

Über die Photographie der Lichtstrahlen kleinster Wellenlängen

Victor Schumann in Leipzig.

(Vorgelegt in der Sitzung am 20. April 1893.)

I. Theil.

(Mit 4 Textfiguren.)

Die Erweiterung des ultravioletten Spectralgebietes steht mit der Erfindung der Photographie und mit der Entdeckung der Fluorescenz in innigem Zusammenhang. Den Anfang damit machte die Photographie, der grössere Erfolg blieb der Fluorescenz vorbehalten. Das Hauptgebiet des ultravioletten Lichtes wurde mit Hilfe der Fluorescenz erschlossen; bei seiner Erforschung hat jedoch die Photographie für ihre Überlegenheit ein glänzendes Zeugnis abgelegt. Die Beobachtungsmethode der Fluorescenz hat seitdem allmählich und in dem Masse an Boden verloren, wie sich die Leistung der lichtempfindlichen Platte auf ultraviolettem Gebiet gesteigert hat.

Die ersten belangreichen Beobachtungen auf ultraviolettem Gebiet unternahm Edmond Becquerel (*Bibliothèque universelle de Genève, nouvelle série, t. XXXIX, p. 341—367 [1842]*), zur Zeit, als er die chemische Wirkung der Sonnenstrahlen auf Daguerre-Platten studirte. Die Sonnenspectra Becquerels entstanden aber unter dem hemmenden Einfluss der Absorption des Glases und erstrecken sich daher nur bis zur Fraunhoferlinie P.

Stokes, der die grössere Lichtdurchlässigkeit des Quarzes erkannte, (*Phil. Transact., Vol. CXLII, p. 463, p. 559 [1852]; Vol. CLII, p. 599—619 [1862]*) vermochte mit Prismen und Linsen aus Quarz das Ultraviolett des Sonnenspectrums auf eine Strecke zu verfolgen, die, von der Fraunhoferlinie H aus

gemessen, zweimal so lang als das gesammte sichtbare Spectrum war. Noch überraschender war sein Erfolg bei elektrischem Licht. Das Ultraviolett seiner Funkenspectra erreichte die sechs- bis achtfache Länge des sichtbaren Spectrums. Die brechbarsten Strahlen von allen Stoffen gab ihm das Aluminium, dessen Spectrum die Region der kleinsten wahrnehmbaren Wellenlängen mit einem lichtstarken Linienpaare, von den Wellenlängen $186\cdot 0\ \mu\mu$ und $185\cdot 2\ \mu\mu$ begrenzte. Noch stärker abgelenkte Strahlen scheinen jedoch Stokes und auch seine Nachfolger auf diesem Gebiete nie wahrgenommen zu haben. An demselben Tage (19. Juni 1862), wo Stokes seine Abhandlung über den vorgenannten Gegenstand der Royal Society in London überreichte, legte auch W. A. Miller seine nicht minder bedeutende Arbeit: »On the Photographic Transparency of various Bodies etc.« (Phil. Transact. Vol. CLII, p. 861—887 [1862]) derselben Gesellschaft vor.

Beide Abhandlungen verfolgen dasselbe Ziel: die Ermittlung der ultravioletten Spectra elektrischen Ursprungs und das Verhalten dieser Spectra Stoffen aller drei Aggregatzustände gegenüber. Während aber Stokes seine Beobachtungen mit Hilfe der Fluorescenz anstellte, benutzte Miller die photochemische Wirkung der Strahlen, und nahm seine Spectra photographisch auf. Auffallenderweise erwies sich die Methode der Fluorescenz dem photographischen Verfahren in einem Punkte weit überlegen: Stokes erreichte die Wellenlänge $185\cdot 2\ \mu\mu$. Miller kam über die Wellenlänge $202\cdot 4\ \mu\mu$ nicht hinaus. Miller hat in der Folge, durch Stokes angeregt, wiederholt die Aufnahme der übrigen Strahlen versucht, aber stets ohne den gewünschten Erfolg (Phil. Transact. Vol. CLII, p. 882: 52, Aluminium). Das Fluorescenzspectrum behielt hier und auch in der Folge einen Vorsprung, der sich auf das beträchtliche Mass von $17\ 2\ \mu\mu$ belief.

Dieser photographische Misserfolg im äussersten Ultraviolett erregt Bedenken, wenn man sieht, dass L. Soret Edouard Sarasin u. A. bei ihren umfangreichen Arbeiten diesen Theil des Spectrums nur mit Hilfe der Fluorescenz beobachteten. Hiernach könnte es scheinen, als sei die Photographie zur Beobachtung des brechbarsten Lichtes nicht

geeignet. Solche Annahme würde jedoch eine vollständige Widerlegung finden durch die Thatsache, dass sich Cornu zur Bestimmung der Wellenlängen der brechbarsten Lichtstrahlen des Mg, Cd, Zn und Al der Photographie bediente (Archives des Sc. phys. et nat., III. Periode, t. II, p. 119—126 [1879]). Cornu, durch die Lichtschwäche seines Gitters auf die Photographie angewiesen, entschied sich hiebei für das nasse Verfahren, gebrauchte jedoch, zum Unterschied von Miller, die Vorsicht, die sensibilisirte Collodplatte vor ihrer Belichtung in destillirtem Wasser zu baden. Auf diese Weise beseitigte er das wesentlichste photographische Hinderniss, dem die brechbarsten Strahlen bei ungebadeter Platte begegnen, und sicherte sich dadurch von vornherein einen besseren photographischen Erfolg.

Noch ein Unterschied, der zwischen den Versuchsanordnungen Miller's und Cornu's besteht, verdient Beachtung. Die Apparate beider Forscher unterschieden sich wesentlich in ihren Brennweiten. Die Brennweite des Miller'schen Apparates war die bei weitem grössere von beiden. Im Sinne dieses Brennweitenverhältnisses dürfte sich auch die Absorption der Strahlen in der Luft bei der Aufnahme in verschiedenem Masse geltend gemacht haben. Der Versuchsanordnung Cornu's gebührt demnach auch in dieser Hinsicht der Vorzug.

Der photographische Erfolg Cornu's bei der Aufnahme der kleinsten Wellenlängen schien der Erforschung des bis dahin vernachlässigten Ultravioletten eine günstige Perspective zu eröffnen. Leider hat die Folgezeit solcher Erwartung nicht zu entsprechen vermocht. Experimentelle Hindernisse unbekannter Art haben das Gebiet der brechbarsten Strahlen des Aluminiums ($198\cdot8$ — $185\cdot2\mu\mu$) der photographischen Spectroskopie wieder vollständig entfremdet. Die Mehrzahl aller Untersuchungen erstreckt sich auch gegenwärtig noch bis in die Gegend der brechbarsten Linien des Cadmiums ($226\cdot55$ — $214\cdot41\mu\mu$), und nur ab und zu wird noch der Bereich der brechbarsten Linien des Zinks ($214\cdot41$ — $198\cdot8\mu\mu$) mit in Betracht gezogen.

Diese Erscheinung ist um so auffallender, als der Spectroskopie seit der genannten Untersuchung Cornu's in der Brom-

silbergelatinetrockenplatte ein Hilfsmittel erwachsen ist, das die Leistungen der früher angewandten Collodiumplatte in allen Beziehungen in den Schatten stellt.

Die Gelatineplatte hat der spectralen Forschung seit einer Reihe von Jahren unschätzbare Dienste geleistet. Hat sich doch überhaupt erst mit Einführung der Gelatineplatte die photographische Beobachtung in der Spectroskopie erfolgreich Bahn gebrochen und mit ihr zugleich die Überzeugung befestigt, dass das Studium des sichtbaren Spectrums allein zur Erkenntniss der spectralen Vorgänge nicht ausreicht, sondern dass dazu ebenso gründliche Kenntniss der unsichtbaren Spectralbezirke, insonderheit des Ultravioletten, nöthig sei. Dieser Nothwendigkeit findet man auch, wo es nur immer möglich war, bei neuern Beobachtungen Rechnung getragen.

Bei der Fruchtbarkeit der Bestrebungen auf ultraviolettem Gebiete, wie sie die letztverflossenen Jahre gezeitigt haben, schien es mir wünschenswerth und im hohen Grade lohnend, auch das übrige Ultraviolett bis zur Wellenlänge $185 \cdot 2 \mu\mu$ mit Hilfe eines zweckentsprechenderen Verfahrens, als es die seither angewandten waren, der photographischen Beobachtung zugänglich zu machen und zugleich auf Erweiterung dieses Beobachtungsgebietes im Sinne grösserer Ablenkung Bedacht zu nehmen.

Der Ausführung dieses Gedankens bin ich bereits vor mehreren Jahren näher getreten. Meine Aufgabe zerfiel in zwei Theile. Der erste galt der photographischen Aufnahme des Spectralbezirktes zwischen den Wellenlängen $231 \cdot 35$ und $185 \cdot 2 \mu\mu$, der andere der Erschliessung des unbekanntes Gebietes jenseits der Wellenlänge $185 \cdot 2 \mu\mu$.

Der gegenwärtige Bericht behandelt den ersten Theil dieser Arbeit und zugleich die Vorarbeiten zum zweiten Theil, während dessen Ergebnisse, sowie die Abbildungen der angewandten Apparate und der damit erlangten Spectra den Inhalt eines in Kürze nachfolgenden zweiten Berichtes bilden werden.

Ein jeder dieser Theile hat mich geraume Zeit beschäftigt, und der zweite sieht auch heute noch seinem Abschlusse entgegen.

Wenn ich mit den bisher erlangten Ergebnissen schon jetzt, wo voraussichtlich noch Jahre bis zum Abschlusse meiner Arbeit vergehen werden, an die Öffentlichkeit trete, so geschieht es einmal auf Anregung einer Anzahl hervorragender Physiker, denen ich meine Hauptergebnisse im Original zu unterbreiten die Ehre hatte, und dann dem hieraus entsprossenen eigenen Wunsche zufolge, die gewonnenen Thatsachen frühzeitiger, als es ehemals meine Absicht war, zur Kenntniss weitester Kreise zu bringen.

Photographische Aufnahme des Spectralbezirkes zwischen den Wellenlängen 231·35 und 185·2 $\mu\mu$.

A. Mit gewöhnlichen ultraviolett durchlässigen Apparaten.

Der photographische Spectralapparat mit besonderer Berücksichtigung seines optischen Theiles.

Die photographische Aufnahme dieses Spectralbezirkes verlangt einen Apparat von grosser Lichtdurchlässigkeit. Glas,¹ das die meisten ultravioletten Strahlen zurückhält, ist zu den Prismen und Linsen eines solchen Instrumentes ungeeignet. Nicht viel besser steht es mit dem Kalkspath.² Seine Brauchbarkeit für das Ultraviolett endet schon dort, wo das genannte Aufnahmegebiet erst beginnt. Die einzigen Medien, die hier in Betracht kommen, sind Quarz³ und weisser Flussspath.⁴ Flussspath in seiner weissen Varietät — alle anderen Arten des Flussspathes sind farbig und wenig ultraviolett durchlässig — ist zwar durchlässiger als Quarz, allein seiner Seltenheit wegen

¹ G. G. Stokes, Phil. Transact. 1852, Bd. CXLII, Art. 202.

² L. Soret, Archives des Sc. phys. et nat., t. LXI, p. 334 (1878).

³ L. Soret, ebendasselbst, p. 332.

G. G. Stokes, On the change of refrangibility of light: Phil. Transact. (1852) Art. 204.

⁴ W. A. Miller, On the phot. Transp. of various Bodies; Phil. Transact. Vol. CLII. p. 865 (1862).

A. Cornu, Arch. des Sc. phys. et nat., III. Periode, t. II, p. 119.

und weil er häufig Krystallfehler¹ enthält, die die Klarheit des Bildes gefährden, gelangte er bisher nur in vereinzelt Fällen zur Anwendung.

Quarz gewährt der Photographie des Ultravioletten durchschnittlich grössere Vortheile als jedes andere Medium. Er liefert Spectra von tadelloser Zeichnung, und seine Minderdurchlässigkeit, wovon soeben die Rede war, ist nach der bisherigen Erfahrung nicht so belangreich, dass sie die photographische Aufnahme bedenklich beeinträchtigen könnte.

Das Quarzprisma. Nicht jedes Quarzprisma ist zur Spectralphotographie geeignet. Untauglich hierzu ist jedes, dessen brechende Kante mit der optischen Axe parallel läuft. Der Grund hiervon liegt in der theilweisen Übereinanderlagerung der Spectra des ordentlichen und ausserordentlichen Strahles und in dem Umstande, dass der photographische Erfolg bei der Auslöschung des einen oder des anderen der beiden Spectra, was mit einem Nicol'schen Prisma wohl durchführbar ist, an der Undurchlässigkeit des Kalkspaths scheitert.

Schon günstiger liegen die Verhältnisse bei einem Quarzprisma, dessen brechende Kante derart rechtwinklig zur optischen Axe geschnitten ist, dass letztere mit den brechenden Flächen gleiche Winkel bildet. Durchsetzen die Strahlen den Quarz in Richtung seiner optischen Axe, so erfahren sie nicht mehr die gewöhnliche Doppelbrechung, aber sie unterliegen dann der Circularpolarisation und in so fühlbarer Masse, dass beispielsweise bei einem Prisma von 60° jede Linie des Spectrums in zwei, zwar sehr nahe liegende, aber doch klar aufgelöste Componenten gespalten wird. Es leuchtet ein, dass ein solches Spectrumbild schon bei vereinzelt stehenden Linien unsicher, bei zusammengedrängten Linien aber völlig unklar ausfallen muss. Zwar lässt sich diese Spaltung der Linien vermeiden, indem man durch ein in den austretenden Strahl eingeschaltetes Viertelwellenplättchen sammt Nicol ein Liniensystem aufhebt; allein das Plättchen ist, weil es aus Glimmer² besteht,

H. Deslandres, Spectres des bandes ultraviolets des Métalloïdes avec une faible dispersion. Paris, 1888 (p. 32).

W. A. Miller, Phil. Transact. Vol. CLII. p. 865 (1862).

so undurchlässig, dass es beinahe alle Strahlen jenseits der Wellenlänge $325 \mu\mu$ absorbiert, und, ganz abgesehen von dem Hinderniss, das der Aufnahme durch die Undurchlässigkeit des Nicols erwächst, jeden photographischen Erfolg im Ultravioletten von vornherein unmöglich macht.

Das einzige Mittel, das Bild vor dem störenden Einfluss der linearen und circularen Polarisation ohne Beeinträchtigung der Helligkeit zu bewahren, besteht in der Anwendung eines Doppelprismas,¹ das sich aus einem links- und einem rechtsdrehenden Quarzprisma, beide von gleich grossem brechenden Winkel (30°) zusammensetzt. Bei Anfertigung solcher Prismen ist darauf zu achten, dass die optischen Axen der Halbprismen auf deren gemeinschaftlichen Berührungsfläche senkrecht stehen, mithin gleiche Richtung haben müssen. Zur Vermeidung von Lichtverlust können die Halbprismen mit Glycerin oder destillirtem Wasser zusammengeklebt werden. Nothwendig ist es aber nicht. Doppelprismen dieser Art geben einzeln oder auch mehrere zu einem Kreise vereinigt, tadellos gezeichnete Spectra.

Die Quarzlinse. Die Linsen zum Collimator und der Camera erhalten am besten planconvexe Form. Sie können von gleichgerichtetem oder entgegengesetztem Drehungsvermögen sein. Bedingung ist nur, dass ihre geometrische Axe mit der optischen Axe des Krystalles gleiche Richtung hat, oder dass sie, wie es der Optiker nennt, rechtwinklig zur Axe geschnitten sind. Eintheilige Quarzlinsen verdoppeln das Bild niemals. Darum bieten auch zweitheilige biconvexe Linsen, nach Art des erwähnten Doppelprismas aus links- und rechtsdrehenden planconvexen Quarzlinsen zusammengesetzt, der Spectralphotographie keine Vortheile.

Die Brennweite der Linsen sollte von gleicher Grösse sein und einen Meter nicht übersteigen. Macht man sie grösser, kann es leicht geschehen, dass die Apertur des Apparates zu klein ausfällt. Wenn sich auch Linsen von hinreichendem Durchmesser nicht allzuschwer beschaffen lassen, bleibt doch immer noch die Öffnung des Prismas übrig. Quarzprismen mit

einigermassen grosser Öffnung gehören aber zu den Seltenheiten. Ungenügende Apertur führt gern zur Bildung von Beugungsfransen, die auf beiden Seiten der helleren Spectrallinien auftreten und der Deutung des Spectrums leicht verhängnissvoll werden können.

Andererseits sollte man mit der Brennweite nicht zu weit, wohl nicht unter $\frac{3}{4} m$ heruntergehen. Das Spectrum fällt sonst gar zu kurz aus. Vergrösserung der Dispersion durch Anwendung mehrerer Prismen, wodurch sich wohl Abhilfe schaffen liesse, ist nicht empfehlenswerth. Bei einer Verbindung mehrerer Doppelprismen erscheint das Spectrum immer nur auf verhältnissmässig kurzer Strecke klar definirt. Je grösser die Zahl der Prismen, desto kürzer die klargezeichnete Strecke. Die gleichzeitige Aufnahme umfangreicher Spectralbezirke sollte darum höchstens mit einigen, oder am besten nur mit einem Doppelprisma geschehen. Das gilt insonderheit für die Gesamtaufnahme des Ultravioletten.

Es ist wohl selbstverständlich, dass die Auswahl der Krystalle, woraus die Prismen und Linsen gefertigt werden, mit aller Sorgfalt zu erfolgen hat. Verwachsungen, die in Quarzkrystallen nicht zu den Seltenheiten gehören, machen jeden Quarzkrystall zu genanntem Zweck untauglich.

Ebenso grosse Aufmerksamkeit verdient die Beschaffenheit der brechenden Flächen. Flächenkrümmungen, die wegen ihrer mässigen Grösse beispielsweise bei Glasprismen am Spectrum spurlos vorübergehen, können den Effect des Quarzprismas schon empfindlich beeinträchtigen.

Quarzprismen mit fehlerhaften Flächen geben immer ein unklares Linienbild. Einzeln angewandt weniger als bei Vereinigung mehrerer zu einem Prismenkreise. Ein derartiger Prismenkreis ist sogar im Stande das Spectrum bis zur vollständigen Unklarheit zu verwirren.¹

¹ Vortreffliche Prismen und Linsen aus Quarz fertigt der Optiker Bernhard Halle in Steglitz bei Berlin. Als ein Beweis für die Vorzüglichkeit Halle'scher Arbeit kann die Thatsache gelten, dass ein mir von Herrn Halle gelieferter Prismenkreis von 9 Doppelprismen, wobei die Strahlen also 36 brechende Prismenflächen zu durchsetzen haben, auf einer Strecke von $5\frac{1}{4} mm$ alle 85 Linien gibt, die der Atlas des Sonnenspectrums des Herrn H. C. Vogel in Potsdam zwischen den Fraunhoferlinien H und K aufweist.

Auffallend ist die mässige Empfindlichkeit des Spectrums gegen gewisse Fehler der Linsen. Das gilt von der Centrirung und von der Richtung der optischen Axe des Krystalls.¹

Dieser Umstand verdient Beachtung, und umsomehr, als das Spectrum gegen Prismenfehler aller Art beim Quarz sehr empfänglich ist.

Die Aufstellung des Prismas und der Linsen hat in derselben Weise zu erfolgen, wie bei anderen Spectralapparaten.

Das Spaltrohr des photographischen Spectralapparates ist von gewöhnlicher Art. Abweichend von bekannten Einrichtungen ist am Apparat nur der photographische Theil, und hievon auch nur die Cassettenbahn, worunter ich den zur Aufnahme der Cassette dienenden Theil der Camera verstehe.

Die Cassettenbahn besitzt eine weit grössere Drehbarkeit, als an der gewöhnlichen Camera, und zwar aus folgendem Grunde.

Quarzlinsen verlangen, weil ihre Brennweiten mit der Wellenlänge beträchtlich abnehmen, bei Aufnahmen des Spectrums häufig eine ganz ungewöhnliche Schiefstellung der photographischen Platte zur Axe der Cameralinse. Beträgt beispielsweise die Brennweite für die Natriumlinie D ($589 \mu\mu$) 1000, dann ist die Brennweite für die brechbarste Linie des Aluminiums, Nr. 32 ($185 \mu\mu$) nur noch 806.2 .² Diese Schiefstellung ist nicht constant, sie ändert sich mit der Dispersion, auch mit dem Verhältniss der Brennweiten von Collimator und Camera. Ist die Brennweite beider gleichgross, der gewöhnliche Fall, dann variirt der Winkel zwischen Axe und Platte, gemessen auf der brechbareren Seite beider, von 22° bei einem einzelnen Prisma (60°) bis zu ungefähr 90° bei 12 Doppelprismen (zwei hintereinanderstehende Prismenkreise). Aber auch für denselben

¹ Ein Paar Quarzlinsen, die in beiden Beziehungen ganz ungewöhnliche Abweichungen verrathen, habe ich ohne Nachtheil anhaltend zur Auflösung dichter Liniengruppen benutzen können.

² Eduard Sarasin, Archives des Sc. phys. et nat., t. LXI, p. 109 (1878).

Prismenkörper ist der Winkel nicht constant. Hier ändert er sich mit der Wahl der Strahlen, wofür das Prisma ins Minimum der Ablenkung eingestellt ist, auch mit der Höhe der Anforderungen, die an die Auflösung einzelner Theile der Aufnahme gestellt werden. So variirt er unter diesen Umständen beim einzelnen Doppelprisma zwischen 28 und 22° . Dem vorgenannten Winkelumfang entsprechend, muss die Platte mit Cassette und Cassettenbahn um eine der beiden Mittellinien ihrer lichtempfindlichen Seite drehbar sein und eine derartige Lage haben, dass diese Mittellinie eine die optische Axe der Cameralinse schneidende Parallele zur brechenden Kante des Prismas bildet.

Der Lichtquell.

Der Zweck der Aufnahme verlangt einen Lichtquell, der reich an energischen Strahlen der kleinsten Wellenlängen ist. Dieser Bedingung entspricht allein das Licht elektrischer Entladungen. Es blieb mir sonach nur die Wahl zwischen Bogen- und Funkenlicht. Da der elektrische Funke den besseren Erfolg versprach, so sind auch meine sämtlichen Aufnahmen mit Funkenlicht ausgeführt worden. Zu seiner Erzeugung kam ein Inductorium nach Ruhmkorff zur Anwendung, das für eine Maximalfunkenlänge von 25 cm eingerichtet ist. Den Primärstrom dazu lieferten 6 Groveelemente. In die Bahn des Secundärstromes war eine Leydner Flasche von 500 cm^2 Beleg ihrer Aussenfläche eingeschaltet. In einigen Fällen wurde noch eine Flasche, zuweilen auch zwei solcher hinzugenommen.

Für den Bezirk der Wellenlängen $198.8\ \mu\mu$ bis $185.2\ \mu\mu$ waren nach den Beobachtungen von Stokes¹ und Cornu² einzig und allein Aluminiumelektroden brauchbar, und nur für die Wellenlängen $230.0\ \mu\mu$ bis $198.0\ \mu\mu$, die ich nicht unberücksichtigt lassen durfte, kamen Elektroden aus Zink und Cadmium zur Anwendung. Zink und Cadmium verdienen hier, der

¹ Phil. Transact., Vol. CLII, p. 606, fig. 1 (1862).

Archives des Sc. phys. et nat., III. Période, t. II, p. 125 (1879).

gleichmässigen Vertheilung und verhältnissmässig kräftigen Wirkung ihrer brechbarsten Strahlen halber, vor anderen Metallen den Vorzug.

Das photographische Verfahren.

Die Aufnahme geschah mit Gelatinetrockenplatten eigener Präparation. Handelsplatten sind zur Photographie der Spectra weniger geeignet. Wo es darauf ankommt, das optische Vermögen des photographischen Spectralapparates nach Möglichkeit zu unterstützen, wo die Schärfe des Bildes Haupterforderniss ist, auch wo es auf grosse Intensitätscontraste der Linienbilder (Photometrie) ankommt, da reicht die Handelsplatte nicht mehr aus. Sie arbeitet nicht intensiv genug, um der Spectroskopie nach Kräften der modernen Trockenplatte Hilfe leisten zu können.

Die Gelatineplatte, die ich mir selbst bereite, gibt ein intensives und feinkörniges Bild auf glasklarem Grunde. Die Emulsion dazu ist verhältnissmässig reich an Silberjodid; auf 100 Gewichtstheile Silberbromid enthält sie 4 bis 5 Gewichtstheile Silberjodid. Ihre Bereitung erfolgt ausschliesslich nach Eder's Methode mit Silberoxydammoniak,¹ wonach ich seit länger als einem Jahrzehnt arbeite.

Zum Hervorrufen der Platten benutzte ich den Soda-Pyrogallusentwickler, zum Fixiren unterschwefligsaures Natrium.

Die photographische Aufnahme.

Ehe ich zur Besprechung der photographischen Aufnahmen übergehe, sei bemerkt, dass ich mich schon früher eingehend mit der Photographie des Ultravioletten beschäftigt habe. Mein Augenmerk war jedoch damals in der Hauptsache auf die Ausbildung des graphischen Theiles der Aufnahmen gerichtet, wobei die brechbarsten Strahlen unberücksichtigt bleiben konnten. Nur hin und wieder habe ich, doch auch dann

¹ J. M. Eder, Ausf. Handb. d. Photographie, III. Theil, p. 208—211. 4. Auflage, Halle a. S., 1890.

nur vorübergehend, die brechbarsten Linien des Aluminiums zu photographiren versucht, aber dabei nie Erfolg gehabt.

Günstiger schon als beim Aluminium lagen die Verhältnisse bei den brechbarsten Linien des Zinkes, die den genannten Linien des Aluminiums in der Reihe der markantesten Strahlen des Ultravioletten vorangehen. Doch wenn ich hiebei auch nicht erfolglos arbeitete, so war doch das Bild, das ich erhielt, immer nur blass und ausdruckslos.

Die brechbarsten Linien des Cadmiums endlich, die noch weniger abgelenkt sind als die brechbarsten Zinklinien, erschienen regelmässig schon nach kurzer Belichtung. Ihrer Intensität nach blieben aber auch sie hinter den Nachbarlinien desselben Spectrums von kleinerer Wellenlänge merklich zurück.

Im Allgemeinen bildet die Wellenlänge der Cadmiumlinie Nr. 24 (226·55) die Grenze meiner früheren Aufnahmen des Ultravioletten.

Die genannten brechbarsten Linien des Cadmiums, Zinkes und Aluminiums sind von Mascart und Soret mit Zahlen bezeichnet worden, und allenthalben in der Spectroskopie, wo ihre Wellenlängen entbehrlich waren, hat diese Bezeichnung Anwendung gefunden. Ich werde mich darum ihrer in der Folge ebenfalls bedienen. Nachstehend das Verzeichniss dieser Linien nebst der Mascart-Soret'schen Bezeichnung, den betreffenden Wellenlängen, wie sie Cornu¹ gefunden hat und einer Zeichnung (Fig. 1), die ich meinen eigenen Aufnahmen entlehnt habe.

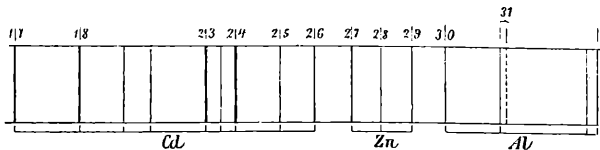


Fig. 1.

(Cd, Nr. 23, 231·35), (Nr. 24, 226·55), (Nr. 25, 219·45), (Nr. 26, 214·41), (Zn, Nr. 27, 209·88), (Nr. 28⁽²⁾, 206·10), (Nr. 29,

¹ Archives des Sc. phys. et nat., III. Période, t. II, p. 121—126 (1879).

202:43), (Al, Nr. 30, 198:81), (Nr. 31⁽¹⁾, 193:35), (Nr. 32⁽²⁾, 185:22); Nr. 28, Nr. 31 und Nr. 32 sind Doppellinien.

Die Aufnahme des Cadmiumspectrum bildete den Anfang meiner Untersuchung.

Bei einer Spaltweite von 0.020 *mm* und einer Belichtungsdauer von 1 Minute gab der Flaschenfunken des Cadmiums sämtliche Hauptlinien, die beiden brechbarsten davon, Nr. 25 und Nr. 26, jedoch, im Gegensatz zu den übrigen, auffallend blass. Wie zu erwarten war, verschwand dieser Intensitätsunterschied auch bei Verlängerung der Belichtungsdauer nicht eher, als bis sich an den intensiveren Linien Solarisation bemerkbar machte. Der Unterschied in der Intensität, der der normalen Belichtung regelmässig folgte, würde mein Bedenken nicht erregt haben, wenn mir nicht mehrere Cadmiumaufnahmen fremden Ursprunges — es sind dies drei Originalplatten, deren Besitz ich der Güte des Herrn W. N. Hartley in Dublin verdanke — die ebenfalls mit Quarzprisma und Quarzlinsen auf Bromsilbergelatine aufgenommen sind, zur Verfügung gestanden hätten.

Diese Aufnahmen zeigten den Intensitätsunterschied der genannten Linien bei weitem mässiger als meine Platten. Sie berechtigten demnach zu der Annahme, dass die Versuchsanordnung Hartley's die photographische Wirkung der Linien Nr. 25 und Nr. 26 in irgend einer Weise relativ unterstützt habe. Ich wurde hierin noch bestärkt durch andere drei Cadmiumaufnahmen desselben Spectroskopikers, die in guter photographischer Reproduktion einer seiner Abhandlungen¹ beigegeben sind und die, im Gegensatz mit den vorher genannten Originalplatten, mit meinen Platten vollständig in Einklang stehen. Woher rührte nun der Unterschied zwischen den Aufnahmen Hartley's? Diese Frage war für die Fortsetzung meiner Arbeit von wesentlicher Bedeutung.

Hartley hat in den Plattengrund seiner vorgenannten zwei Negative mit Diamant die Jahreszahl 1880 eingeritzt, seine Abhandlung erschien im Jahre 1882, meine Untersuchung

¹ Scientific Transactions of the R. Dublin Society, Photographs of the Spark Spectra of Twenty-one Elementary Substances, Vol. I (Series II), p. 231 — 238 (1882).

begann im Jahre 1889. Über die Aufnahmeanordnung der erwähnten Platten Hartley's war mir nur bekannt, dass ein Quarzprismenapparat dabei zur Verwendung gekommen sei, über die Aufnahmeanordnung der anderen Spectra Hartley's gab die Abhandlung Aufschluss. Aus Gründen, deren Anführung hier zu weit führen würde, habe ich mich in der Folge bei Lösung der erwähnten Frage gleichwohl in beiden Fällen einzig und allein an die Aufnahmen gehalten. Und das war zulässig, weil sie einen, für vorliegenden Fall belangreichen, sinnfälligen Unterschied aufweisen: die Länge ihrer Spectra ist verschieden, sie beträgt gemessen zwischen den Cadmiumlinien Nr. 9 und Nr. 26, bei den Platten 82 *mm*, bei den Tafeln 157 *mm*. Da beide Spectra in der Auflösung ihrer dichtstehenden Linien keinen nennenswerthen Unterschied erkennen lassen, war die Annahme erlaubt, dass die Dispersion der Hartley'schen Spectralapparate dieselbe und nur die Brennweite der Linsen verschieden gewesen sei. In annähernd demselben Masse wie die Brennweiten mussten sich dann aber auch die Längen der Luftwege der Strahlen beider Apparate von einander unterschieden haben. Dass die Lichtdurchlässigkeit der Luft mit der Wellenlänge der Lichtstrahlen, und besonders auffallend im Ultravioletten abnimmt, hat bereits Cornu¹ nachgewiesen, aber freilich an Schichten von ungleich grösserer Dicke, als die der Hartley'schen Apparate war. Gleichwohl habe ich an dem Luftwiderstand, als der einzigen Ursache des genannten Intensitätsunterschiedes der beiden brechbarsten Linien des Cadmiums festhalten zu können geglaubt. Einmal, weil bereits die Aufnahmen Miller's darauf hindeuteten, dass schon eine Luftschicht von mässiger Dicke bei der Photographie des Ultravioletten zum unüberwindlichen Hinderniss werden könne, und dann, weil alle weiteren Versuche, die ich zur Ermittlung anderer Ursachen dieser Erscheinung anstellte, erfolglos verliefen. Eine Erhärtung dieser Annahme auf experimentellem Wege, deren Nothwendigkeit sich mit jeder neuen Aufnahme dringlicher gestaltete, musste der Beschaffung der erforderlichen Instrumente halber bis zum Abschluss der

D'Almeida J. 10, p. 5—17 (1881).

sich hieran schliessenden Untersuchung der Spectra des Zinkes und des Aluminiums unterbleiben.

Das Zinkspectrum wirkte in seinem brechbarsten Theile noch schwächer als das Cadmiumspectrum. Beispielsweise war zum Erscheinen der brechbarsten Linie Nr. 29 eine Belichtung von 3 Minuten erforderlich. Ebenso wie die Wirksamkeit wies die Intensität einen weiteren Rückgang auf. Von allen Hauptlinien des Cadmiums und Zinkes trat keine so wenig hervor als die Zinklinie Nr. 29. Dass die Intensität auch mit der Wellenlänge abnahm, zeigte besser als jedes andere das combinirte Spectrum beider Metalle, wie es ein zwischen drei Elektroden überspringender Funken liefert.¹

Noch besser als im Brechungsspectrum treten Intensitäts-contraste benachbarter ultravioletter Linien im Beugungsspectrum zu Tage, weil hier die Ablenkung der Strahlen nicht progressiv mit der Wellenlänge, wie beim Prisma, sondern proportional dazu erfolgt, was zur Folge hat, dass die Linien nach dem brechbareren Ende hin immer mehr zusammengedrängt werden, während sie im Brechungsspectrum weiter auseinanderrücken. Aufnahmen, die ich mit einem Concavgitter ausführte, brachten auch hierbei die Abnahme der Intensität und Wirksamkeit der betreffenden Linien noch besser zum Ausdruck.

Nach Cornu's (C.R., t. 88, p. 1285—1290 [1879]) Annahme genügt zur Absorption der Strahlen von der Wellenlänge $211.84 \mu\mu$ eine Luftschicht von $10 m$ Dicke.

Die Strahlen Nr. 27, 28, 29, deren Wellenlänge kleiner ist, müssten demnach von solcher Luftschicht in noch stärkerem Masse absorbirt werden. Ich benutzte diesen Umstand, um mir schon vor der Vollendung der genannten neuen Apparate einen sicherern Anhalt für das Mass der Absorption der brechbarsten Strahlen in der Luft zu verschaffen, als ihn die vorhergegangenen Beobachtungen gewährten. Ich führte zu diesem

Bei Anwendung von drei Elektroden verbinde ich das Elektrodenpaar mit der Stromleitung, während die Einzelelektrode des anderen Metalles mit ihrem äussersten Ende mitten in die Funkenbahn eingeführt wird, wo sie sich in regelrechter Weise an der Entladung theilnimmt. Nur wenige Metalle sind hierzu überhaupt und so gut geeignet wie Zink und Cadmium.

Zwecke mit dem Quarzapparat einige Aufnahmen aus, wobei Funken und photographische Platte, nicht bloß 10, sondern sogar 17 *m* gegenseitigen Abstand hatten. Das Licht wurde dabei direct in den Apparat geleitet. Zwei Quarzlinsen, die in der Brennweite der zur Aufnahme gelangenden Strahlen vor Spalt und Funken conaxial mit dem Collimator aufgestellt waren, sammelten diese Strahlen in der Spaltöffnung des Collimators. Nach 15 Minuten Belichtung erschienen wider Erwarten sämtliche Zinklinien, zwar sehr dünn und ausdruckslos, aber darauf kam es diesmal weniger an. Der belangreichere Theil des Ergebnisses war die Thatsache, dass die atmosphärische Luft der Bromsilbergelatine gegenüber bei weitem lichtdurchlässiger ist, als sich nach den Angaben Cornu's erwarten liess. Dazu kam, dass die Dicke der angewandten Luftschicht keineswegs der Grenze der Durchlässigkeit entsprach. Nach meiner festen Überzeugung würde eine bedeutend dickere Luftschicht zu demselben Ergebniss geführt haben. Wie vertrug sich nun meine Annahme von dem Einfluss der Luft auf die photographische Wirksamkeit der brechbarsten Strahlen mit diesem Ergebniss? So wenig, wie ich sie auch damit in Einklang bringen konnte, boten doch die Cadmiumergebnisse Grund genug, um an ihr unverbrüchlich festzuhalten. Dass ihr auch die Zahlenwerthe, die Cornu für die Luftabsorption aufgestellt hat, nachdem sich diese bei meinen Aufnahmen des Zinkspectrums als wenig zuverlässig erwiesen hatten, nicht mehr als Stütze dienen konnten, darf nicht befremden: Cornu's Angaben basiren auf dem Verhalten der nassen Collodplatte, meine Aufnahmen erfolgten nur mit der Gelatineplatte. Die Empfindlichkeit beider Platten ist aber grundverschieden und in dem Theile des Spectrums, der hier allein interessirt, sogar noch gänzlich unbekannt. Wie die Empfindlichkeit beider Platten im Ultraviolett verläuft, darüber liegen zur Zeit noch keinerlei Beobachtungen vor.

Ich ging nun zur Aufnahme des Aluminiumspectrums über. Die ersten Versuche damit verliefen, wie schon meine früheren, erfolglos. Erst als ich den Spalt auf das ungewöhnliche Mass von $1\frac{1}{2}$ *mm* erweitert und 20 Minuten lang exponirt hatte, gelang es mir zum ersten Male auf der fixirten

Platte wenigstens Spuren der Linie Nr. 30 und der minderbrechbaren Componente der Doppellinie Nr. 31 zu erkennen. Das Linienbild war freilich so blass, dass es unter gewöhnlichen Verhältnissen weder in der Durchsicht noch in der Aufsicht deutlich sichtbar war. Um es sicher zu erkennen, bedurfte es besonderer Vorsichtsmassregeln. In gleicher Weise erlangte ich in der Folge nach 45 Minuten Belichtung auch die übrigen Linien des Aluminiums. Damit hatte ich denn das Gebiet der kleinsten Wellenlängen erreicht, aber noch längst nicht das gesteckte Ziel. Meine Aufnahmen lieferten wohl den Beweis dafür, dass die brechbarsten Aluminiumstrahlen, nachdem sie eine 2 Meter dicke Luftschicht durchsetzt haben, immer noch einen entwicklungsfähigen Eindruck auf Bromsilbergelatine ausüben können, aber an eine Verwendung solcher Aufnahmen in der Spectroskopie, worauf meine Bestrebungen gerichtet waren, war nicht zu denken. Dazu reichte die Klarheit der Linienbilder nicht aus.

Ein Versuch, durch Erhöhung der Energie der Strahlen besseres zu erreichen, schlug gänzlich fehl. Was ich mit einem Inductorium aussergewöhnlicher Grösse (50 *cm* Funkenlänge)¹ erlangte, das ich lediglich zu diesen Aufnahmen hatte bauen lassen, bewies nur, dass selbst auf diesem Wege dem Ziele nicht näher zu kommen sei.

Mehr der Vollständigkeit, als der Aussicht auf Erfolg halber, führte ich die Aluminiuaufnahme auch mit dem vorher erwähnten Gitterapparat aus. Ich habe aber nie auch nur eine Spur von einer Linie erhalten. Zur Aufnahme der Zinklinien war das Gitter noch wohl geeignet, dem Aluminiumlicht kleinster Wellenlänge gegenüber versagte es jedoch gänzlich.

Es blieb mir nun noch die Aufnahme bei dickerer Luftschicht übrig. Nachdem ich das Verhalten meiner Platte im Aluminiumlicht unter normalen Verhältnissen kennen gelernt hatte, schien die Verdickung der Luftschicht ein geeigneteres Mittel zum directen Nachweis des Einflusses der Luft auf die

¹ Es wurde von der Firma Keiser & Schmidt in Berlin, von der bereits meine übrigen Inductorien (3) stammen, in solidester Ausführung geliefert.

photographische Wirksamkeit der brechbarsten Strahlen zu sein als vorher. Ich benutzte hierzu dieselbe Versuchsanordnung, deren ich mich schon zu den Aufnahmen des Zinkspectrums bedient hatte. Der Weg der Strahlen in der Luft bis zur photographischen Platte mass sonach wieder 17 Meter.

Keine einzige Belichtung hinterliess jetzt auf der Platte einen Lichteindruck; nicht einmal, als ich bei sehr energischem Funken $1\frac{1}{2}$ Stunden lang exponirte. Die Verdickung der Luftschicht hatte demnach bewirkt, dass alle Lichtstrahlen die im vorhergehenden Falle noch einen Eindruck hinterlassen hatten, diesmal auf ihrem Wege zur Platte bis zur vollständigen Unwirksamkeit geschwächt worden waren. Damit hatte ich endlich auf dem Versuchswege die Bestätigung meiner Annahme von dem Luftwiderstande im brechbarsten Ultravioletten und zugleich die Gewissheit erlangt, dass, wenn überhaupt mit den Hilfsmitteln der Gegenwart im brechbarsten Ultraviolett mehr als bisher zu erreichen sei, dies nur nach hinreichender Verminderung des Luftwiderstandes geschehen könne.

Keiner meiner Apparate liess sich dieser Bedingung anpassen. Die Fortsetzung des Versuches erfolgte daher mit den beim Cadmium erwähnten, zum grössern Theil neuerworbenen Instrumenten, deren Einrichtung mit der bei der Aufnahme der brechbarsten Strahlen gesammelten Erfahrung allenthalben in Einklang gebracht worden war.

B. Mit besonderen Apparaten.

Möglichste Verminderung des Luftwiderstandes war der leitende Gedanke beim Entwurf des neuen Spectralapparates, dessen meine nächsten Aufnahmen bedurften. Meine Überlegungen hatten zu drei verschiedenen Constructionen geführt, wonach die Luftschicht entweder durch Verkleinerung der Brennweite, oder, unter Beibehaltung der bisherigen Brennweite, durch Evacuierung der Röhren des Collimators und der Camera, oder auch durch Evacuierung des ganzen Spectralapparates, vermindert werden sollte.

Die gänzliche Beseitigung der Luft aus dem Strahlengange des Apparates sicherte zweifellos, wenn das gesteckte Ziel auf diesem Wege überhaupt erreichbar war, den denkbar günstigsten Erfolg. Aber die Schwierigkeiten bei der Herstellung eines solchen, nach Art der Geissleröhren luftentleerten Spectral-Apparates schienen so beträchtlich zu sein, dass ich sogar von dem weniger bedenklichen Project der theilweisen Evacuierung absah und mich für die Verkleinerung der Brennweite entschied.

Sehr kurze Brennweite gibt bei Anwendung eines einzelnen Quarzprismas Spectra von winziger Länge. Linienreiche Spectra, wie beispielsweise das der Sonne, sind dann nicht mehr aufzulösen. Für solche Aufnahmen ist der Apparat fast unbrauchbar. Das gilt für das sichtbare Spectrum mehr als für das Ultraviolett, und im brechbarsten Ultraviolett, wo die Linien ihrer Wellenlänge nach verhältnissmässig viel weiter auseinander-rücken als in dem minderbrechbaren Theil, liegen die Verhältnisse noch ungleich günstiger. Hier lässt sich denn auch, wie ich nachstehend zeigen werde, schon mit sehr kleinem Apparat die Auflösung dichtstehender Linien, die ja allenthalben in solchem Falle den Ausschlag gibt, in mikroskopischer Schärfe ausführen.

Eine Vergrösserung der Dispersion durch Erhöhung der Prismenzahl konnte, des damit verknüpften Lichtverlustes halber, nicht in Betracht kommen. Von der Erhaltung der Energie der Strahlen hing der Ausgang des Versuches in erster Linie ab.

Damit die Aufnahme, ungeachtet ihrer Kleinheit, noch strengeren Anforderungen genüge, geschah beim Bau des Apparates und bei der Wahl und Aufstellung der zur Aufnahme erforderlichen Hilfsapparate alles, was die Schärfe und Klarheit des Bildes fördern konnte.

Über das Mass der Brennweite habe ich lange nicht schlüssig werden können, da mir jeder Anhalt für die Wirkung der grösseren oder kleineren Reduction der Rohrlänge fehlte, denn auch die Zahlenwerthe, die Cornu für die Absorption der brechbarsten Strahlen in der Luft aufgestellt hat, waren, aus dem vorher erörterten Grunde, hierzu nicht geeignet. Es schien nur so viel festzustehen, dass eine mässige Vermin-

derung der Rohrlänge zu einem ausschlaggebenden Resultate kaum verhelfen würde. Indem ich von der Annahme ausging, dass die grössere Energie der Strahlen und ebenso die vollendetere Bildschärfe an die kleinere Rohrlänge gebunden seien, und dass ein kleines, aber scharfgezeichnetes Bild vor einem grösseren, weniger klaren den Vorzug verdiene, wählte ich Linsen von nur 150 *mm* Brennweite.

Der photographische Spectralapparat.

Sein optischer Theil besteht aus einem Doppelprisma aus Quarz von 60° bei einer quadratischen Öffnung von 30 *mm* und aus 2 planconvexen Quarzlinen von 150 *mm* Brennweite (D, 589) und 26 *mm* Durchmesser.¹

Die beiden Hälften des Prismas sind mit Glycerin in sehr dünner Schicht zusammengeklebt.

Der mechanische Theil des Apparates setzt sich zusammen aus einem kräftigen, mit Nivellirschrauben versehenen Dreifuss, der auf starker Säule eine um ihr Centrum drehbare Scheibe von 18 *cm* Durchmesser trägt, worauf Collimator, Prismastativ und Camera verstellbar befestigt sind. Der Spaltschlitten hat Gussstahlbacken und eine Mikrometerschraube, deren Trommel eine Ablesung bis 0·002 *mm* erlaubt. Mit dem Collimator ist er durch ein sehr exact geführtes Auszugsrohr verbunden, womit auch die Platte focussirt wird. Dass dies nur mit dem Collimator und nicht auch mit der Camera geschieht, kommt daher, dass die ganze Camera aus Glas besteht, das sich zu einem Cameraauszug nicht eignet. Das Prismastativ besitzt die zur Aufstellung des Prismas (Gaussocular) und zur Einstellung ins Minimum der Ablenkung nöthige Beweglichkeit. An Stelle eines lichtdichten Prismagehäuses dient ein Stück Sammet, der zum Schutz gegen fremdes Licht über das Prisma gehalten wird.

¹ Auf die Wahl ihres Materiales und auf ihre Herstellung hat der Optiker, Herr B. Halle, dessen Güte ich diese Linsen verdanke, die grösste Sorgfalt verwandt. Wie sehr dieser Umstand die Schärfe der Aufnahmen begünstigte, wurde ich erst gewahr, als ich Aufnahmen eines anderen Linsenpaares fremden Ursprunges zu einem Vergleich damit heranzog.

Die Camera ist die einzige Eigenthümlichkeit, die der Apparat aufweist. Sie besteht, wie bereits erwähnt, nebst der Cassette, aus Spiegelglas, und mit Ausnahme einer kleinen metallenen Schraubzwinde, die zum Festklemmen der Cassettenbahn dient, kommt an der ganzen Camera nicht eine einzige Verschraubung vor. Dabei ist die Cassettenbahn, wie bei dem vorher erwähnten Apparat, um die Mittellinie der photographischen Platte drehbar, so dass die Platte mit der Linsenaxe, innerhalb 20 und 32°, jeden gewünschten Winkel bilden kann. Die Linse ist direct am Glaskörper der Camera befestigt. Zwei Öffnungen, die die Cassettenlaufbahn zu ihren beiden Seiten, in Folge ihrer Drehbarkeit, mit dem Camerakörper bildet, sind mit Sammet verschlossen. Glasverschluss, den ich auch hier gern angewandt hätte, war leider nicht ausführbar. Die Schiefstellung der Platte ist an einem mit roher Theilung versehenen Gradbogen ablesbar. Der Hauptkörper der Camera ist von parallelepipedischer Gestalt und wird von einem rechtwinklig zu seiner Langseite verlängerten Arme aus starkem Spiegelglas getragen. Die Verlängerung des Armes vermittelt die Verbindung der Camera mit der genannten drehbaren Scheibe des Apparates wozu diese zwei kräftige Klemmen trägt.

Die Cassette unterscheidet sich in ihrer Form und Einrichtung nach von den gewöhnlichen Holzcassetten in keiner Weise; sie hat ebenso Schieber und Deckel wie diese, und lässt sich ausserdem zur Aufnahme untereinanderstehender Spectra in Richtung der Spectrumlinien nach einem seitlich angebrachten Massstab verschieben, so dass eine Platte, bei hinlänglich kurzer Spaltöffnung, zu einer grossen Anzahl Aufnahmen ausreicht. Die Innenflächen der Camera und der Cassetten haben, da das dazu verwandte Glas durchsichtig ist, einen dünnen Überzug von matter schwarzer Farbe, die Aussenfläche einen solchen von schwarzem Papier und Schellackfirniss. Das Plattenmass beträgt 30 und 65 *mm*.

Ich habe Glas und nicht Holz zur Camera verwendet, weil es den Folgen des Wärme- und Feuchtigkeitswechsels der Luft, ungeachtet des erforderlichen und vielleicht wenig vertrauenerweckenden Papierüberzuges, nur unwesentlich ausgesetzt ist, und weil Cassetten für so kleines Plattenformat, wie

das genannte, kaum exacter als aus Glas gefertigt werden können. Während monatelangen Gebrauches hat die Glas-camera nie Anlass zu Klagen gegeben.

Die Aufstellung des Spectralapparates und der Nebenapparate.

Der Lichtquell musste diesmal mit Hilfe eines Fernrohres eingestellt werden. Um die hiezu nothwendige Coaxialität des Fernrohres und Collimators auf die Dauer des gesammten Versuches nach Möglichkeit constant zu erhalten, war zur Aufstellung der Apparate ein gegen die atmosphärischen Einflüsse möglichst unempfindliches Fundament erforderlich. Ich habe auch hiezu Glas gewählt. Eine quadratische Scheibe aus Spiegelglas von 1 *m* Seitenlänge und 10 *mm* Dicke wurde auf einem sehr stabilen Holzfundament in der Weise befestigt, dass sie nur in einigen Punkten unterstützt war. Die Lage der Stützpunkte war so gewählt, dass sich die Veränderungen, denen das Holzfundament ausgesetzt war, nur in sehr vermindertem Maasse auf die Richtung der Apparate übertragen konnten.

Auf der Glasscheibe waren die an der Aufnahme direct beteiligten Apparate wie folgt aufgestellt und, wo zulässig, gegen seitliche Verschiebung besonders gesichert.

Dem Spectralapparat gegenüber und coaxial mit dem Collimator stand das Ablesefernrohr (Skalenfernrohr für Spiegelablesung von Hartmann & Braun), zwischen beiden das Funkenstativ und dicht vor dem Spalt ein zweites Stativ mit einer spaltförmigen Blende von verstellbarer Länge. Zwischen Funken und Blende wurde bei einem Theil der Aufnahmen ein Condensator aufgestellt, worüber nachstehend mehr. Die Blende kam zur Anwendung, wenn die Spaltöffnung nur zu einem Theil ihrer Länge den Strahlen geöffnet werden sollte. Sie liess sich mit Trieb und Zahnstange ihres Stativs auch längs dem Spalt verschieben, so dass dieser an jeder Stelle auf gewünschte Länge, und, wenn nöthig, in ununterbrochener Aufeinanderfolge der Durchgangsstrecken geöffnet werden konnte. Die Blende bedurfte, ebenso wie der Funken, zur

sichern Einstellung des Ablesefernrohres. Das wird begreiflicher werden, wenn ich hinzufüge, dass sich die Öffnung der Spaltlänge innerhalb sehr enger Grenzen bewegte und nicht selten das bescheidene Maass von 0.2 mm nicht überschritt, und dass andererseits Funken und Blende meist einen Abstand von einigen Centimetern hatten.¹

¹ Der bereits erwähnte Condensator bestand aus 2 rechtwinklig zur optischen Axe geschnittenen Cylinderlinsen aus Quarz. Die eine war biconvex, hatte 30 mm Brennweite (D 589), 51 mm Cylinderlänge und 36 mm Breite, und ihre geometrische Axe war mit dem Spalt des Collimators parallel. Die andere Linse war planconvex, hatte 60 mm Brennweite, 51 mm Cylinderlänge und 46 mm Breite, ihre geometrische Axe bildete mit dem Spalt einen Winkel von 90 Grad. Jede Linse hatte ihr eigenes Stativ, das sich um eine zum Spalt parallele Axe drehen und mit drei Schrauben nivelliren liess. Beide Stative standen auf einer gemeinschaftlichen prismatischen Laufbahn, worauf sie in Richtung der Collimatoraxe verschiebbar waren. Die Laufbahn bildete den obersten Theil eines mit Trieb und Zahnstange und Stellschrauben versehenen Dreifusses, womit sie in Richtung des Spaltes gehoben oder gesenkt werden konnte. Auf diese Weise liessen sich beide Linsen rechtwinklig zur Collimatoraxe leicht aufstellen und hierauf in deren Richtung unabhängig von einander, doch auch gemeinschaftlich, in Richtung des Spaltes jedoch nur gemeinschaftlich verschieben, ohne dass ihre Richtung dabei eine Störung erlitten hätte. Die biconvexe Linse stand dem Funken zunächst. Der gegenseitige Abstand beider war so bemessen, dass das zu einem schmalen Lichtstreifen ausgezogene Funkenbild der zur Aufnahme kommenden Strahlen. im vorliegendem Falle also ein unsichtbares Bild auf den Spalt fiel, und die Öffnung des Strahlenkegels, wenigstens annähernd der Linsenöffnung des Collimators entsprach. Beide Punkte sind wohl zu beachten, wenn nicht ein gar zu grosser Theil der gesammelten Strahlen neben die Spaltöffnung und ein anderer Theil auf die Innenwand des Collimators fallen sollen. Es mag jedoch nicht unerwähnt bleiben, dass auch bei sorgfältigster Einstellung der bei weitem grösste Theil des gesammelten Lichtes verloren geht, weil das Funkenbild der Grösse des Funkens entsprechend, immer zu einem Lichtstreifen von ziemlicher Breite, anstatt zu einer Lichtlinie vereinigt wird. Je umfangreicher der Funken, desto breiter sein Bild und desto grösser verhältnissmässig der Lichtverlust.

Der Lichtstreifen, wie ihn die einzelne Linse liefert, läuft noch weit über die Enden der Spaltöffnung hinaus. Sobald man nun die andere Linse hinter der erstgenannten aufstellt, wird das gesammte Licht des Streifens auf einen Theil seiner ursprünglichen Länge concentrirt, und wenn man sie dann in Richtung der Collimatoraxe verschiebt, kann man leicht die Stellung finden, wobei Streifen und Spalt gleiche Länge haben. Die Länge des Streifens bezieht

Der Lichtquell.

Den Primärstrom lieferte diesmal eine Chromsäurebatterie von 4 grösseren Tauchelementen. Ausser dem früher benutzten

sich selbstverständlich, wie schon die Breite, nur auf das Bild, das die zur Aufnahme kommenden Strahlen geben.

Sind die Strahlen unsichtbar, wie dies bei meinen Aufnahmen der Fall war, so bediene ich mich, um den Streifen sichtbar zu machen, des folgenden Verfahrens. Ich bedecke, während der Funken überspringt, den Spalt mit einem dünnen planparallelen Plättchen aus Uranglas und rücke die betreffende Cylinderlinse, wofür ich focussiren will, diesem Plättchen so nahe, dass es reichlich innerhalb der Brennweite der brechbarsten Strahlen liegt, die der Funken aussendet. Schiebe ich dann die Linse wieder langsam zurück, so nimmt das fluorescirende Rechteck, das auf dem Plättchen in maigrüner Farbe leuchtet, an Helligkeit zu und an Breite ab, und geht allmählich in einen ziemlich scharfbegrenzten helleren Streifen über. Dieser Streifen ist das langausgezogene Funkenbild der brechbarsten Strahlen des angewandten Lichtquells. Bei fortgesetzter Verschiebung der Linse verbreitert sich der Streifen wieder und macht einem anderen Platz, dem Bilde der benachbarten minderabgelenkten Strahlen. In gleicher Weise wiederholt sich der Vorgang für alle Strahlen, wofür Uranglas empfänglich ist. Allerdings bekommt man hierbei nur die Bilder der allerhellsten Strahlen. Das genügt aber zur Orientirung, da der Spalt, der chromatischen Abweichung der Cylinderlinse halber, doch immer nur im Focus einer einzigen Wellenlänge der gleichzeitig zur Aufnahme gelangenden Strahlen stehen kann.

Ich habe den Condensator eines besonderen Umstandes halber ausführlicher besprochen. Nimmt man nämlich das Spectrum eines dicht vor der Spaltöffnung überspringenden Flaschenfunken mit einem Apparat grösserer Apertur auf, so bekommt man bei nahestehenden Elektroden sehr kurze und undeutliche Linien, überhaupt ein Spectrumbild, das an Klarheit viel zu wünschen übrig lässt. Verlängert man den Funken und lässt man ihn, um die Linien ebenfalls zu verlängern, parallel zum Spalt überspringen, so gewinnt das Bild zwar an Schärfe, aber abgesehen von den Linien des Luftspectrums, die alsdann zum Vorschein kommen, macht sich noch ein anderer, und, wie es scheint, bisher unbeachtet gebliebener Übelstand geltend. Ich begegnete ihm zum ersten Male bei den in Rede stehenden Aufnahmen, und seine Beseitigung, die für den Verlauf meiner Untersuchung besondere Bedeutung erlangte, glückte erst, als ich den Condensator zur Hilfe nahm.

Dieser Übelstand besteht in einer Verdopplung der Spectrumlinien. Die Componenten dieser Linienpaare liegen aber nicht nebeneinander, sondern senkrecht übereinander. Sie sind ausserdem viel stärker gekrümmt als die Linien gewöhnlicher Prismenapparate. Diese Erscheinung tritt nicht nur bei ungewöhnlich langem Funken zu Tage, sie lässt sich, sobald man sie nur

Inductorium für 25 *cm* Funkenlänge und den Leydner Flaschen kam diesmal noch ein kleineres Inductorium für nur 8 *cm* lange Funken zur Anwendung. In einigen Fällen wurde das Inductorium mit einer Influenzmaschine (4 Scheibenpaare von 62 und 70 *cm* Durchmesser) vertauscht, die mit einer Flaschenbatterie nach Riess (9 Leydner Flaschen, Aussenbeleg $1\frac{1}{4}$ *m*) in Verbindung stand.

Zu Elektroden dienten wieder, jedoch nur vorübergehend, Cadmium und Zink, späterhin andauernd Aluminium, und zuletzt Ag, As, Au, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mo, Na, Ni, Pb, Pd, Pt, Sb, Si, Sn, Tl, W, alle in Form von Draht oder kurzen Stäbchen (Ca, K, Na, W), oder Krystallen (Si), die in kupferne oder platinene Klemmen gefasst waren.¹

einmal kennen gelernt hat, selbst im Spectrum eines Funkens normaler Grösse, gleichviel ob er rechtwinklig oder parallel zum Spalt überspringt, wiederfinden, wenn auch im minder auffälligem Maasse als bei grossem Elektrodenabstand. Die brechbarsten Strahlen zeigen dabei die Verdopplung am markantesten. Macht man eine Reihe von Aufnahmen bei abnehmendem gegenseitigen Abstand der Elektroden, so zeigt sich folgende, auch für die Aufnahme anderer Spectralbezirke beachtenswerthe Erscheinung. Bei hinreichend weitem Abstand (2 bis 3 *mm* bei einem Apparat von Grösse des vorherbeschriebenen) der Elektroden erscheinen senkrecht übereinander zwei vollständig getrennte, mondsichel-förmige Linien, die mit gegenseitiger Annäherung der Elektroden mehr und mehr zusammenrücken, füglich übereinandergreifen, und nachdem ihr Schnittpunkt in ihrer Mitte angelangt ist, einander vollständig zu decken scheinen. Verfolgt man aber die allmähliche Verschmelzung beider Linien in der Spectralreihe, so findet man, dass die Deckung beider nur auf kurzer Strecke, und zwar in ihrer Mitte vollständig ist, und dass ihre Enden immer noch an merklicher Unklarheit leiden. Die Ursache dieser Erscheinung liegt in dem Umstande, dass die Strahlen das Prisma unter stärkerer Abweichung von der Ebene seines Hauptschnittes durchsetzen, als dies bei grösserem Abstand des Funkens vom Spalt der Fall ist, und dann dass der Funken nicht als einzelner Lichtquell, sondern, den beiden Elektroden entsprechend, wie zwei getrennte Lichtquellen wirkt. Entfernt man den Funken vom Spalt, so verschwindet die Verdopplung der Linien und das Spectrum gewinnt in überraschendem Maasse an Klarheit. Damit unzertrennlich verbunden ist aber eine Abnahme der Helligkeit, und ihr, bei Erhaltung der Schönheit der Zeichnung, vorzubeugen, dazu dient der genannte Condensator.

¹ Die Mehrzahl dieser Elektroden überliess mir Herr Prof. E. Zettnow in Berlin, der mehrere davon eigens für meine Aufnahmen in sorgfältigster Weise dargestellt, mich überhaupt bei diesem Theil meiner Untersuchung mit

Das photographische Verfahren.

Auch diesmal kamen, wo es sich um höchste Schärfe der Zeichnung handelte, Platten meiner Präparation zur Anwendung. In der Hauptsache erfolgte aber die Aufnahme auf Platten des Herrn E. Zettnow. Ich zog sie ihrer grossen Empfindlichkeit und Intensität halber den eigenen Platten in allen Fällen vor, wo höchste Schärfe der Spectrumlinien entbehrlich war. Etliche Spectra wurden auch auf Schleussnerplatten photographirt. Die Schleussnerplatte arbeitete bei hoher Empfindlichkeit ebenfalls klar, aber ihre Negative zeigten den schon erwähnten Übelstand aller Handelsplatten: es fehlte ihnen die zu Spectraufnahmen erwünschte Intensität. Entwickler und Fixirer bestanden wieder wie früher aus Pyro-Soda und unterschwefligsaurem Natron.

Die Anzahl der hiebei erlangten Negative ist verhältnissmässig gross. Über die Umstände, unter denen jede Aufnahme erfolgte, gibt ein Journal gewissenhaft Auskunft. Jede zur Belichtung gelangende Platte, selbst wenn die Aufnahme misslingt, wird darin in chronologischer Folge und mit fortlaufender Nummer angeführt und mit derselben Nummer das betreffende Negativ versehen. Beides ist besonders bei Reihenaufnahmen, wie sie hier vorlagen, unbedingt nöthig, wenn nicht jede spätere Orientirung ausgeschlossen sein soll.¹

Die photographische Aufnahme.

Der Anfang meiner Aufnahmen entsprach meinen Erwartungen nur in sehr bescheidenem Masse. Mein Apparat erwies

Rath und That in reichlichem Masse unterstützt hat, so dass ich den flotten Fortgang meiner Untersuchung nicht zum kleinsten Theile seiner Güte zu verdanken habe. Ich erfülle daher eine angenehme Pflicht, wenn ich Herrn Zettnow für die Förderung meiner Arbeit hiermit meinen tiefgefühlten Dank ausspreche.

¹ Die Plattenummer soll unverilgbar, am besten photographisch eingepirt sein. Das Aufkleben von Nummerzetteln ist nicht zu empfehlen. Das Aufschreiben der Nummer auf den Plattenüberzug führt, weil es immer Halbllicht der Dunkelkammer geschehen muss, leicht zu Irrthum, ist auch bei raschem Wechsel der Platten viel zu zeitraubend. Folgende Einrichtung beugt

sich wohl, wie nach der Grösse seiner Apertur nicht anders zu erwarten war, als sehr lichtstark, allein die beiden brechbarsten Linien des Cadmiums Nr. 25 und Nr. 26 hatten, entgegen meiner Erwartung, relativ nur wenig an Intensität gewonnen. Nicht viel besser stand es mit den brechbarsten Linien des Zinkes, Nr. 27, 28, 29. Sie erschienen zwar ebenfalls schneller als früher, aber ihre Intensität nahm immer noch beträchtlich mit der Wellenlänge ab. Es gewann hiernach den Anschein, als sei die vermuthete Luftwirkung zum grössten Theil auf eine spezifische Eigenschaft der betreffenden Linien zurückzuführen. Mochte dies nun auch, wie sich im Laufe meiner späteren Beobachtungen herausstellte, zu einem kleinen Theile zutreffen, so lag doch in der That das Haupthinderniss bei meinen früheren Aufnahmen der brechbarsten Strahlen in der Lichtundurchlässigkeit der Luft. Das ergab in voller Klarheit die Aufnahme des Aluminiumspectrums, die nunmehr folgte. In Zeit von wenigen Minuten erschien seine sämtlichen Hauptlinien, und dabei in grösserer Intensität als früher.

beiden Übelständen vor. Ich berühre diesen Gegenstand ausführlicher, weil ich wiederholt von Spectroskopikern um Mittheilung meines Verfahrens der Plattennummerirung ersucht worden bin. Ich habe mich ihrer hiebei, wie schon seit 8 Jahren zu allen Spectralaufnahmen bedient, und kann sie darum angelegentlich überall empfehlen, wo die Registrirung der Negative in chronologischer Reihenfolge Erfordernis ist.

Ein automatisch wirkender Paginirapparat mit Gummiziffern und Farbwerk, wie solche zum Aufdrucken fortlaufender Nummern im Handel zu haben sind, ist auf einem Holzfundament, das zwei, einen rechten Winkel bildende Lineale trägt, derart befestigt, dass die Zifferreihe, die der Apparat beim Niederdrücken seiner Handhabe druckt, dicht am Scheitel des Winkels endet. Schiebt man nun die photographische Platte, was immer kurz vor ihrem Einlegen in die Cassette erfolgen sollte, die lichtempfindliche Schicht nach oben gerichtet, an die beiden Lineale an, so kann man die laufende Ziffer durch kräftigen Schlag auf die Handhabe ohne Bruchgefahr auf die Platte drucken. Um die Ziffer zu fixiren — die farbige Ziffer verschwindet bei der Entwicklung — lege ich die Platte in eine undurchsichtige, buchartig aufklappbare Schale aus glatter Pappe, die mit einem Ausschnitt für die Ziffer versehen ist, und lasse das unverdeckte Licht meiner Dunkelkammerlampe einen Augenblick auf den Ausschnitt wirken. Beim Entwickeln des Spectrums erscheint alsdann die Ziffer in sauberer Zeichnung durchsichtig auf dunkelm Grunde. Das Verfahren erfordert wenig Zeit; ich brauche nur 6 bis 10 Sekunden dazu. Grössere Platten verseehe ich in gleicher Weise noch mit einem Datumstempel.

Die brechbarste davon, die Doppellinie Nr. 32, wirkte jetzt, im Gegensatz zu früher, stets zuerst, und mit ihren Componenten immer in gleicher Stärke, ein Umstand, den ich nur deshalb betone, weil er für gewisse spätere Aufnahmen besondere Bedeutung erlangte. Nach ihr erschien die mindestabgelenkte, Nr. 30, und erst einige Zeit nachher, die mittelste, Nr. 31, und zwar immer mit ihrer weniger abgelenkten Componente zuerst. Die stärker abgelenkte Componente erschien bei kurzer Exposition gar nicht, und bei anhaltender blieb sie weit hinter allen übrigen Linien zurück.

Dies das Verhalten des Aluminiumspectrums dem neuen Apparat gegenüber, gleichviel ob die Aufnahme mit oder ohne Condensator und mit Platten von hoher oder niedriger Empfindlichkeit erfolgte. Dabei zeigten die Linien, im grellen Gegensatze zu früher, schon nach Belichtung von 3 Minuten eine zu Ausmesszwecken, selbst bei starker Vergrößerung hinreichende Intensität und Schärfe.

Exponirte ich länger, dann wuchsen die wirksameren von ihnen bis zur kräftigsten Intensität an, deren die Gelatineplatte überhaupt fähig ist. Aber auffallenderweise blieb die Lichtwirkung ihres Bezirkes immer nur auf sie allein beschränkt, während das minderabgelenkte Ultraviolett sich durch das gerade Gegentheil, das Hinzutreten neuer Linien und Anwachsen zu einem continuirlichen Bande tiefster Schwärze, auszeichnete. Diesem Umstande zufolge haben diese Aufnahmen ein sonderbares Aussehen; sie machen den Eindruck, als werde die Wirksamkeit ihrer stärker abgelenkten Hälfte auch jetzt noch durch irgend welches Hinderniss gehemmt. Zu solchem Schlusse drängt noch die grosse Intensität der Linien Nr. 32, womit das Wirkungsband des Alumiumfunken im Ultravioletten plötzlich endet, und wodurch zugleich die Annahme von dessen Fortsetzung nach der brechbareren Seite hin, wo bisher noch keine Lichtwirkung beobachtet worden war, eine gewisse Berechtigung erhält.

Diese Überlegung war es, die meine Arbeit von der Bahn der Reproductivität, worauf sie sich in der Hauptsache bisher bewegt hatte, nunmehr zu neuen Thatsachen führte.

Mein Bestreben war von jetzt an darauf gerichtet, den Bezirk zwischen den Linien Nr. 30 und 32, der mit Ausnahme der Linie Nr. 31, weder bei mir noch bei andern eine Lichtwirkung verrathen hatte, zur photographischen Wirkung, und zunächst ohne Rücksicht auf seine graphische Vollendung, zu bringen, wobei ich allerdings von der Annahme ausging, dass die seitherige Erfolglosigkeit nicht der Abwesenheit aller Strahlung, sondern der Unzulänglichkeit der Beobachtungsmethode beizumessen sei.

Ich verstärkte zunächst die Belichtung.

Bei energischem, kurzen, dicht vor dem weitgeöffneten Spalt überspringenden Funken und bei voller Öffnung der Linsen erlangte ich auf Zettnow'scher Platte, nach Exposition von $\frac{1}{2}$ Stunde, zwischen den Componenten der Linie Nr. 32, zuerst zwei markante Linien dann bei verlängerter Belichtungsdauer, zu beiden Seiten derselben Linie, ein aus dichten Gruppen zusammengesetztes Wirkungsband, das sich mit der Zunahme der Belichtung immer weiter ausdehnte. Bei einer Belichtung von $1\frac{1}{2}$ Stunden bestand das gesammte Aluminiumspectrum aus einem fast continuirlichen Bande, das erst jenseits der bisherigen Grenze des Ultravioletten, ungefähr bei Wellenlänge $183 \mu\mu$. endete. Dass es sich hiebei um das Spectrum selbst, und nicht etwa um eine Wirkung diffusen Lichtes handelte, dafür sprachen die Intensitätsschwankungen und die markanten Linien, wodurch sich der neugewonnene Theil auszeichnete. Inwieweit dieser dem Aluminium oder dessen Verunreinigungen oder auch der Luft zuzuzählen ist, das muss ich dahingestellt lassen. Ungleich wichtiger als diese Frage war für mich die damit gewonnene Thatsache, dass der bisher für lichtleer gehaltene Bereich zwischen den Hauptlinien des Aluminiums und sogar eine kleine Strecke darüber hinaus, einen ganz unerwarteten Strahlenreichthum aufwies.

Unter solchen Umständen liess sich erwarten, dass nicht das Aluminium allein, sondern auch noch andere Stoffe Strahlen so starker Brechbarkeit aussenden würden. Und in der That bestätigte sich diese Vermuthung als ich eine Reihe von Elementen daraufhin einer Prüfung unterwarf.

Ich führe diese Spectra nachstehend in chronologischer Folge an. An Stelle einer photographischen Reproduction, die ich mir für später vorbehalte, gebe ich, um für die Energie und die Anzahl der neuen Linien, soweit sie jenseits der Wellenlänge $198 \cdot 8 \mu\mu$ liegen, wenigstens einigen Anhalt zu bieten, kurz die Hauptdata der Versuchsanordnung und des photographischen Ergebnisses an. Dass unter den aufgezählten Linien manche Verunreinigung vertreten sein mag, was ich auch vereinzelt an betreffender Stelle angedeutet habe, berührt die hier allein interessirende Thatsache, den Strahlenreichtum des genannten Spectralbezirktes betreffend, nur in verschwindendem Masse.

Die beistehenden Nummern beziehen sich auf die erwähnte Signatur der betreffenden Platten.

Alle Aufnahmen wurden ohne Condensator, bei einer Spaltweite von 0.040 mm und auf hochempfindlichen Platten (Zettnow) ausgeführt. Die Belichtungsdauer war verschieden, sie ist darum bei jedem Spectrum besonders angegeben.

Cadmium. Nr. 2039. Belichtung 6 Minuten. 22 neue Linien, 2 davon jenseits $185 \cdot 2$, die wirksamsten (4) in der nächsten Umgebung derselben Wellenlänge, die meisten blass und mässig scharf.

Antimon. Nr. 2040. Belichtung 5 Minuten. 28 neue Linien, 3 davon jenseits $185 \cdot 2$, die wirksamsten (3) in der Nähe der Wellenlänge $192 \cdot 9$. Mit Ausnahme der brechbartsten 3, alle klar gezeichnet, mehrere sehr intensiv.

Wismuth. Nr. 2043. Belichtung 6 Minuten. 20 neue Linien, 3 davon jenseits $185 \cdot 2$, die wirksamste bei $\frac{1}{3}$ (Nr. 31 bis 32). Die meisten, besonders die drei brechbarsten, blass und mässig scharf.

Kobalt. Nr. 2044. Belichtung 6 Minuten. 83 neue Linien, 12 davon jenseits $185 \cdot 2$, die wirksamsten (9) nahe bei Nr. 31 nach Nr. 30 hin. Ein grosser Theil der Linien intensiv und scharf, die übrigen, darunter alle jenseits $185 \cdot 2$ liegenden, sehr blass.

Platin. Nr. 2045. Belichtung 6 Minuten. 81 neue Linien, 14 davon jenseits $185 \cdot 2$, die wirksamsten (15) ziemlich gleichmässig über das Spectrum vertheilt und an Schärfe alle vorher genannten Spectra übertreffend.

Kupfer. Nr. 2046. Belichtung 6 Minuten. 6 neue Linien, 1 davon jenseits $185 \cdot 2$, die wirksamsten (2) bei Nr. 30, alle, auch die sehr blassen, scharf gezeichnet.

Blei. Nr. 2047. Belichtung 7 Minuten. 6 neue Linien, 1 davon jenseits $185 \cdot 2$, die wirksamste und schärfste von allen dicht neben der 2. Componente von Nr. 31, alle übrigen sehr blass und unklar.

Eisen. Nr. 2048. Belichtung 10 Minuten. 72 neue Linien. 4 davon jenseits $185 \cdot 2$, die wirksamsten (4) zwischen Nr. 31 und 32, näher an Nr. 31 gelegen. Die brechbarsten vier kaum zu erkennen, die übrigen intensiver, aber die weniger intensiven von ihnen ebenfalls unklar defnirt.

Calcium. Nr. 2049. Belichtung 7 Minuten. 7 neue Linien, 4 davon jenseits $185 \cdot 2$. Von den wirksamsten (3), eine mit der stärker abgelenkten Componente von Nr. 31 zusammenfallend, die beiden anderen das Ende des ganzen Spectrums bildend. Die weniger abgelenkte dieser beiden übertrifft an Wirksamkeit alle jenseits $185 \cdot 2$ liegenden Linien sämmtlicher Spectra, von welchen hier die Rede ist.

Arsen. Nr. 2065. Versuchsanordnung wahrscheinlich wie bei den vorhergehenden Aufnahmen. Belichtung muthmasslich 8 Minuten. 20 neue Linien, 6 davon jenseits $185 \cdot 2$. Mit Ausnahme dieser 6, alle kräftig, aber nicht scharf gezeichnet.

Natrium. Nr. 2103. Belichtung 20 Minuten. Eine einzige neue Linie, kaum merklich von der 2. Componente der Nr. 31 abweichend, mässig klar und wenig intensiv.

Silber. Nr. 2107. Belichtung 3 Minuten. 28 neue Linien, 6 davon jenseits $185 \cdot 2$. Alle Linien, mit Ausnahme einer einzigen, die auf der brechbareren Seite von Nr. 31 und nahe dabei liegt, sehr blass und zum grössten Theil von geringer Schärfe.

Gold. Auf derselben Platte. (Nr. 2107.) Belichtung 7 Minuten. 12 neue Linien, 3 davon jenseits $185 \cdot 2$, von den wirksamsten (5) drei neben Nr. 30 und eine kräftige Doppelnie neben Nr. 31, in beiden Fällen auf der brechbareren Seite liegend; alle übrigen sehr unklar, mehr noch als beim Silber.

Nickel. Nr. 2108. Belichtung $7\frac{1}{2}$ Minuten. 26 neue Linien, 7 davon jenseits $185 \cdot 2$, von den wirksamsten (3) zwei

neben Nr. 30 und eine um ein wenig brechbarer als Nr. 32. Der ganze Bezirk sehr blass, aber gut defnirt.

Zinn. Nr. 2111. Belichtung 10 Minuten. 18 neue Linien, 3 davon jenseits $185 \cdot 2$. Mit Ausnahme einer einzigen Linie, die zwischen Nr. 31 und 32 mitten darin liegt und eine enorme Energie entwickelt, sind alle Linien verschwommen, blass und darum sehr undeutlich.

Kalium. Nr. 2112. Belichtung 5 Minuten. Eine einzige Linie von tadelloser Zeichnung und grosser Intensität; sie coincidirt exact mit der brechbarern Componente von Nr. 31.

Wolfram. Nr. 2113. Belichtung 10 Minuten. 75 neue Linien, 21 davon jenseits $185 \cdot 2$, alle ziemlich gleichmässig vertheilt, dabei aber doch gut unterschiedene Gruppen mit einzelnen markanten Linien bildend. Die Intensität des sehr linienreichen Bandes nimmt nach dem brechbarern Ende hin gleichmässig ab. Die Zeichnung der Linien ist durchgängig klar.

Silicium. Nr. 2114. Belichtung 10 Minuten. 11 neue Linien, 5 davon jenseits $185 \cdot 2$, nur eine einzige intensiv und scharf, sie coincidirt abermals exact mit der brechbarern Componente von Nr. 31.

Chrom. Nr. 2132. Belichtung 7 Minuten. 11 neue Linien, jenseits $185 \cdot 2$ nur Spuren solcher, von allen nur eine markant und diese mit der brechbarern Componente von Nr. 31 coincidirend, alle übrigen sehr blass und die Mehrzahl davon nur mit Mühe wahrnehmbar.

Thallium. Nr. 2133. Belichtung 8 Minuten. 8 neue Linien. 3 davon jenseits $185 \cdot 2$, die wirksamsten (4), zwischen den Linien Nr. 31 und Nr. 32 eine ins Auge fallende Gruppe bildend, deren Componenten an Intensität und gegenseitigem Abstand mit der Wellenlänge abnehmen. Auch hier fällt wieder eine Linie mit der wiederholt genannten Componente von Nr. 31 zusammen, diesmal ist sie jedoch sehr blass, kaum mehr als eine Spur. Die Zeichnung der ganzen Aufnahme ist durchgängig sehr klar, sogar bei den brechbarsten Linien.

Molybdän. Nr. 2136. Belichtung 8 Minuten. 40 neue Linien, 4 davon jenseits $185 \cdot 2$, die wirksamsten (6) zwischen Nr. 30 und Nr. 31, alle sehr blass, die brechbarsten nur als Spur erschienen. Zeichnung aller mässig klar.

Quecksilber. Nr. 2139. Belichtung 7 Minuten. 26 neue Linien, 9 davon jenseits $185\cdot 2$, die wirksamste von allen, dicht vor Nr. 31, zwei andere, ebenfalls energische Linien, nahe Nr. 30 und Nr. 32. Die Linien jenseits $185\cdot 2$ reihen sich zu einer Liniengruppe aneinander, die ihrer Intensität nach rasch ansteigt und bei wachsender Zunahme ihres Abstandes allmählich abnimmt. Schärfe der Linien mässig.

Magnesium. Nr. 2143. Belichtung 7 Minuten. (Spaltweite ausnahmsweise nur $0\cdot 030\text{ mm}$). 3 neue Linien, wovon nur eine deutlich zu erkennen ist; sie fällt mit der brechbarern Componente von Nr. 31 zusammen. Jenseits $185\cdot 2$ nichts erschienen.

Zink. Nr. 2144. Belichtung 32 Minuten. 17 neue Linien, 1 davon jenseits $185\cdot 2$. Eine der beiden wirksamsten Linien abermals mit der brechbarern Componente von Nr. 31 coincidirend, die andere stärker abgelenkte, dicht bei derselben Componente liegend. Ungeachtet der sehr langen Belichtung ist der ganze Bezirk ungemein blass erschienen.

Kohlenwasserstoff. Nr. 2152. In einer mit Quarz verschlossenen elektrischen Entladungsröhre leuchtend, Druck 3 mm Quecksilbersäule. Belichtung 25 Minuten. 10 neue Banden, die mit ihren Wellenlängen an Wirkung und Intensität sehr gleichmässig abnehmen, und deren letzte zwischen den beiden Componenten der Linie Nr. 32 als schwacher Schatten erscheint.

Eine andere Aufnahme mit derselben Röhre (Nr. 2153) gab bei doppelter Spaltweite ($0\cdot 080\text{ mm}$) und $2\frac{1}{2}$ stündiger Belichtung das ganze Spectrum kräftiger, doch immer noch sehr klar, und jenseits $185\cdot 2$ auch Spuren von zwei neuen Banden.

Alle diese Spectra haben, wie ich hinzufügen muss, gleich dem Aluminiumspectrum, auf ihrer brechbarern Hälfte bedeutend schwächer als im übrigen Ultraviolett gewirkt. Bis in die Gegend der brechbarsten Cadmiumstrahlen bestehen sie aus einem tiefschwarzen Bande, das höchstens von vereinzelt, aber nur solarisirten Linien, die übrigens glasblank hervortreten, unterbrochen wird. Im anderen Theile habe ich, selbst bei den längsten Belichtungen, nie ein derartiges Zusammenfließen der Linien, noch weniger aber Solarisation wahrnehmen können

Wie sich aus der vorstehenden Zusammenstellung ergibt, ist allen Aufnahmen gemein, dass sie im brechbarsten Theile des Spectrums, wo bisher nur die wenigen Linien des Aluminiums bekannt waren, einen mehr oder weniger grossen Strahlenreichtum entwickeln, dass die meisten von ihnen die bisherige Grenze des Ultravioletten sogar überschreiten und ausserdem, wie ich ergänzend hinzufügen will, nahezu mit derselben Wellenlänge abschliessen.

Ich hoffte nun durch verlängerte Belichtung und durch Funken von noch grösserer Energie mehr zu erreichen. Ich vermehrte die Anzahl meiner Tauchelemente, ebenso die Zahl der Flaschen, vertauschte das Inductorium mit der Influenzmaschine, die in Verbindung mit der Riessbatterie sehr energische Funken gab, änderte die Zusammensetzung meines Plattenüberzuges, indem ich dessen Jodgehalt zur Vergrösserung der Empfindlichkeit erhöhte, sensibilisirte meine Platten durch Ammoniakraucherung, kurz ich suchte auf alle Weise im brechbarsten Ultraviolet weiter vorzudringen, aber was ich dabei gewann, war kaum nennenswerth: bei einigen Spectren ein kleiner Längenzuwachs, aber jenseits Wellenlänge 182 $\mu\mu$ nicht die Spur einer Linie.

Es ist eine allenthalben in der Spectrumphotographie zu beobachtende Erscheinung, dass die Aufnahme sehr geschwächter Strahlen mit ungewöhnlichen Schwierigkeiten verknüpft ist, und dass auch noch so lange Belichtung hiebei nie zu klaren Bildern führt. So bin ich diesem Übelstande regelmässig an der Grenze der Lichtdurchlässigkeit des Prismenmaterials begegnet: bei schwerem Flintglas bereits am Anfange des Ultravioletten, bei leichterem Flintglas in der Gegend der Fraunhoferlinie *O*, bei Crownglas nahe bei *R*; ebenso an der Grenze der Lichtdurchlässigkeit der Luft, deren Lage, wie aus Vorstehendem hinreichend hervorgeht, von der Dicke der Luftschicht abhängig ist.¹

¹ Dass der Erfolg hiebei, wenn auch zu einem kleinen Theile, zugleich von dem Empfindlichkeitsgrade der photographischen Platte abhängt, beweist unter andern die Thatsache, dass ich das Spectrum der Junisonne von meinem Laboratorium aus circa 120 *m* über dem Spiegel der Ostsee), mit

Gleichwohl würde der photographische Erfolg im brechbarsten Ultraviolett weit besser ausfallen, wenn nicht das Licht, das an den brechenden Flächen und im Innern der Prismen und Linsen (v. Helmholtz, Physiol. Optik, 2. Aufl., S. 303) entsteht, das Sehfeld regelmässig so kräftig erhellte, dass es bei anhaltender Belichtung die ganze Platte stärker als das Spectrum selbst färbte. Man kann nun zwar, wie ich bereits 1888 mit dem photographischen Spectralapparat des Herrn Oskar Simony in Wien (Anzeiger der k. Akademie der Wissenschaften in Wien; mathem. naturw. Classe, S. 37, 1889) gefunden habe, das diffuse Licht bedeutend mindern, indem man die Spaltlänge auf ein möglichst kleines Mass (0.2 *mm*) verkürzt, allein auch hier überwuchert es bei längerer Belichtungsdauer den zarten Eindruck der brechbarsten Strahlen bis zur gänzlichen Unsichtbarkeit.

Die Verkürzung des Spalts war das letzte Mittel, das mir so lange ich auf die angewandten Apparate angewiesen war, noch Aussicht auf bessere Erfolge eröffnet hatte.

Fasst man die Ergebnisse der mit der kurzen Brennweite erlangten Aufnahmen zusammen, so folgt daraus:

1. Dass der Erforschung des Spectralbezirkes zwischen den Wellenlängen 200 $\mu\mu$ und 185 $\mu\mu$, bei hinreichender Verminderung der Absorption der Strahlen durch die Luft, nichts mehr im Wege steht, und dass dazu die vorhandenen Beobachtungsmittel vollständig ausreichen, und

2. dass beinahe alle von mir versuchten Elektroden jenseits der bisher beobachteten Grenze des Ultravioletten noch photographisch wirksames Licht aussenden.

Das Erscheinen von Strahlen jenseits der Wellenlänge 185.2 $\mu\mu$ gab meiner Arbeit eine veränderte Richtung; anstatt dem bekannten Spectrum wie bisher, galt sie von nun an der Erschliessung des unbekanntes Lichtgebietes zwischen den Wellenlängen 185.2 $\mu\mu$ und Null.

Von den Mitteln hiezu und dem gegenwärtigen Stand der Lösung dieser Aufgabe handelt der folgende Theil meines Berichtes.

Zettnow's Platten über die Fraunhoferlinie *U* hinaus photographiren konnte, während dieselbe Linie zu gleicher Zeit mit verschiedenen anderen Platten nicht erreichbar war.

Photographische Aufnahme des Spectralgebietes jenseits der Wellenlänge $185 \cdot 2 \mu\mu$.

Die Vorarbeiten.

Die brechbarsten Strahlen des Aluminiums hatten nach den vorhergehenden Aufnahmen ihre Energie in einer Luftschicht von $17 m$ vollständig eingebüsst, bei $2 m$ Luft einen entwicklungsfähigen Eindruck auf der Platte hinterlassen und bei $\frac{1}{3} m$ Abstand des Funkens von der Platte zu einer guten Aufnahme geführt. Ihre photographische Wirkung und deren Steigerung waren sonach keine Folge einer Intensitätserhöhung des Funkens, sondern eine Folge der Verminderung des Widerstandes, dem die Strahlen auf ihrem Wege zur Platte begegneten. Der Funke genügte vollkommen, nur an der Energie der Strahlen fehlte es. Wenn sie einen langen Weg in der Luft zurückgelegt hatten, war ihre photographische Wirkung bei ihrem Eintritt in das Silberpartikel der Platte nicht mehr stark genug, um dessen Zerfall in hinlänglichem Masse einzuleiten. Die Erhaltung der Energie der Strahlen war es sonach, worauf sich der bessere Erfolg gründete.

Aller Wahrscheinlichkeit nach war auch bei der kleinsten Brennweite, die ich angewandt hatte, der Energieverlust der Strahlen, infolge von mancherlei Hindernissen, denen sie auf ihrem Wege begegneten, noch sehr bedeutend. Konnte ich ihn vermindern, so stand mir weiterer Erfolg in Aussicht. Und dass eine Verminderung möglich war, lag wohl ausser allem Zweifel. Schon die Beseitigung der Luft, die wenn auch nur in mässig dicker Schicht, immer noch zwischen Funken und Platte lag, versprach nennenswerthe Vortheile. Die Luft war aber nicht das einzige hemmende Absorbens, dem die Strahlen begegneten. Quarz absorbirt die brechbarsten Strahlen ebenfalls in merklichem Masse (L. Soret, Archives des Sc. phys. et nat., t. LXI, p. 332—334, 1878), ebenso Glycerin (W. A. Miller, Phil. Transact., Vol. CLII, p. 871 [1862]), womit die Hälften meines Quarzprismas verbunden waren, und auch die Gelatine, sogar in

sehr dünner Schicht hält sie nach Soret, (Archives des Sc. phys. et nat., III. Période, t. X, p. 453—455 [1883]) noch sichtlich zurück.

Bestanden diese Hemmnisse auch der photographischen Platte gegenüber, und gelang es sie zu beseitigen oder auch nur kräftig abzuschwächen, so war mir ein abermaliger Zuwachs an photographischer Energie gesichert.

Der photographische Effect ist nicht allein eine Function der Energie der Strahlen, er hängt vor allem von dem Verhalten der lichtempfindlichen Platte ab. Je lockerer die chemische Verbindung der lichtempfindlichen Bestandtheile des Plattenüberzuges ist, je mehr deren Lockerung, während die Strahlen daraufwirken, unterstützt wird (Sensibilisatoren, H.W. Vogel, Handbch. d. Photographie, IV Aufl. 1890, S. 172, 193, 208), desto schneller geht ihr entwicklungsfähiger Zerfall bei der Belichtung vor sich. War es möglich, die brechbarsten Strahlen in dieser Weise zu unterstützen, dann gestalteten sich meine Aussichten auf Erfolg abermals günstiger.

Zarte Einzelheiten einer photographischen Aufnahme, schwache Lichteindrücke verlangen eine ganz schleierfreie Platte. Sie werden unklar, zweifelhaft, verschwinden sogar nicht selten wieder, wenn der Plattengrund nicht glasklar, sondern wie mit einer grauen Decke überzogen aus dem Entwicklerbade hervorgeht.

Wie bereits erwähnt, trat dieser Fall bei meinen Aufnahmen regelmässig ein, sobald ich anhaltend belichtete. Das zerstreute Licht aus dem Innern des photographischen Apparates die Ursache dieses Plattenschleiers, setzte sich aus Strahlen aller Brechbarkeit zusammen; allein verschleiernd wirkten nur die, wofür die Platte am empfänglichsten war. Bei Gelatineplatten und Funkenlicht sind das die Strahlen des weniger abgelenkten Ultraviolett, also Strahlen, deren ich zu meiner Aufnahme nicht bedurfte. Konnte ich sie fernhalten vom Apparat, dann gewann meine Aufnahme von neuem. Nicht nur, dass dadurch den zarteren Lichteindrücken grössere Klarheit gesichert wurde, die Zeichnung der ganzen Aufnahme gewann dadurch.

Diese Überlegung veranlasste eine Reihe von Untersuchungen, die der Wiederaufnahme meiner ursprünglichen Arbeit voranzugehen hatten. Die Aufgabe dieser Vorarbeiten bestand:

1. In der Ermittlung des Einflusses aller bei der photographischen Wirkung der brechbarsten Strahlen des Funkenlichtes hiebei in Betracht kommenden Absorbentien, und

2. in der Verwerthung der hiebei erlangten Ergebnisse zur Beschaffung verbesserter Beobachtungsmittel für den in Rede stehenden Spectralbezirk.

Eine Ausnahme hiervon machte nur das Glycerin, das unberücksichtigt bleiben konnte, da das Doppelprisma des photographischen Apparates auch unverkittet correct arbeitet. Das Glycerin soll überhaupt nur dem durch Reflexion hervorgerufenen Lichtverlust vorbeugen, der an den sich berührenden Flächen der beiden Einzelprismen entsteht, sobald diese unverkittet bleiben.

Das Absorptionsverhalten des Quarzes und der Gelatine, den brechbarsten Strahlen des Aluminiums gegenüber, ist allerdings schon von Soret, und auch sehr sorgfältig ermittelt worden. Aber Soret hat sich dazu des Oculars bedient. Seine Ergebnisse brauchen darum mit dem Verhalten der photographischen Platte durchaus nicht übereinzustimmen.

Helligkeitsverhältnisse der Wellenlängen, wie sie Soret nach Massgabe der Fluorescenz ermittelte, haben immer einen relativen Werth. Sie sind allenfalls unter sich, nicht aber mit den Empfindlichkeitsverhältnissen der photographischen Platte vergleichbar; sie sind das ebensowenig, wie das Verhalten der einen Plattenart massgebend ist für das Verhalten einer andern Plattenart. Zwischen der ocularen und der photographischen Methode der Helligkeitsbestimmung, besonders der ultravioletten Strahlen besteht zwar ein innerer Zusammenhang, der der Absorption, aber wie wenig massgebend er für vorliegenden Fall ist, beweist am besten die Thatsache, dass jeder Stoff sein eigenes Absorptionsspectrum besitzt. Dass ferner oculare Helligkeitsbestimmungen, selbst wenn sie sich auf

Licht gleicher Qualität beziehen, für die objective Helligkeit auch dann noch einen nur beschränkten Anhalt gewähren, daran soll nur beiläufig erinnert werden.

Es war daher unbedingt nöthig, Quarz und Gelatine in dieser Richtung von Neuem zu untersuchen. In gleicher Weise war ich bei der Ermittlung der Absorptionswirkung der Luft auf mich selbst angewiesen.

Es kam nun noch ein Medium in Betracht, das für meine Aufnahmen als Absorbens von weit grösserer Bedeutung war, als die genannten Stoffe: der lichtempfindliche Bestandtheil der photographischen Platte, das Bromsilber. Von seinem Verhalten hing ja der Erfolg der Aufnahme in erster Linie ab. War es gegen die brechbarsten Strahlen wirklich so wenig empfindlich, wie es nach meinen Aufnahmen schien, dann entstand auch noch die weitere Aufgabe, nach einem zweckentsprechenderen Ersatz für das Bromsilber zu suchen.

Die Empfindlichkeitsbestimmung des Bromsilbers lief nun zunächst ebenfalls auf einen Absorptionsversuch hinaus. Denn nur dann, wenn es, und am besten in der, bei der photographischen Trockenplatte zur Anwendung gelangenden Modification, die Strahlen hinreichend kräftig absorbirte, konnte es noch höhere Empfindlichkeit besitzen. Über die Art der Extinction der Strahlen, ob photochemische oder photothermische, konnte freilich nur das photographische Verhalten eines von allen Beimengungen fremder Bestandtheile freien Bromsilbers entscheiden. Es könnte nun den Anschein haben, als sei zu vorliegendem Zweck die Aufnahme auf reinem Bromsilber allein ausreichend und die Kenntniss der Absorption entbehrlich gewesen. Dem würden jedoch einige Thatsachen jenes Theiles meiner Vorarbeiten widersprechen, der sich mit der Darstellung einer neuen photographischen Platte befasst, wovon späterhin noch die Rede sein wird.

Auf diese Weise durfte ich mir auf dem Gebiete der kleinsten Wellenlängen bessere Erfolge versprechen als bisher, doch immer noch mit der Befürchtung, dass die erhofften Strahlen jenseits der schon erreichten Wirkungsgrenze am Ende ein ganz anderes Verhalten bekunden könnten als die, worauf sich meine Vorversuche gründeten.

Ich begann meine Vorarbeiten mit dem Quarz, dem der Reihe nach die Gelatine, das Bromsilber und die Luft folgten.

Die Absorption der brechbarsten Strahlen des Aluminiums Nr. 30, 31, 32.

A. In Quarz. Die Beobachtung geschah nur auf photographischem Wege. Die Aufnahme der Absorptionsspectra erfolgte mit dem genannten Spectralapparat von 150 *mm* Brennweite auf Platten von hoher Empfindlichkeit (Zettnow). Als Lichtquell wirkte ein zwischen Aluminiumdrähten überspringender Flaschenfunken des schon genannten Inductoriums von 25 *cm* Funkenlänge. Einige Aufnahmen wurden auch beim Licht eines Wolframfunkens gemacht, das sich wegen der Gleichmässigkeit der Vertheilung und Wirksamkeit seiner Strahlen zu Absorptionsversuchen vorzüglich eignet. Die Quarzplatten, deren Absorption bestimmt werden sollte, waren rechtwinklig zur krystallographischen Hauptaxe geschnitten und ihre Dicke mass 3·0, 3·6, 5·2, 20 und 50 *mm*. Ihre Absorption ermittelte ich wie folgt:

Ich bedeckte die Öffnung des Collimatorspaltes mit der betreffenden Platte und machte damit, bei zunehmender Belichtungsdauer, eine Reihe untereinander stehender Aufnahmen des Aluminiumspectrums, dann entfernte ich die Platte vom Spalt und wiederholte die Reihe, entweder bei derselben oder auch bei proportional verkürzter Belichtungsdauer. Der Unterschied beider Reihen stellte dann die Absorption der betreffenden Strahlen in der gewählten Quarzplatte dar. Zum Nachweis sehr kleiner Unterschiede solcher Parallelaufnahmen, auch wo den unvermeidlichen, kleinen Helligkeitsschwankungen des Lichtquells Rechnung getragen werden sollte, wurden beide Spectra gleichzeitig photographirt. Ich bedeckte zu diesem Zwecke den Spalt auf seine halbe Länge mit der Quarzplatte, während die andere Spalthälfte von den Strahlen ungehindert durchsetzt wurde, und bekam dann bei jedesmaliger Belichtung zwei durch einen sehr schmalen Lichtstreifen — er rührt von der Seitenfläche der Quarzplatte her — getrennte Spectra, deren Unterschiede wie vorher der Lichtabsorption in der Quarz-

platte entsprachen. An solchen Aufnahmen treten, weil man beide gleichzeitig überblickt, alle Unterschiede besser zu Tage als dort, wo die Aufnahmen nach einander ins Gesichtsfeld geführt werden müssen. Zu dickern Platten eignet sich dieses Verfahren weniger, weil die Breite des genannten Lichtstreifens mit der Dicke der Platte wächst und schliesslich breiter ausfällt, als es der Zweck der Aufnahmen erlaubt. Der Lichtverlust, den die Strahlen durch Spiegelung an den planparallelen Flächen der Quarzplatte erleiden, war bei meinen Aufnahmen so gering, dass ich ihn unbeschadet der Zuverlässigkeit meines Ergebnisses unberücksichtigt lassen konnte.

Sämmtliche Aufnahmen haben, wie sich wohl von selbst ergibt, nur einen sehr relativen Werth. Denn da Prisma und Linsen des angewandten Spectralapparates ebenfalls aus Quarz bestehen, so stellen die Aufnahmen nicht bloss die Absorption der in den Strahlengang eingeschalteten Quarzplatte dar, sondern die einer bedeutend dickeren Platte. Die mittlere Gesamtdicke des Prismas und der Linsen des Apparates beträgt 21 mm . Meine Aufnahmen erfolgten demnach schon bei unbedecktem Spalt unter dem Einfluss einer Quarzschicht von 21 mm Dicke, und die Parallelaufnahmen dazu zeigen sonach nur, wie viel die den Spalt bedeckende Quarzplatte mehr Licht verschluckte. Über den wirklichen Widerstand des Quarzes kann keine einzige dieser Aufnahmen Auskunft geben. Dazu würden Prismen und Linsen aus absolut ultraviolett durchlässigem Material erforderlich sein.

Ich gebe nachstehend nur die Ergebnisse der 3, 20 und 50 mm dicken Platten, die hinlänglich zeigen, in welchem Masse der Quarz die Wirkung der brechbarsten Strahlen verlangsamt.

3 mm dicke Quarzplatte. Aluminiumfunken. Spaltweite 0.080 mm . Belichtung $2\frac{1}{2}$, 5, 10, 20 Secunden, je 1 Aufnahme mit und je 1 Aufnahme ohne Quarzplatte. Beide Reihen nur sehr wenig von einander verschieden, doch durchgängig die Aufnahmen mit Platte etwas weniger intensiv als die anderen. Dieser Unterschied tritt hauptsächlich an der Linie Nr. 32 hervor und lässt sich, da sie bei allen Belichtungen klar erschienen ist, an ihr besser als an den übrigen Linien verfolgen.

20 *mm* dicke Quarzplatte. Aluminiumfunken. Spaltweite 0·080 *mm*. Belichtung 15, 30, 60, 90, 120, 180, 240, 300 Secunden, je eine Aufnahme mit Platte und 5, 10, 20, 40 Secunden; je eine Aufnahme ohne Platte. Die Quarzplatte hat in allen Aufnahmen sämtliche Strahlen (Nr. 30, 31, 32) vollständig absorbiert, während ohne Quarzplatte Nr. 32 durchweg, Nr. 30 hingegen nur bei 20 und 30 Secunden, und Nr. 31 mit ihrer minder abgelenkten Componente nur bei 30 Secunden erschienen sind.

50 *mm* dicke Quarzplatte. Aluminiumfunken. Spaltweite 0·080 *mm*. Belichtung 30, 60, 90, 120 Secunden, je eine Aufnahme mit Platte und 5, 10, 20, 40 Secunden; je eine Aufnahme ohne Platte. Genau wie bei der 20 *mm* Platte, nicht eine Spur der betreffenden Linien erschienen.

In demselben Sinne sind auch alle übrigen hier genannten Aufnahmen ausgefallen.

Danach ist der Quarz in dickerer Schicht für die brechbarsten Strahlen des Ultravioletten im hohen Grade schwer durchlässig. Meine früheren Aufnahmen vom brechbarsten Ultraviolett hatten demnach zweifellos unter dem hemmenden Einfluss des Materiales der angewandten Prismen und Linsen gestanden. Möglicherweise trug dessen Mangel an Durchlässigkeit die Hauptschuld an der Erfolglosigkeit der Aufnahmen des jenseits 182 $\mu\mu$ liegenden Spectralgebietes. So lange als ich mit Quarz fortarbeitete, durfte ich kaum bessere Ergebnisse erwarten als bisher. Die Beschaffung ultraviolettdurchlässigerer Prismen und Linsen war hierdurch zur unabweisbaren Nothwendigkeit geworden. Wollte ich mich nicht mit der Aufsuchung hierzu geeigneter Stoffe befassen, dann hatte ich keine Wahl, ich war dann, wie aus den vorhergegangenen Erörterungen hervorgeht, auf den Flussspath allein angewiesen. Und in der That sind in der Folge alle Aufnahmen, sogar schon die, wovon sogleich die Rede sein wird, die Absorptionsspectra der Gelatine, mit Prismen und Linsen aus weissem Flussspath ausgeführt worden.¹

¹ Fehlerfreier Flussspath in farblosen Krystallen gehört zu den Seltenheiten. Die farbigen Varietäten, die minder schwer zu erlangen sind, sind

Dass jedoch meine Erwartungen, die sich an die grössere Durchlässigkeit dieses Mineralen knüpften, in dem bereits mit Quarz beobachteten Theile des Spectrums nur mässig und jenseits dieses Theiles gar nicht in Erfüllung gingen, sei hier nur vorläufig und deshalb erwähnt, weil die folgenden Aufnahmen andernfalls leicht irrige Schlussfolgerungen veranlassen könnten.

B. In trockener Gelatine. Im Princip und der Anordnung glich der Versuch dem vorhergehenden. Viel Zeit hat die Herstellung der Gelatinehäutchen, deren Absorption bestimmt werden sollte, in Anspruch genommen. Soret hat sich einer wässerigen Gelatinelösung bedient, die er in einer mit parallelen Quarzwänden verschlossenen Cuvette zwischen Spalt und Lichtquell aufstellte. Ein jedenfalls ebenso bequemes als sicheres Mittel, um Gelatinefilter jeder gewünschten Dicke herzustellen, allerdings nur so lange anwendbar, als der Gegenwart des Wassers nichts im Wege steht. Wasser, selbst frisch destillirt, verhält sich aber den brechbarsten Strahlen gegenüber nicht

nicht lichtdurchlässig genug, um bei Aufnahme der brechbarsten Strahlen in Betracht kommen zu können. Einermassen grosse Stücke des weissen Materials sind aber nie optisch rein: Sprünge, Schlieren und andere Fehler kommen allenthalben darin vor und stören die optische Wirkung daraus gefertigter optischer Gegenstände mehr oder weniger, oft, wie ich selbst wiederholt erfahren habe, in so bedenklichem Masse, dass ihre Verwendung, wo es sich um die Erzeugung klarer Bilder handelt, möglich wird. Es ist nicht zu viel behauptet, wenn ich sage, die Beschaffung tadelloser, grösserer Gegenstände aus weissem Flussspath zählt gegenwärtig zu den Unmöglichkeiten. Quarz, sogar Kalkspath, kommen in tadelloser Beschaffenheit immer viel häufiger vor als reiner weisser Flussspath. Unter solchen Umständen wäre die Beschaffung eines Flussspathkörpers für meinen Spectralapparat geradezu aussichtslos gewesen, wenn nicht Herr Carl Zeiss in Jena meiner Arbeit eingehendes Interesse geschenkt und mich in uneigennützigster Weise dabei unterstützt hätte. Herr Zeiss hat mir, obgleich er sich mit der Lieferung von Flussspathgegenständen nicht befasst, ausser einem grossen Prisma (70°) auch die erforderlichen Linsen und planparallele Verschlussplatten, alles aus ungewöhnlich reinem Flussspath und von höchster Vollendung der brechenden Flächen, zur Erweiterung meiner Ultravioletbeobachtungen bereitwilligst überlassen. Herrn Zeiss ist für diese thatkräftige Unterstützung, zumal sie in der Folge die schönsten Früchte gezeitigt hat, mein Dank dauernd gesichert.

indifferent. Als Soret eine mit destillirtem Wasser gefüllte, 10 *mm* weite Cuvette in den Gang der Strahlen einschaltete, verschwand die Linie Nr. 32 vollständig, während sie nach dem Entleeren der Cuvette, wonach nur die Absorption der beiden Quarzwände übrig blieb, wieder sichtbar war. (Archives des Sc. phys. et nat., t. LXI., pag. 336 [1878].) Für mich war darum die Anwendung der Gelatine in Lösung ausgeschlossen.

Ich habe mich trockener Gelatinhäutchen bedient, die ich aus einer Lösung von Gelatine in Wasser hergestellt hatte. Die stärkeren von 0·1 *mm* Dicke und darüber kamen ohne Unterlage, die schwächeren hingegen auf einer planparallelen Quarzplatte zur Anwendung. Meine Beobachtungen beschränken sich auf Gelatinedicken, wie sie Bromsilbergelatineplatten eigen sind. Doch ist dabei vorzüglich auf solche Dicken Rücksicht genommen, wie sie voraussichtlich zwischen den einzelnen Bromsilbertheilchen des Plattenüberzuges vorkommen.

Man rechnet in der Praxis auf eine Platte von 13 und 18 *cm* Seitenlänge 10 *cm*³ giessfertige Emulsion, die auf 100 Gewichtstheile Wasser 5 Gewichtstheile Gelatine enthält. Diesem Verhältnisse entsprechend, begoss ich eine nivellirte, planparallele Quarzplatte, die in der Folge zu allen Häutchen, und ebenso zur Aufnahme der Absorptionsspectra dieser benutzt wurde, mit einer fünfprocentigen Gelatinelösung, trocknete sie sorgfältig und mass danach das Gelatinehäutchen, das ich durch Ablösen der Plattenmitte entnommen hatte, mit einem Glashütter-Mikrometer für 0·01 *mm* Ablesung. Aus einer Anzahl Messungen ergab sich seine Dicke zu 0·020—0·021 *mm*, was mit Messungen, die von anderer Seite an Emulsionsplatten angestellt wurden, gut in Einklang steht. Auf dieses Dickenmass, das ich der Einfachheit halber zu 0·020 *mm* annehmen will, gründet sich die Dicke aller schwächern Häutchen, wovon in der Folge die Rede sein wird. Ich verhehlte mir nicht, dass das Verfahren, wonach ich hier und auch weiterhin die Dicke der Häutchen festgestellt habe, zu mancherlei Bedenken Anlass gäbe, allein ich hielt den damit erreichten Genauigkeitsgrad für den vorliegenden Zweck für vollständig ausreichend. — Dann stellte ich Lösungen her, die auf 100 Gewichtstheile Wasser: 2·5, 1, 0·5, 0·25, 0·125, 0·100, 0·063, 0·004, 0·002 Gewichtstheile

Gelatine (harte Emulsionsgelatine von Heinrichs) enthielten, goss davon mit einer Pipette für 1 cm^3 Inhalt dieselbe Menge wie vorher auf die genannte Quarzplatte und breitete die Lösung, mit einem dünnen Glasstab gleichmässig bis an den Rand der Platte aus. Das Trocknen des Plattenüberzuges geschah in der Wärme und ohne allen Luftzug, der, wie mir Vorversuche gezeigt hatten, bei gelatinearmen Lösungen Schichten gibt, die nach der Mitte der Platte zu dicker werden.

Die begossene, vorher sorgfältig nivellierte Quarzplatte lag auf einer Platte aus Spiegelglas, die wenige Millimeter über dem Wasserspiegel eines Warmwasserbades und auf dessen Gefässrand ruhte. Darüber, auf der Glasplatte, stand ein geräumiges, an beiden Enden offenes Metallrohr von mehreren Centimetern Höhe, das oben mit einer zweiten Glasplatte verschlossen war. Der Überzug der Quarzplatte trocknete sonach in einer Wasserdampfatmosphäre auf. Zum Entweichen des Dampfes genügte der lose Verschluss zwischen Rohr und Deckplatte. Die Dicke der so erlangten Häutchen betrug, auf Grund der vorstehenden Annahme $0\cdot010$, $0\cdot004$, $0\cdot002$, $0\cdot001$, $0\cdot0005$, $0\cdot0004$, $0\cdot00025$, $0\cdot00008$, $0\cdot00004 \text{ mm}$. — Die getrocknete Platte entblösste ich in der Mitte längs eines saubern Schnittes auf einige Millimeter von ihrem Überzug und stellte sie vor dem photographischen Apparat so auf, dass der Spalt auf halber Länge von der überzogenen und auf der anderen Hälfte von der entblösten Platte bedeckt war. Jede Belichtung gab dann zwei Spectra; der Unterschied beider entsprach der Absorption des betreffenden Gelatinehäutchens. Als Lichtquell dienten Flaschenfunken von Cadmium, Zink, Aluminium, Thallium und Wolfram. Die Belichtung begann mit einem einzelnen Funken (Öffnungsfunken) und dauerte nie länger als drei Minuten. Die Platten waren diesmal von Dr. Schleussner in Frankfurt a. M.; die Entwicklung war wie früher. Die Aufnahmen (276) vertheilen sich auf 60 Platten.

Noch stärkere Häutchen stellte ich in ähnlicher Weise, jedoch mit dem Unterschiede her, dass ich sie nach dem Trocknen von der Platte ablöste, und, da sie in sich selbst nicht ganz gleichmässig ausgefallen waren, nach Massgabe des erwähnten Mikrometers in passender Dicke herausuchte, in

Streifen von 0.5 mm Breite schnitt und diese Streifen in Reihenfolge ihrer Dicke quer über den 5 mm langen und 1 mm breiten Spalt eines kleinen, undurchsichtigen Schirmes, in einem gegenseitigen Abstände von 0.1 mm befestigte. Auf diese Weise entstand ein rostförmiges Strahlenfilter, dessen Stäbchen eine Dicke von 0.13 , 0.07 , 0.058 , 0.04 , 0.03 , 0.02 , 0.01 mm hatten. Bedeckte ich damit den Spalt, so gab jede Belichtung 7 verschiedene Absorptionsspectra, die durch ungeschwächte, dem Abstände der benachbarten Streifen entsprechende, linienförmige Spectra von einander getrennt waren, die sich beim Ablesen der Absorptionsdata als zweckmässiges Orientierungsmittel erwiesen. Drei solcher Aufnahmen, jede von anderer Belichtungsdauer, sind immer auf ein Plättchen von 20 mm Breite ausgeführt. Solche Spectralreihen gewähren ihrer Gedrängtheit halber einen ausgezeichneten Überblick. Selbst bei sechsfacher Vergrößerung kann man noch alle 45 Spectra einer solchen Platte gleichzeitig ins Gesichtsfeld bringen.

0.13 mm dicke Gelatineschicht. Cadmiumfunken. Spaltweite 0.020 mm . Belichtungsdauer: 1, 4, 9 Funken, 1, 4, 9, 16. .81 Sekunden. Die Absorption erstreckt sich auf das ganze Ultraviolett. Sie beginnt in kaum merklichem Masse an der Grenze des sichtbaren Spectrums, nimmt bis zur Linie Nr. 18 allmählich zu, steigt von hier an sehr rasch und erreicht zwischen den Linien Nr. 18 und Nr. 23 dicht bei der Linie $246.93 \mu\mu$ ihr Maximum. Diese Linie ist bei allen Aufnahmen, die über 9 Sekunden Belichtung erfordert haben, erschienen, doch durchgängig nur als Spur. Ihre Intensität lässt selbst bei 81 Sekunden Belichtung nicht die mindeste Zunahme erkennen.

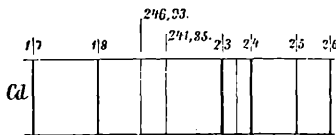


Fig. 2.

0.02 mm dicke Gelatineschicht. Versuchsanordnung ganz wie bei 0.13 mm . Die Absorption beginnt mit der Linie Nr. 12, wächst sehr allmählich bis zur Cadmiumlinie $241.85 \mu\mu$.

und geht bei schnellerer Zunahme, in der Nähe der Wellenlänge $230\cdot70\ \mu\mu$, in ein Maximum über. Die Linie Nr. 23 ist bei allen Aufnahmen über 9 Sekunden Belichtung von gleicher Intensität, doch überall sehr blass. Die etwas stärker abgelenkte Grenzlinie dieser Aufnahmen, $230\cdot70\ \mu\mu$, ist nur als Spur zu erkennen.

$0\cdot01\ \text{mm}$ dicke Gelatineschicht. Versuchsanordnung ebenfalls wie bei $0\cdot13\ \text{mm}$. Die Durchlässigkeit ist hier schon bedeutend grösser als im vorhergehenden Falle. Die Absorption macht sich erst bei Wellenlänge $288\cdot01\ \mu\mu$ bemerkbar. Anfänglich nimmt sie langsam, von $241\cdot85\ \mu\mu$ aber schnell zu. Besondere Beachtung verdienen die brechbarsten Linien dieser Aufnahmen: bis Nr. 23 sind alle sehr intensiv, jenseits Nr. 23 aber, also auch die Linie $230\cdot70\ \mu\mu$, wieder auffallend blass und unklar. Die längste Belichtung von 81 Sekunden hat diesmal zu einer etwas intensiveren und umfangreicheren Aufnahme geführt; sie läuft in Folge dessen auch etwas weiter ins Ultraviolett hinaus als alle übrigen. Sie endet mit der als Spur erschienenen Linie Nr. 24, Wellenlänge $226\cdot55\ \mu\mu$. •

$0\cdot002\ \text{mm}$ dicke Gelatineschicht. Cadmiumfunken, Spaltweite $0\cdot010$ und $0\cdot020\ \text{mm}$. Belichtungsdauer 1, 2, 3, 4, 5, 6 Flaschenfunken, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 96 Sekunden. Die Absorption beginnt mit der Linie Nr. 17, nimmt bis Nr. 18 kaum merklich, stärker bis Nr. 23 zu — bei sehr kurzer Belichtung erscheint Nr. 23 nur als Spur — und steigt dann so plötzlich, dass alle Linien bis Nr. 24 erst bei längerer Belichtung, dann aber kräftig wirken. Nr. 24 bildet den Schluss des Spectrums, und was ganz ungewöhnlich ist, als sehr intensive Linie. Von den brechbarern Linien Nr. 25 und 26 ist nicht eine Spur vorhanden.

$0\cdot001\ \text{mm}$ dicke Gelatineschicht. Cadmium- und Zinkfunken. Sonst wie bei $0\cdot002\ \text{mm}$ Dicke. Die Durchlässigkeit weist hier bedeutende Fortschritte auf. Bis Nr. 24 ist das Spectrum fast in voller Kraft erschienen. Nr. 25 und 26, die vorher gänzlich ausgeblieben waren, treten jetzt schon, wenn auch noch sehr geschwächt, bei kurzer Belichtung auf, und selbst die brechbarsten Linien des Zinkes lassen sich bis zu der letzten (Nr. 29), die als Spur vorhanden ist, verfolgen.

0·0004 *mm* dicke Gelatineschicht. Zink-, Aluminium- und Wolframfunken. Im Übrigen wie bei 0·002 *mm* Dicke. Die Absorption verläuft diesmal durchaus gleichmässig. Das zeigt am besten das Wolframspectrum. Sie beginnt mit Nr. 23, ist bei Nr. 27 schon sehr beträchtlich, nimmt von da an progressiv zu und wird vollständig nahe bei der Aluminiumlinie Nr. 30, wovon sich bereits Spuren erkennen lassen.

0·00025 *mm* dicke Gelatineschicht. Zink- und Aluminiumfunken. Spaltweite 0·040 *mm*. Belichtungsdauer wie bei 0·002 *mm* Dicke. Die Durchlässigkeit dehnt sich auffallend weiter nach der brechbareren Seite aus. Alle Linien des Aluminiums kommen als Spuren zum Vorschein, Nr. 32 kräftiger als die übrigen.

0·00008 *mm* dicke Gelatineschicht. Aluminium-, Thallium- und Wolframfunken. Spaltweite 0·020, auch 0·080 *mm*. Belichtungsdauer: 1, 2 Flaschenfunken, 1, 2, . . . 120 Secunden. Alle Linien des Aluminiums nur blasser als ohne Gelatineschicht erschienen. Gleichwohl lässt sich der Absorptionseinfluss auch noch bei so dünnem Häutchen bis zur Linie Nr. 26 verfolgen.

0·00004 *mm* dicke Gelatineschicht. Aluminium- und Wolframfunken. Spaltweite 0·020 *mm*. Belichtungsdauer: 1, 2 Funken, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 96 Secunden, bei Wolfram 3 Minuten. Auch von diesem ausserordentlich dünnen Häutchen wird das brechbarste Ultraviolett in ganz ungeahnter Masse absorbiert. Schon die brechbarsten Strahlen des Zinks erscheinen etwas geschwächt, weit mehr noch die des Aluminiums, und der ganze jenseits Nr. 32 liegende Theil des Wolframspectrums ist, sogar bei Belichtung von mehreren Minuten, gänzlich ausgeblieben. Nichts kann von dem Widerstand, den die brechbarsten Strahlen selbst in so dünner Schicht noch begegnen, eine bessere Vorstellung geben, als das Verhalten der Linie Nr. 32. Während ohne Gelatinefilter ihre ersten Spuren schon nach einer Secunde Belichtung hervortreten, wird sie mit dem Filter erst nach vier Secunden sichtbar; dieselbe Intensität, die sie nach 8 Secunden erlangt, erfordert beim Gelatinefilter die 3—4fache Belichtungsdauer, und nach 32 Secunden Belichtung ist sie immer noch intensiver, als bei Anwendung eines Filters nach 96 Secunden.

Fasst man diese Ergebnisse zusammen, so sieht man, dass die Gelatine das Ultraviolett bis zur Cadmiumlinie Nr. 18 nur sehr schwach, und erst von hier an kräftiger, jenseits der Linie Nr. 24 aber, in so gesteigertem Masse absorbiert, dass hier schon eine Gelatineschicht, die den zehnten Theil der Dicke des Überzugs einer gewöhnlichen Trockenplatte nicht übersteigt, alle Strahlen gänzlich zurückhält, und dass selbst der fünfzigste Theil dieser Schicht die allerbrechbarsten Strahlen ($185\cdot 2$) immer noch auf ein Drittel ihrer ursprünglichen photographischen Energie abschwächt. Dabei darf nicht ausser Acht gelassen werden, dass dieses Ergebniss mit Gelatineplatten, also unter dem hemmenden Einfluss desselben Absorbentiums gewonnen wurde, dessen Lichtdurchlässigkeit ermittelt werden sollte. Um wieviel grösser würde sich die Absorption nicht ergeben haben, wenn dabei gelatinefreie Platten hätten zur Anwendung kommen können.

Will man sich ein klares Bild von dem Widerstand, den die Gelatine den brechbarsten Strahlen in der photographischen Platte entgegengesetzt, verschaffen, so muss man die Grössenverhältnisse zwischen der Dicke des Plattenüberzuges, den Bromsilbertheilchen und den angewandten Gelatinefiltern näher ins Auge fassen.

Das körnige Silberbromid, das in der Hauptsache den lichtempfindlichen Bestandtheil aller Gelatinetrockenplatten bildet, besteht, wie schon der Name besagt, aus kleinen Körnchen von kugelförmiger Form, die beispielsweise in meinen Emulsionen, auf Grund zahlreicher, jahrelang fortgesetzter Messungen einen Durchmesser von $0\cdot 0012$ bis $0\cdot 0017$ *mm* haben. Diese Körnchen sind in dem Plattenüberzug sehr gleichmässig vertheilt. Denkt man sich nun diesen Überzug in Schichten von der Dicke eines solchen Körnchens zerlegt, die mit der Oberfläche der Platte parallel laufen, so reicht schon eine einzige Schichte hin, um beinahe alle Strahlen zu absorbieren, die stärker abgelenkt sind als die Linie Nr. 24. Vorausgesetzt ist hiebei nur, dass die Bromsilberkörnchen nicht lichtdurchlässiger seien als ihr Bindemittel, die Gelatine. Und diese Annahme hat insoferne einige Berechtigung, als sowohl die Entstehungsweise des Bromsilbers in Gelatineemulsion, als auch sein

übriges Verhalten gezeigt hat, dass das Körnchen nicht nur in Gelatine gebettet, sondern auch von Gelatine durchsetzt ist. Aber hievon ganz abgesehen, geht aus dieser Erörterung eindeutig hervor, dass der rein photochemische Effect in diesem Theile des Spectrums nur auf die obersten Schichten des Plattenüberzuges beschränkt ist, und dass die Zahl dieser Schichten auch noch mit der Wellenlänge der betreffenden Strahlen abnimmt. Wenn dies der Fall ist, dann liegen aber die Verhältnisse hier genau so, wie bei Platten mit sehr dünnem Emulsionsüberzug: diese geben immer ausdruckslose, blasse und meist ganz unbrauchbare Aufnahmen.

So sprechen denn alle Umstände dafür, dass der Mangel an Intensität und Empfindlichkeit, den die Gelatineplatte bei Aufnahme des brechbarsten Ultraviolett regelmässig zeigt ebenso die plötzliche Abnahme beider jenseits der Cadmiumlinie Nr. 24 nicht zum kleinsten Theile auf ungenügende Durchlässigkeit der Gelatine zurückzuführen sei.

C. In Silberbromid. Setzt man Silberbromid den Lichtstrahlen aus, so nimmt es bald eine blaugrauviolette Färbung an. Dieser Umstand durfte bei der Ermittlung seiner Lichtdurchlässigkeit nicht unbeachtet bleiben. Ich habe ihm insoferne Rechnung getragen, als ich die Belichtungsdauer bei der Aufnahme auf ein kleinstes Zeitmass einschränkte. Die hierzu erforderlichen sehr energischen Funken lieferte die genannte Influenzmaschine in Verbindung mit der Riessbatterie, doch kam daneben auch ein Inductorium zur Anwendung. Dass meine Bromsilberfilter eine Färbung angenommen haben müssen, obgleich der Augenschein dem regelmässig widersprach, liegt in der Natur der Sache. Ob und inwieweit diese Färbung aber in den Absorptionsspectren zum Ausdruck gekommen ist, dafür habe ich mir einen sicheren Anhalt nicht verschaffen können. Aus einem Umstande lässt sich jedoch schliessen, dass ihr keine grössere Bedeutung beizulegen ist: die erste und die letzte Aufnahme desselben Filters sind nicht wesentlich von einander verschieden.

Das Silberbromid zu den Filtern wurde, wie das der Gelatinetrockenplatte, mit überschüssigem Bromalkali dargestellt, dann gewaschen und damit, in keilförmiger Schicht, die

zu den Gelatineversuchen benutzte Quarzplatte überzogen und getrocknet. Wie bei der Gelatine, so wurde auch hier der Plattenüberzug auf kurzer Strecke, diesmal jedoch an drei Stellen zunehmender Dicke, weggeschabt. Auf diese Weise entstanden drei Strahlenfilter verschiedener Lichtdurchlässigkeit. Die Dicke dieser Filter habe ich nicht ermitteln können. Das zur Gelatine benützte Mikrometer war der Verletzlichkeit des Plattenüberzuges wegen dazu gänzlich unbrauchbar und das Mikroskop nicht sicher genug. Die Anwendung der Filterplatte bei der photographischen Aufnahme war hier wie bei der Gelatine. Die Aufnahmen erstrecken sich diesmal, nicht wie in den vorhergehenden Fällen, bloss auf das brechbarste Ultraviolett, sie umfassen das ganze Gebiet von der Fraunhoferlinie *D* an, bis zu den brechbarsten Strahlen des Aluminiums.

Ich hatte ein grösseres Spectralgebiet als bei den vorhergegangenen Aufnahmen gewählt, um einen besseren Einblick in die Absorptionsverhältnisse des Silberbromids zu erlangen. Die Platten (Zettnow) dazu enthielten Erythrosinsilber, das wie bekannt, der Bromsilbergelatine eine ausgezeichnete Gelbempfindlichkeit bei sehr erhöhter Intensität verleiht. Zu Elektroden dienten bei der Influenzmaschine zwei Messingkugeln; sie lieferten ein sehr wirksames Licht. Bei einer Spaltweite von 0.020 mm gab ein einziger Funken das Spectrum in beinahe ununterbrochener Folge seiner Linien von *D* an bis zur Wellenlänge $200 \mu\mu$. Zu den brechbarsten Strahlen wurden wieder Aluminiumelektroden und das Inductorium benutzt.

Das Gesammtergebniss dieser Aufnahmen lässt sich kurz dahin zusammenfassen, dass das angewandte Silberbromid alle Strahlen des genannten Gebietes, auch die cyanblauen, grünen und gelben, energisch absorhirt. Schon die dünnste der drei Schichten, obgleich sie dem Auge gegenüber stark durchscheinend war, hat das Licht des einzelnen Funkens beinahe vollständig zurückgehalten. Die dickeren Schichten haben selbst bei etwas längerer Belichtung dasselbe gethan. Vergleicht man nun die untereinander photographirten Spectra gleicher Belichtungsdauer, so findet man, dass sich die Absorption im Silberbromid fast gleichmässig über das ganze Spectrum erstreckt, dass jedoch die brechbarsten Strahlen, ungefähr von Wellen-

länge 210 $\mu\mu$ an, davon etwas weniger berührt werden. Dieser Theil des Spectrums ist allenthalben relativ etwas kräftiger als das andere Spectrum. Danach würde also, wenn das Mass der Absorption für die Empfindlichkeit einen sicheren Anhalt gewährte, die Empfindlichkeit des Silberbromids nach dem brechbareren Ende hin etwas abnehmen. Ich möchte jedoch solcher Schlussfolgerung keinen zu hohen Werth beigelegt wissen, weil, wie aus dem vorhergehenden hinlänglich bekannt ist, die Linien dieses Bezirkes im Allgemeinen blasser ausfallen als die übrigen, und sich in Folge dessen der Intensitätscontrast zwischen den Parallelaufnahmen, worauf es hier ankommt, innerhalb so enger Grenzen bewegt, dass seine Schätzung immer mit ziemlicher Unsicherheit behaftet ist.

Nach diesen Aufnahmen liess sich annehmen, dass das Silberbromid zur Aufnahme des unbekanntes Ultraviolett hinlänglich empfindlich und der Mangel an Intensität, woran meine Aufnahmen litten, nur auf die Gegenwart der Gelatine zurückzuführen sei.

D. In Luft. Bei meinen bisherigen Aufnahmen der brechbarsten Strahlen hatte eine Verkürzung der Brennweite den Luftwiderstand in gewünschtem Masse abgeschwächt. Der gegenwärtige Zweck verlangte energischere Mittel. Die Luft musste vollständig oder doch so weit beseitigt werden, dass ihr Widerstand den photographischen Effect nicht nachhaltig schädigte. Die Umstände drängten sonach wieder, doch diesmal in verstärktem Masse zur photographischen Aufnahme im luftleeren Raume, worauf bereits meine früheren Entwürfe für einen ultraviolettdurchlässigen Spectralapparat Rücksicht genommen hatten.

Der Ausführung eines evacuirten Spectralapparates standen jetzt noch dieselben Bedenken entgegen wie früher. Und doch war es das einzige, übriggebliebene Mittel, das, so lange ich den Weg der planmässigen Ergründung der Aufnahmehindernisse nicht verlassen wollte, noch Aussicht auf Erfolg liess.

Die technischen Schwierigkeiten beim Baue eines solchen Apparates vermehren sich, sobald man ausser Prisma und Linsen auch Platte und Spalt ins Vacuum verlegt. Bleiben beide ausserhalb des Vacuums, dann wird nicht nur die Herstellung

wesentlich erleichtert, sondern auch die Bedienung des Apparates vereinfacht. Die Einstellung des Spaltes, die Pflege der Spaltkanten, das Wechseln der Platten und die Verschiebung der Cassette bei Aufnahmereihen, auch die Einrichtung der Cassette selbst, dass alles kann dann genau so wie bei gewöhnlichen photographischen Spectralapparaten bleiben. Auch das Evacuiren gestaltet sich dann einfacher. Es braucht nicht bei jedesmaligem Plattenwechsel zu geschehen. Der einmal evacuirte Apparat ist für lange Zeit und zu beliebig vielen Aufnahmen gleichgut geeignet. Zudem ist ein solches Instrument in seinem evacuirten Theile verhältnissmässig einfach, und ohne Schwierigkeiten kann damit die Luftschicht zwischen Spalt und Platte auf das bescheidene Mass von einem Centimeter Dicke gebracht werden. Eine Luftschicht von dieser Dicke hielt ich aber, nach den Beobachtungen anderer und auch nach meinen eigenen, für vorliegenden Zweck als ganz unbedenklich. War die Luft meinen früheren Aufnahmen mit kurzer Brennweite überhaupt hinderlich gewesen, dann musste, wenn ich die Schichtdicke auf mehr als den dreissigsten Theil verminderte, wie es thatsächlich bei einer einen Centimeter dicken Luftschicht der Fall war, das Spectrum darüber Aufschluss geben.

Diese Idee liegt denn auch dem Apparat zu Grunde, womit ich nunmehr die Absorption der brechbarsten Strahlen in der Luft festzustellen suchte.

Ich brachte Prisma und Linsen des Apparates von kurzer Brennweite, unter genauer Einhaltung ihrer gegenseitigen Stellung, in ein luftdicht verschlossenes Gehäuse aus Messing, das hinter dem Spalt und vor der photographischen Platte zwei Lichtöffnungen hatte, die mit planparallelen Platten aus Flussspath verschlossen waren. Ausserhalb des Vacuums, 2 *mm* senkrecht von der betreffenden Flussspathplatte entfernt, befanden sich die Spaltöffnung und die photographische Platte. Beim Gebrauch war der Apparat durch eine mit Schliffen versehene Rohrleitung aus Glas mit einer Quecksilberluftpumpe (Geissler, Bonn) verbunden, womit er nach Art der Geisslerröhren evacuirte wurde.

Dies in groben Umrissen mein erster evacuirbarer Spectralapparat. Ich unterlasse es hier, auf seine Einrichtung, besonders

die der Objectivbewegung, des Spaltschlittens und der Cassettenbahn näher einzugehen, da ich ihn einiger wesentlicher Verbesserungen wegen, die er in der Folge erfuhr, erst später ausführlicher zu besprechen gedenke. Jedoch will ich zum besseren Verständniss der nachfolgenden Ergebnisse den Weg der Strahlen beschreiben, den sie zwischen Funken und photographischer Platte bei 4 *mm* Abstand des Funkens vom Spalt zurücklegten. Die Strahlen durchsetzten, ehe sie das Vacuum erreichten, eine 6 *mm* dicke Luftschicht und die erste Verschlussplatte (3 *mm*), im Vacuum die Collimatorlinse, das Prisma und die Cameralinse, beim Verlassen des Vacuums, und zwar unter einem Winkel von 26°, die andere, eben so dicke Verschlussplatte und endlich, unter demselben Winkel, die 2 *mm* dicke Luftschicht, die die Verschlussplatte von der photographischen Platte trennte. Da auch Prisma und Linsen aus Flussspath bestanden, so kamen als Absorbentien, ausser Flussspath, nur noch Luft in Betracht, die bei genanntem Abstand des Funkens vom Spalt, und in Anbetracht des Umstandes, dass sich der Weg der Strahlen in der geneigten, 2 *mm* dicken Luftschicht vor der photographischen Platte verdoppelte, wie eine Schicht von annähernd 10 *mm* Dicke wirkte.

Den Funken lieferten das kleinere Inductorium und eine Leydner Flasche. Die Elektroden bestanden aus Aluminium und Wolfram. Die photographischen Platten waren von Schleussner. Ihre Behandlung nach der Aufnahme glich der früheren.

Die photographische Aufnahme des Spectrums war, nachdem der Apparat evacuirt worden war, ganz wie beim luffterfüllten Apparat. Zum Evacuiren genügten 10 bis 15 Minuten. Der Druck sank dabei weit unter einen Millimeter Quecksilbersäule. Allerdings trat danach wieder eine kleine Zunahme des Drucks ein, wozu die an der Innenwand und in den Poren des messingenen Gehäuses haftende Luft Anlass gab. Wo dieser Druckwechsel störte, dauerte das Evacuiren länger, es erforderte dann Stunden, und ob ich selbst danach vor aller Druckschwankung während der Aufnahme sicher war, darüber habe ich mir erst lange nachher Gewissheit verschaffen können. Ich meine hier Veränderungen der Barometerprobe der Luftpumpe, denen gegenüber das Kathetometer ohnmächtig ist, die aber gleich-

wohl in den Schichtungen der Geissleröhre noch in sinnfälliger Weise zum Ausdruck kommen. So kleine Schwankungen waren bei den gegenwärtigen Aufnahmen, so weit sie die Absorption betrafen, bedeutungslos. Anders konnte es sich mit ihrem Einfluss auf das optische Vermögen des Apparates verhalten, eine Frage, die, wie ich gleich zeigen werde, für die Aufnahmen Bedeutung erlangen sollte.

Schon die erste Aufnahme mit evacuirtem Apparat zeigte, wie günstig die Verminderung der Luftschichte wirkte. Das Spectrum des Wolframs lief jetzt jenseits Wellenlänge $185 \cdot 2 \mu\mu$ um die Hälfte weiter ins Ultraviolett hinaus als vorher. In einer Minute erreichte ich mehr, als vorher in 15 Minuten. Die beiden Componenten der Aluminiumlinie Nr. 32 stehen in diesen Aufnahmen $0 \cdot 5 \text{ mm}$ von einander ab. Bei $\frac{1}{3} \text{ m}$ Luft und 15 Minuten Belichtung lässt sich das Wolframspectrum $2 \cdot 5 \text{ mm}$, bei 1 cm Luft und $1\frac{1}{2}$ Minuten Belichtung hingegen 4 mm weit nach der brechbareren Seite verfolgen. Die Luft hatte demnach bei meinen früheren Aufnahmen noch als sehr beträchtliches Hinderniss gewirkt. Noch besser trat die Undurchlässigkeit der dickeren Luftschichte bei Aufnahme des Aluminiumspectrum hervor. Schon bei 30 Secunden kamen, 6 mm von Nr. 32 entfernt, also dort, wo vorher nie eine Lichtwirkung zu beobachten gewesen war, die ersten Spuren einer Liniengruppe zum Vorschein, der sich bei allerdings sehr mässiger Zunahme ihrer Intensität, nach 15 Minuten noch drei stärker abgelenkte Linien zugesellten. Die brechbarste dieser Linien liegt 9 mm von Nr. 32 entfernt. Alle Versuche, noch brechbarere Linien nachzuweisen, verliefen erfolglos.

Das war das Ergebniss, so weit es sich auf den ursprünglichen Zweck der Vacuumaufnahmen, die Absorption der Strahlen in der Luft, bezog.

Anders stand es mit der Verwendbarkeit des Apparates für den Endzweck meiner Arbeit, die Erschliessung des Gebietes der kleinsten Wellenlängen. Denn dass der lufteerfüllte Apparat hierbei jetzt nicht mehr in Frage kommen konnte, ging aus allen Vacuumaufnahmen klar hervor. Ohne das Vacuum musste selbst jede weitere Verbesserung meiner Beobachtungsmittel wirkungslos bleiben.

Aber das Vacuum allein genügte noch nicht. Ohne vollendete Klarheit waren die Spectra bei ihrer geringen Länge, woran mich constructive Schwierigkeiten des Apparates banden, werthlos. Auf klare Definition hatte ich eben so grossen Werth zu legen. Und daran fehlte es meinen Vacuumaufnahmen ohne Unterschied. Ihre sämmtlichen Linien erschienen verwaschen, nirgends trat die Schärfe hervor, die ich von demselben Prisma und Linsen von den früheren Aufnahmen her gewohnt war. Ohne die Erkenntniss der Ursache dieser Aberration war jeder fernere Fortschritt meiner Arbeit ausgeschlossen.

Zwei wesentliche Punkte waren es, worin sich der evacuirte Apparat von dem luftgefüllten unterschied. Brechung und Zerstreung erfolgte im Vacuum durch das Flussspathprisma allein, im luftgefüllten Apparat dagegen durch dasselbe Prisma und ausserdem durch zwei Luftprismen, die jenes in umgekehrter Richtung, nach Art der Rutherfordprismen, wie nachstehende Figur zeigt, symmetrisch bekleideten und voraussicht-

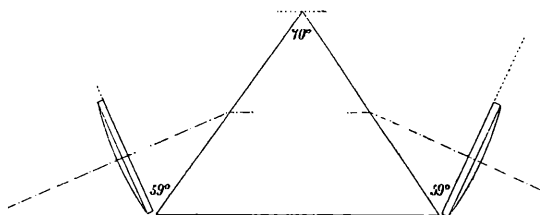


Fig. 3

lich auf die Ablenkung und Länge des Spectrums nicht ohne Einfluss blieben. Der brechende Winkel dieser Luftprismen wurde gebildet von der betreffenden Fläche des Flussspathprismas und der zunächst liegenden Fläche der benachbarten Linse. Passirten die Strahlen das Flussspathprisma symmetrisch, dann waren beide Luftprismen gleich gross und ihr brechender Winkel mass, wenn die Linie Nr. 31 im Minimum der Ablenkung stand, 59° . War nun der Einfluss dieser Luftprismen beträchtlich, dann war es möglich, dass schon kleine Druckveränderungen im Apparate das Spaltbild in der Längsrichtung

des Spectrums verschoben und in dieser Weise die erwähnte Unklarheit der Linien hervorriefen.

Untereinander stehende Spectra, das eine bei 760 *mm* Druck, das andere nach dem Evacuiren des Apparates, bei unveränderter Stellung der Platte aufgenommen, zeigten in der That eine sehr starke Verschiebung der Linien. Die Componenten der Linie Nr. 31 sind, ihrer Wellenlänge nach, um 0.5 $\mu\mu$ von einander verschieden, und um genau so viel haben die Luftprismen die brechbarere der beiden Componenten und die anderen Linien in wenig davon verschiedenem Masse verschoben.

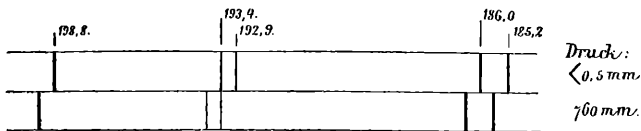


Fig. 4.

Was von dem Prisma gilt, gilt aber auch von den Linsen. Ihre Brennweite ist darum im luftgefüllten Apparate grösser als im evacuirten. Die Abhängigkeit der Brennweite vom Luftdruck habe ich jedoch, vermuthlich weil meinen Aufnahmen die hierzu erforderliche Schärfe fehlte, nicht einmal bei grösserer Druckdifferenz, noch weniger bei den in Betracht kommenden kleinen Schwankungen experimentell nachweisen können.

Aber auch die Linienverschiebung durch die Luftprismen, wie sie voraussichtlich schon den kleinen Druckschwankungen folgten, wovon vorhin die Rede war, reichte, wie sich nach den Aufnahmen von 0 und 760 *mm* Druck wohl ohne weiters ergibt, zur ursachlichen Erklärung der mangelhaften Definition nicht hin. Unter solchen Umständen konnte die Ursache hiervon nur in der anderen Eigenthümlichkeit des Vacuumapparates liegen, den beiden, in die Strahlen eingeschalteten Flussspathplatten. Ihrer technischen Ausführung nach waren die Platten tadellos. Die optischen Flächen waren von vollendeter Planheit. Anders schien es mit dem Material zu stehen. Wie schon bemerkt, ist Flussspath in grösseren Stücken selten ganz homogen. Meine

Platten waren zwar an der Durchgangsstelle der Strahlen krystallklar, dem Anscheine nach sogar reiner als das Prisma und die Linsen; dass sie aber dennoch von Krystallfehlern nicht frei waren, schliesse ich daraus, dass meine Aufnahmen sichtlich an Klarheit gewannen, als ich die lichtempfindliche Platte, nicht wie bisher, hinter der Flussspathplatte, sondern dicht davor, also im Vacuum aufstellte und dass auch die Verlegung der anderen Platte vor den Spalt, in gleichem Sinne, wenn auch nur in bescheidenem Masse wirkte.

Diese Thatsache wurde für die Fortsetzung meiner Arbeit folgeschwerer, als sich anfänglich voraussetzen liess: sie forderte eine tiefeingreifende Umgestaltung meines Apparates, wobei gerade seine kostspieligsten Theile, deren Herstellung mich am längsten in Anspruch genommen hatte, durch andere ersetzt werden mussten.

Ehe ich mich jedoch hiermit befasste, hielt ich es für rathsam, vorher die übrigen Absorptionsergebnisse, die der Gelatine und des Bromsilbers, zur Verbesserung des bisher angewandten photographischen Verfahrens zu verwerthen, um dessen etwaige Änderung erforderlichenfalls beim Umbau des Apparates berücksichtigen zu können.

Die neue ultravioletttempfindliche Platte.

Eine Platte mit reinem Bromsilberüberzug würde jedenfalls der Aufnahme der Strahlen kleinster Wellenlänge die besten Dienste leisten. Ich habe hiebei lange an die Verwendung der Daguerreplatte gedacht, die sich hierzu, weil frei von hemmenden Absorbentien, vielleicht nach dem Verfahren sensibilisirt, das Edmond Becquerel zur Aufnahme des Sonnenspectrums anwandte, besser als die Gelatineplatte zu eignen schien. Dass ich von ihrer Verwendung füglich absah, daran trugen nur ihre mässige Empfindlichkeit und die Art ihrer Entwicklung schuld.

Versuche, Platten mit gelatinearmer Bromsilberemulsion zu überziehen, misslangen mir vollständig. Das Bromsilber lagerte sich auf der Platte vor dem Erstarren des Überzuges ab, und darüber bildete sich eine fast bromsilberfreie Schichte

von Gelatine, die den brechbarsten Strahlen gegenüber jeden Erfolg vereitelte. Erst als ich reines Bromsilber, auf einer Spiegelglasplatte ausgebreitet, dem Spectrum exponirte, gewann ich einigen Anhalt für die Darstellung einer Platte, wie ich sie zu meinen Versuchen brauchte.

Das reine Bromsilber gab von dem Spectralbezirk jenseits $185 \cdot 2 \mu\mu$ ein höchst intensives Bild, vielmal dichter als irgend eine der vorher exponirten Gelatineplatten. Hier war endlich, wenn auch in höchst unvollkommener Weise, zum ersten Male erreicht, was meinen sämtlichen Aufnahmen bisher gefehlt hatte: die zu einem klaren Linienbilde erforderliche Intensität. Diese Aufnahme auf reinem Bromsilber, so unvollkommen sie auch sein mochte, erlangte gleichwohl in der Folge für meine Arbeit fundamentale Bedeutung. Sie bildete den Ausgangspunkt einer, auch jetzt noch nicht abgeschlossenen photochemischen Untersuchung, die sich mit dem Verhalten der Silberhaloide, der Gelatine und ihrer in Wasser löslichen Bestandtheile, des Collodium, des Gummi arabicum, des Agar-Agar im ultravioletten Lichte befasst.

Zu den Hauptergebnissen dieser Arbeit zählt eine neue photographische Platte von grosser Ultraviolett-empfindlichkeit und eben solcher Intensität. Mit dieser Platte, dem genannten Flussspathkörper und unter Ausschluss der Luft habe ich späterhin vom äussersten Ultraviolett Aufnahmen von tadelloser Schärfe erlangt, und von da an datiren auch meine besseren Ergebnisse mit den noch stärker abgelenkten Strahlen.

Seit $2\frac{1}{2}$ Jahren habe ich alle Strahlen, deren Wellenlänge unter $185 \cdot 2 \mu\mu$ liegt, nur mit dieser Platte photographirt, da sie vorläufig erst das einzige Mittel ist, das die Beobachtung dieses Spectralbezirkes ermöglicht.

Die neue Platte entwickelt ihre Maximalempfindlichkeit im brechbarsten Ultraviolett. Beispielsweise gibt sie vom Spectrum des Aluminiums immer zuerst die Linie Nr 32 und danach die anderen Linien. Nach Roth hin nimmt ihre Empfindlichkeit allmählich, von Cyanblau an aber rasch ab, so dass sie sich im Grün nur bei sehr energischer Insolation färbt.

Sie ist sonach für das minderabgelenkte Ultraviolett und für das sichtbare Spectrum weniger als für das übrige Spectrum empfänglich.

Diese Minderempfindlichkeit macht sie zur Photographie alles stärker abgelenkten Ultraviolett nur noch geeigneter. Denn gegen das diffuse, aus dem Innern des Prismas und der Linsen des Apparates stammende Licht, das bei Gelatineplatten den Plattengrund so gern verschleiert und häufig alle zarten Licht-eindrücke verwischt, ist sie so unempfindlich, dass sie stundenlange Belichtung ohne Gefahr der Verschleierung verträgt. Sie bietet hiernach, neben der gewünschten Empfindlichkeit, auch noch die Vortheile, die sich vorher nur von einem geeigneten Strahlenfilter erwarten liessen.

Die Behandlung der neuen Platte ist von der der Gelatineplatte nicht verschieden. Die Entwicklung erfolgt mit Pyrogallussäure und Soda und ist gewöhnlich in zwei Minuten beendet. Das Fixirbad ist eine Lösung von Fixirnatron in Wasser (1:4). Das Fixiren geht ungemein rasch von statten, meist genügen wenige Secunden dazu. Das Auswaschen der Fixage dauert eine Minute und das Trocknen nicht viel länger. Die Prüfung der trockenen Platte unter dem Mikroskop kann stets schon wenige Minuten nach beendeter Entwicklung vorgenommen werden. Ein Vortheil, den vielleicht keine andere Platte in gleichem Masse bietet.

Das Negativbild ist, seiner Intensität und seinem Korne nach, von der Präparation der Platte abhängig. Es kann ein sehr feines Korn haben, dann ist es aber nie so intensiv als bei gröberem Korn, wo es schnell absolute Undurchsichtigkeit erlangt. Zwar lassen sich auch die Platten, die sonst ein feinkörniges Bild geben, durch geeignete Entwicklung zu höchster Intensität bringen, aber nicht ohne dass zugleich das Korn an Grösse zunimmt und die Platte weniger brillant wird.

Zu mikroskopischen Messungen, für den Comparator, eignet sich das intensive Bild, also das grobkörnigere, bei weitem besser als das feinkörnige. Diese Thatsache steht im Widerspruch mit der bisherigen, an anderen Platten gemachten Erfahrung, wonach das feinkörnigere Bild immer die schärfer gezeichnete Linie gibt.

Das Bild der neuen Platte verträgt noch recht gut hundertfache Vergrößerung, ohne dabei zum Ausmessen untauglich zu werden.¹

Verzerrungen des Negativbildes, die bei Gelatineplatten recht wohl vorkommen können, halte ich bei dieser Platte für gänzlich ausgeschlossen.

Die Herstellung der neuen Platte bietet zur Zeit noch Schwierigkeiten. Ich habe darum auf die Verbesserung des Präparationsverfahrens, die mit der Ausbildung der Photographie der neuen Strahlen Hand in Hand geht, mein ganzes Augenmerk gerichtet. Das Verfahren, wie ich es jetzt ausübe, halte ich zur Veröffentlichung noch nicht zuverlässig genug. Ausserdem möchte ich damit zugleich eine Reihe zugehöriger neuer Thatsachen in geordnetem Zusammenhange geben. Dazu macht sich aber die Verification einiger dieser Ergebnisse nöthig. Ich ziehe es daher vor, den photochemischen Theil dieser Untersuchung getrennt hiervon zu behandeln und mit seiner Veröffentlichung bis zu seinem endgiltigen Abschluss zu warten.

¹ Herr Zetnow hat einige meiner Spectralaufnahmen mit einem Apochromatobjectiv (Zeiss) photographisch bis 325fach vergrössert und gezeigt, dass die Linien, selbst bei so starker Vergrößerung, noch ihren scharf gezeichneten, wenn auch zackigen Umriss behalten, und dass manche Liniengruppe sogar bei 30facher Vergrößerung dem unbewaffneten Auge noch nicht einmal aufgelöst erscheint.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1893

Band/Volume: [102_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Schumann Victor

Artikel/Article: [Über die Photographie der Lichtstrahlen kleinster Wellenlängen. 415-475](#)