt habe, bei Verwendung von Bromsilbergelatineplatten

---

1) Wenn man Mischungen von Eiweiss oder Gelatine mit Kaliumbichromat dem Lichte aussetzt, so entsteht bekanntermassen eine unlösliche Verbindung dieser ersteren Körper mit Chromoxyd, während das vom Lichte nicht getroffene, unzersetzte Chromat ausgewaschen wird. (Es ist zu bemerken, dass bei Verwendung von Eiweiss die Schicht vor dem Sensibilisiren mit chromsaurem Kali durch Baden in einer Sublimatlösung coagulirt werden muss, weil selbe sonst beim Waschen mit Wasser weggehoben werden würde;

2) Lippmann demonstirte dieses Phänomen vor einem zahlreichen Publicum in der Academie des Sciences in Paris mit Erfolg).



zur Herstellung von Photochromien meist nicht der Fall ist. Die Theorie dieser Art von Photochromien ist einfach. Nach Lippmann bilden sich in der Chromat-Eiweisschicht Serien von Maximas und Minimas der Interferenz. Die Maximas allein machen die Schicht unlöslich und es kommt beim Behandeln mit Wasser die Lamellenstructur in Form von Schichten zum Ausdrucke, welche theils mit Wasser vollgesogen, theils unaufquellbar sind, also trocken bleiben. Der Brechungsindex der Lamellen in der mit Wasser behandelten Schicht variirt also periodisch; im selben Grade gilt das vom Reflexionsvermögen und dadurch werden die Interferenzstreifen in der Photochromie sichtbar.

Ein Versuch de St. Florent's zur Herstellung von Photochromien soll hier noch erwähnt werden.<sup>1)</sup> Derselbe nahm eine Platte, die mit einer dünnen Gelatineschicht überzogen und mit einer Lösung von Wasser (1000) Eisenchlorid (10) und Citronensäure (5) behandelt worden war, wodurch die Schicht wasserunlöslich geworden ist und belichtete längere Zeit unter einem farbigen Glasbilde. Nach dem Waschen mit lauwarmem Wasser, Austrocknen der Platte, ergab dieselbe ebenfalls farbige Bilder, welche ähnlich den Lippmann'schen wirken sollen (?).

#### Projection von Lippmann'schen Interferenzbildern.

Die nach den Lippmann'schen Principiën hergestellten Photochromien ergeben sehr schöne Effecte, wenn man dieselben mit Hilfe von elektrischem oder Sonnenlicht unter Anwendung von geeigneten Apparaten auf eine transparente weisse Fläche projicirt.

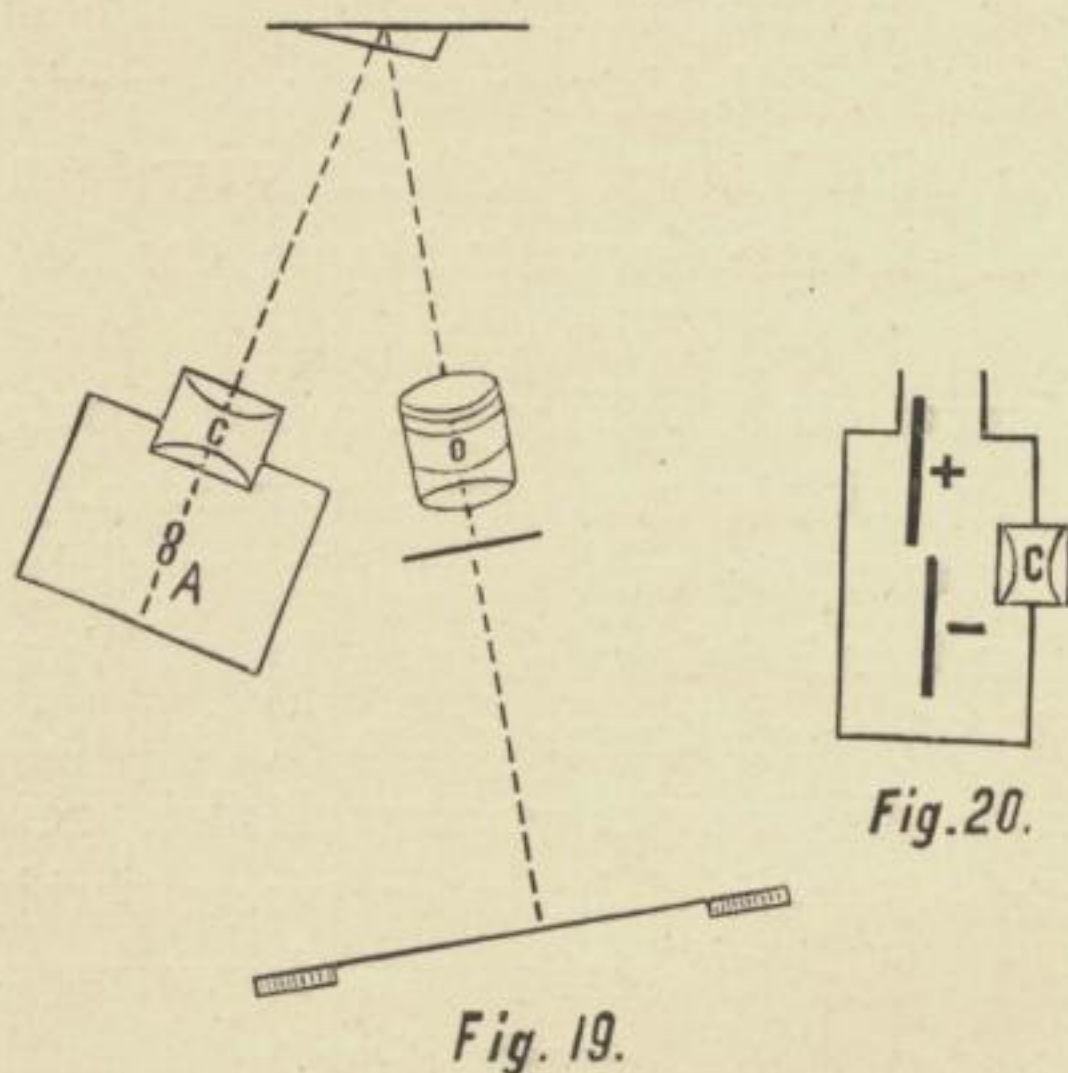
Louis Lumière führte der Versammlung der „Union internationale de Photographie“ in Genf am 22. August 1893

1) Phot. Works, April 7. 1893.



einige von ihm auf Bromsilbergelatineplatten aufgenommene Photochromien vor, unter denen sich Portraitaufnahmen und Landschaften befanden. Die Bilder waren in sehr kleinem Format gehalten und kamen die Farben sowie die Zeichnung selbst bei der Betrachtung im auffallenden Lampenlichte nicht recht zur Geltung.

Um nun diese Bilder einem grösseren Publicum vorführen zu können, verwendete Louis Lumière einen



Projectionsapparat und projicirte die Bilder vergrössert auf einen weissen Schirm von  $40 \times 70$  cm.

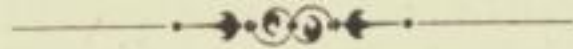
Der Erfolg war ein überraschender, indem die Farben brillant wiedergegeben wurden.

Der Apparat, welchen L. Lumière damals verwendete, bestand aus einer Bogenlampe (Fig. 20), welche in einem mit Condensor (C) versehenen Kasten (Fig. 19) montirt war. Die Strahlen der 15 Ampèrelampe wurden von dem Condensor auf das unter einem bestimmten Winkel zur Axe des Condensors aufgestellte Bild geworfen und von demselben reflectirt, das reflectirte farbige Bild wurde mittels eines geeigneten photographischen Objectives ver-



grössert und auf einen mit mattem transparenten Papier überzogenen Schirm geworfen.

L. Lumière hat seine Bilder zu diesem Zwecke in der Weise montirt, dass er auf das Farbenbild ein prismatisches Glasstück (siehe Fig. 19) mit Canadabalsam aufkittete. Diese Montirung erleichtert wesentlich das Aufstellen der Bilder im Apparate. Vier von den Lumière-schen Bildern wurden von Herrn Professor Luckhardt in der Photographischen Gesellschaft in Wien in der October-Sitzung einem zahlreichen Publicum demonstrirt; dieselben fanden allseitigen Beifall durch die naturgetreue Wiedergabe der Farben.









## Autoren- und Sach-Register.

- Amidol als Verstärker 62.  
Ammoniak, Wirkung auf kornlose Platten 54.  
— im Entwickler 71.  
Amplitude 17.  
Anomalien 65.  
Apparate zur Spectrumphotographie 27, 59.  
Azalin 56.  
Ausbleichen der Farben 70.
- Badeplatten 55.  
Bauchebenen 36.  
Becquerel 2, 8, 10, 19.  
Bedingungen des Entstehens der Farben 21, 64.  
Belichtungszeit bei Aufnahmen in der Camera 75.  
Bromeosin 56.  
Bromsilberplatten 23.  
— kornlose 41, 49, 52.  
Bromsilbercollodion 46.  
Bühler 6.
- Carey-Lea 2.  
Centrifugalapparat 53.  
Chinolinblau s. Cyanin.  
Chinolinroth 56.  
Chlorbromplatten, Entwicklung von 62.  
Chlor - Bromsilbergelatine - Emulsion, kornlose nach Valenta 58.  
Chlorsilber, Farbenempfindlichkeit 57.  
Chlorsilberemulsion 3, 6.  
Chlorsilbergelatine - Emulsion, kornlose nach Valenta 58.  
Chromat - Eiweisschichten für Photochromien 77.  
Cornu 38.  
Cyankalium als Fixirmittel 50, 62.  
Cyanin 25, 56, 69.
- Daguerre 74.  
Drehscheibe 53.
- Eisensalze für Photochromien 77.  
Emulsionen, kornlose 46, 49, 58.  
— isochromatische 40.  
Entstehung der Farben bei den Lippmann'schen Bildern 32.  
Entwickler für Lippmann'sche Platten 27.  
— für Lumière-Platten 50.  
— für Valenta'sche Platten 61.  
— Wirkung des Ammoniak im 71.  
Eosin als Sensibilisator 55.  
Eosinsilber als Sensibilisator 55.  
Erythrosin als Sensibilisator 55.
- Farben dünner Blättchen 8, 32.  
Farben, Entstehung der, bei Photochromien 7, 18, 32.  
Farbenerscheinungen, abnorm. 66.  
Farbenfilter, Anwendung von 27.  
Farbenringe, Newton'sche 8, 9, 19, 45.  
Farbenwiedergabe, Correctheit der, bei den Lippmann'schen Bildern 63.  
Feuchtigkeit, Einfluss der, auf die Farben der Lippmann'schen Bilder 68.  
Fixiren der Lippmann'schen Photochromien 28.  
Fixirnatron als Fixirmittel 28.  
Florent, M. de Saint 47, 77.  
Fresnel 37.
- Gelatinetrockenplatten für Photochromien, Herstellung von 51, 54.  
Geschwindigkeit des Lichtes 10.  
Goethe 1.  
Gravier, Ch. 27.  
Guntz 1.
- Hanf, gereinigter, zum Filtriren von Emulsionen 53.
- Interferenz der Lichtwellen 15.  
— -Verfahren, mathematische Theorie des 36.



- Kitz** 6.  
 Knotenebenen 36.  
**Kopp, R.** 3.  
 Korngrösse bei Bromsilbergelatine-  
 platten 25.  
**Krone, H.** 28, 46, 63, 65, 66.  
 Kupferplatten, versilberte 2.  
  
 Lamellenschichten b. Lippmann-  
 schen Photochromien 20, 37.  
 Lichtäther 10.  
 Lichtwellen 11.  
**Lippmann, G.** 9, 10, 21, 73, 76.  
**Luckhardt** 79.  
**Lumière, L.** 47, 48, 49, 71,  
 74, 78.  
  
 Maximumebenen 18.  
**Merlin** 45.  
 Minimumebenen 18.  
 Mischfarben, Wiedergabe von,  
 mit Hilfe des Interferenzver-  
 fahrens 73.  
  
**Newton** 8.  
 Nichtfixirbarkeit der älteren Photo-  
 chromien 20, 30.  
**Nièpce de St. Victor** 2, 8, 10.  
**Niewenglowsky, C. H.** 36.  
  
 Oberflächenbilder bei Photo-  
 chromien 62, 71.  
**Obernetter** 6.  
  
 Papiere, farbenempfindliche 2, 3.  
 Photochromien ohne Quecksilber-  
 spiegel 28.  
 — ohne Silbersalze 76, 77.  
 Platten, Bequerel'sche 2, 14.  
 — Präparation nach Lippmann  
 25.  
 Projection von Photochromien 78.  
  
 Quecksilberspiegel 22.  
 Quecksilbercassette 25, 59.  
  
**Scheele** 8.  
 Schwingungsgeschwindigkeit des  
 Lichtes 12, 13.  
 Schwingungsknoten 17.  
  
**Seebeck** 1, 8.  
 Sensibilisatoren, optische 55.  
 Silbernitratbad für kornlose  
 Platten 56.  
 Silbersubchlorid 1, 2, 30  
 Silbersubfluorid 1.  
 Spectrograph 59.  
 Spectroskop 3.  
 Spectrum 12.  
 Spectrumbilder, Herstellung von  
 28, 59.  
  
**Taupenot** 24, 48.  
 Theorie des Entstehens der Far-  
 ben bei Photochromien von  
 Zenker 7.  
 — des Lippmann'schen Ver-  
 fahrens 23.  
 — mathematische 36.  
**Thwing, Ch.** 46.  
**Tissandier, G.** 27.  
  
 Ueberbelichtung, Wirkung auf  
 Lippmann'sche Platten 70.  
 Ultraviolett 6.  
 — Wirkung auf Lippmann'sche  
 Platten 35.  
 Undulationstheorie 10.  
  
**Veres** 3.  
 Verfahren zur Herstellung fixirter  
 Photochromien von G. Lipp-  
 mann 21.  
 — photographische, welche auf  
 der Anwendung von Silber-  
 chlorür beruhen 1.  
 Verstärken der Lippmann'schen  
 Bilder 62.  
**Vogel, H. W.** 56.  
  
 Waschen der Emulsion für Photo-  
 chromien 51.  
 Wellen, stehende 16, 17.  
 Wellenlänge des Lichtes 13.  
**Wiener, O.** 9, 20, 36.  
 Wirkung, chemische, der farbigen  
 Strahlen 2, 18.  
  
**Zenker** 7, 9, 19, 35, 60.



X



*Verlag von Wilhelm Knapp in Halle a. S.*

37. Die Photokeramik und ihre Imitationen. Von G. Mercator. Mk. 3.
38. Die verschiedenen Methoden des Lichtdruckes. Von Prof. A. Albert. Mk. 2,40.
39. Die Entwicklung der photographischen Bromsilbertrockenplatte und die Entwickler. Von Dr. R. A. Reiss. Mk. 4.
40. Wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiete der Photographie. Von Dr. Lüppo-Cramer. Mk. 4.
41. Das photographische Objektiv. Eine gemeinverständliche Darstellung von H. Scheffler. Mk. 2,40.
42. Die Ferrotypie. Anleitung zur Ausübung der verschiedenen älteren und modernen Ferrotypverfahren auf Kollodion, Kollodionemulsion und Bromsilbergelatine mittels Tages- und Blitzlicht. Von G. Mercator. Mk. 2.
43. Die Wasser-Spiegelbilder. Angaben für Zeichner, Maler und Photographen. Von Prof. Dr. P. Salcher. Mk. 1,50.
44. Anleitung zum Kolorieren photographischer Bilder jeder Art mittels Aquarell-, Lasur-, Oel-, Pastell- und anderen Farben. Von G. Mercator. Mk. 2,40.
45. Der Schutz der Photographieen und das Recht am eigenen Bilde. Von H. Schneickert, Rechtsprakt. Mk. 5.
46. Chemie für Photographen. Unter besonderer Berücksichtigung des photographischen Fachunterrichtes. Von Dr. F. Stolze. Mk. 4.
47. Die Ozotypie. Ein Verfahren zur Herstellung von Pigmentkopieen ohne Uebertragung. Von A. Freiherrn von Hübl. Mk. 2,—.
48. Das Arbeiten mit Rollfilms. Von H. Müller. Mk. 1,50.
49. Optik für Photographen. Unter besonderer Berücksichtigung des photographischen Fachunterrichtes. Von Dr. F. Stolze. Mk. 4.
50. Dreifarbenphotographie nach der Natur nach den am Photochemischen Laboratorium der Technischen Hochschule zu Berlin angewandten Methoden. Von Prof. Dr. A. Miethe. Mk. 2,50.
51. Der Gummidruck. Von Dr. Wilhelm Kösters. Mk. 3.
52. Ueber radioaktive Energie vom Standpunkte einer universellen Naturanschauung. Von Prof. H. Kröne. Mk. 1.
53. Praktische Anleitung zur Ausübung der Heliogravüre. Von Siegmund Gottlieb. Mk. 1,50.

SLUB DRESDEN



3 4075482

Jed