

ÜBER

DAS SICHTBARE UND DAS ULTRAVIOLETTE EMISSIONSSPECTRUM

SCHWACHLEUCHTENDER VERBRENNENDER KOHLENWASSERSTOFFE (SWAN'SCHES SPECTRUM)

UND

DER OXY-HYDROGEN-FLAMME (WASSERDAMPFSPECTRUM)

VON

DR. JOSEF MARIA EDER,

DIRECTOR DER K. K. LEHR-UND VERSUCHSANSTALT FÜR PHOTOGRAPHIE UND REPRODUCTIONSVERFAHREN IN WIEN.

(Mit 1 Tafel und 8 Textfiguren.)

VORGELEGT IN DER SITZUNG AM 8. MAI 1890.)

Über das Emissionsspectrum von schwachleuchtenden, in Luft- oder Sauerstoff brennenden Kohlenwasserstoffflammen, sowie speciell von der Bunsen'schen Leuchtgasflamme liegen, betreffend das weniger brechbare Ende, mehrfache Beobachtungen vor,¹ und zwar wurde dasselbe zuerst von Swan im Jahre 1856 genau untersucht;² derselbe machte jedoch keine Wellenlängenbestimmungen charakteristischer Kohlenbände, sondern bestimmte für die erste Linie jeder Gruppe des Spectrums die kleinste Deviation am Beobachtungstheodoliten.

Dr. Hasselberg nahm im Jahre 1880 Reductionen der Swan'schen Angaben auf die Angström'schen Werthe der Wellenlänge der Sonnenlinien vor,³ und stellte eigene Beobachtungen über das Swan'sche Spectrum (im sichtbaren Theile) an.

Hasselberg trieb einen constanten Luftstrom durch eine ungefähr $2\frac{1}{2}$ cm hohe Benzolschicht in einer Woulff'schen Flasche, dadurch erhält man ein Gas, welches ruhig, mit schönem blauen Conus und ohne Gefahr brennt.

Hasselberg beobachtete, dass das Spectrum heller brennt, wenn man Sauerstoff seitlich in die Flamme bläst, und es zeigte sich namentlich die Kohlenstoffbände im Rothgelb, welche ohne diese Anordnung nicht

¹ Edinb. Trans. Vol. XXI.

² Die erste Erwähnung findet man bei Wollaston, Method of examining refractive power, Phil. Transact. 1802, der bei seinen Untersuchungen über das Sonnenspectrum auf die Verschiedenheit aufmerksam macht, die zwischen diesem Spectrum und demjenigen des untern blauen Mantels einer Kerzenflamme besteht.

³ Hasselberg, Über die Spectra der Kometen und ihre Beziehungen zu denjenigen gewisser Kohlenwasserstoffe. Mém. Acad. St. Petersbourg. VII, Ser. 1, XXVIII, Nr. 2, 1880.

hervortritt; die Dispersion des Spectralapparates war jedoch nicht gross genug, um die Partialbanden in alle Linien aufzulösen.¹

Aus den Beobachtungen verschiedener Spectroskopiker geht hervor, dass gewisse Liniengruppen des Swan'schen Spectrums auch bei Anwendung anderer Glühmittel als des Bunsen-Brenners, oder Kohlenwasserstoff-Sauerstoffgebläses, auftreten, z. B. unter Anwendung des Inductionsfunken, sowie im elektrischen Flammenbogen (Kohlenelectroden).

Die vier charakteristischen Gruppen des Swan'schen Bandenspectrums beobachteten schon Plücker und Hittdorf im Spectrum zwischen elektrischen Inductionsfunken, bei Anwendung von Kohlenelectroden, in einer Atmosphäre von Wasserstoff.

Angström und Thalén untersuchten das Spectrum bei der Entladung des elektrischen Funkens zwischen Kohlenelectroden im Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Der eigentliche Funke gibt das Linienspectrum des Kohlenstoffes, welches von dem Swan'schen Bandenspectrum des C. verschieden ist; die denselben umgebende Aureole oder Lichthülle gibt aber das Swan'sche Bandenspectrum oder das Bandenspectrum des Cyans oder Kohlenoxydes.²

Die Beschreibung der charakteristischen Bande des Swan'schen Spectrums im sichtbaren Theile, seitens der verschiedenen Beobachter, ist nicht übereinstimmend, wie bereits Liveing und Dewar (Proceed. Roy. Soc. XXX, 1880, p. 152) aufmerksam machten; der ultraviolette Theil wurde überhaupt nicht genau ausgemessen und ist sehr wenig bekannt.

Im sichtbaren Spectrum erwähnt Lecocq de Boisbandran³ ausser den Hauptbanden (α , β , γ , δ nach meiner Bezeichnung [siehe unten]) noch zwei nebelige Bande im Indigo (bei $\lambda = 4368$ und bei $\lambda = 4309$).

Watts (Phil. Mag. 1869 und 1871) gibt dieselben Bande, aber aufgelöst in eine Serie von feinen Linien⁴ (siehe unten).

Plücker und Hittdorf bemerkten in der Flamme von Äthylen die Abwesenheit von zwei starken charakteristischen blauen und violetten Liniengruppen der Cyanflamme und die Anwesenheit einer Serie von dunklen Linien auf violettem Hintergrund zwischen den zwei Cyangruppen.

Eine ähnliche Beschreibung gibt Morron (Annal. Chem. et Phys., März 1865). Keiner von ihnen bemerkte die Anwesenheit der oben erwähnten zwei nebeligen Banden.

Dibbits (Pogg. Annal. 1864) verbrannte Cyan in Sauerstoff und bemerkte orangefarbige und rothe Banden schattirt gegen das brechbare Ende zu; also entgegengesetzt den vier ersten Banden des Swan'schen Spectrums ferner beschreibt er die Cyanbande in Blau und Violett.

J. Wesendonck⁵ verglich insbesondere das Swan'sche Spectrum und Kohlenoxydspectrum sorgfältig, ohne jedoch gegenüber Angström und Thalén neue Wellenlängen der Kohlenstoffbanden zu geben; der besseren Übersichtlichkeit halber sind jedoch auch die Wesendonck'schen Wellenlängen im Folgenden mit einbezogen.

Salet studirte das Spectrum, welches mit Hilfe des Inductionsfunken in Leuchtgas oder Cyan entsteht,⁶ jedoch sind die Wellenlängen nur auf drei Stellen angegeben; daraus geht jedoch die Identität der vier ersten Kohlenstoffbande des Swan'schen Spectrums mit den von ihm untersuchten Banden hervor.

Watts verglich 1869 (Phil. Magaz. 4. Ser., Bd. 38, S. 249) das Swan'sche Spectrum (Verbrennen von Äthylen C_2H_4 mit Sauerstoff) mit anderen C-Spectren und gab eine Figur dieser Erscheinungen, welche in Fig. 1 photozinkographisch reproducirt ist.

¹ Hasselberg a. a. O.

² Die Linien des hierher gehörigen Bandenspectrums des Kohlenstoffes nach Angström und Thalén finden sich bei Kayser (Spectralanalyse 1883, S. 247), sowie bei Hasselberg (a. a. O.) abgedruckt.

³ Lecocq, Spectres lumineux. Paris 1874, Bd. I, p. 41.

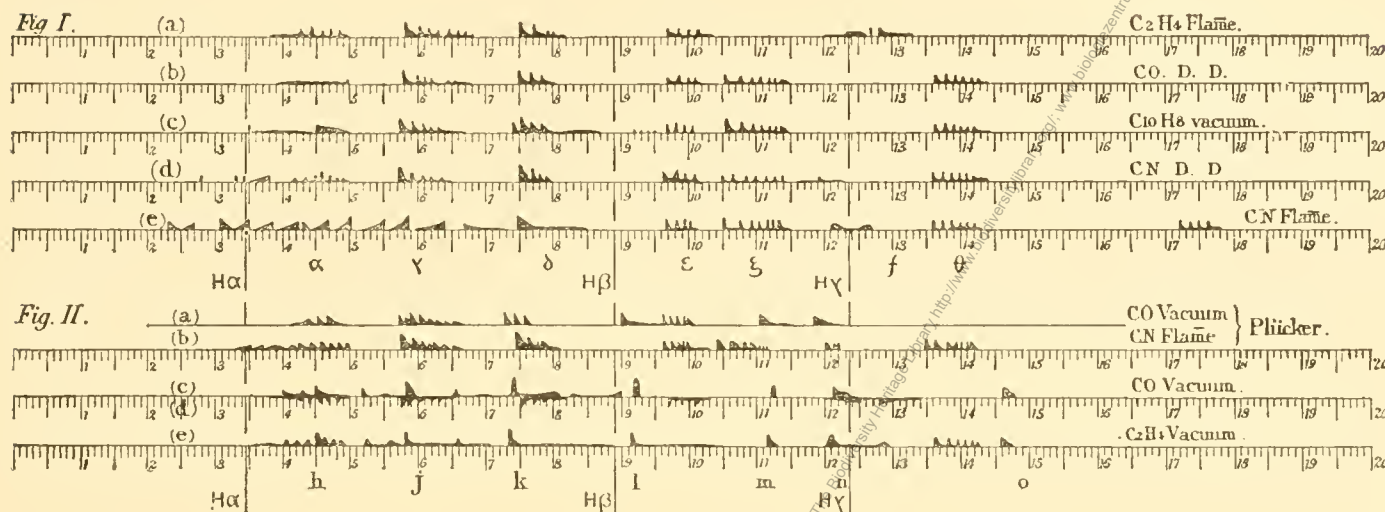
⁴ Vergl. Kayser, Spectralanalyse (1883) und M. Watts, Index of Spectra (1889).

⁵ Wesendonck, Untersuchungen über die Spectren der Kohlenverbindungen. Inaug.-Dissertation. Berlin 1881. (Sehr übersichtliche Zusammenstellung der einschlägigen Beobachtungen.) Auszug in Annal. d. Chemie u. Physik 1883, Bd. 17, S. 435.

⁶ Annal. der Chemie 1873 (4.), Bd. 28, S. 60. Auch Kayser, Spectralanalyse 1883, S. 247.

Fig. 1 *a* stellt nach Watts das Spectrum der Äthylen-Sauerstoffflamme dar. In der Flamme des gewöhnlichen Bunsenbrenners konnte er die rothe Gruppe (α Watts) nicht wahrnehmen. Dasselbe Spectrum beobachtet er beim Durchschlagen des elektrischen Funkens bei gewöhnlicher Temperatur und normalen Luftdruck, wogegen Äthylen u. s. w. unter vermindertem Druck ein anderes (später mehrfach studirtes) Spectrum geben.

Fig. 1.



Darstellung verschiedener Kohlenstoffspectra nach Watts und Plücker.

Cyan in Sauerstoff verbrannt gibt eine andere rothe Bande, welche einen anderen Charakter (in entgegengesetzter Richtung abschattirt), als die vorigen Banden haben; es erscheinen die von Watts als γ , δ und ε bezeichneten Gruppen (siehe Fig. 1). Wenn dagegen Cyan in Luft verbrennt, so treten zahlreichere Bande (statt der Banden γ Watts) auf, welche Watts der Verbindung Cyan selbst zuschrieb.

Statt der im Swan'schen Spectrum vorfindlichen violetten Gruppe (f nach Watts, ζ nach meiner Bezeichnung) beobachtete Watts zwei brillante Gruppen von Linien (ζ nach Watts, von $\lambda = 460$ bis 450) und das violette Band $\lambda = 422$ bis 416 , Fig. 1 *e* zeigt das Spectrum der Flamme von Cyan in Luft.

Auch im Spectrum des durch Cyangas bei gewöhnlichem Druck schlagenden Inductionsfunken (s. Fig. 1 *d*) fehlt die Watts'sche Bande,¹ die übrigen Banden sind theils denen des Swan'schen Spectrums theils mit jenem der Cyanflamme gleich.

Brennendes Kohlenoxyd gibt ein continuirliches Spectrum, jedoch beim Durchschlagen des Inductionsfunken durch dieses Gas bei gewöhnlichem Luftdrucke erhielt Watts ein Kohlenspectrum, welches bald dem Swan'schen Spectrum 1 *a* (inclusive der Watts'schen Gruppe f) ähnlich war, bald die drei auch beim Cyan vorkommenden Gruppen ε , ζ , ζ (Fig. 1 [Watts]) aufwies (s. Watts' Figur).

Eine Geissler'sche Röhre mit Naphtalin gab das Spectrum 1 *c*. Fig. II *a, b* gibt das Schema des von Plücker beobachteten Spectrums von Kohlenoxyd im Geissler'schen Rohre (Inductionsfunken) und der Cyanflamme, Fig. II *b* und *c* die Watts'schen Beobachtungen von Kohlenoxyd und Äthylen im Geissler'schen Rohre, bei vermindertem Drucke und durchschlagenden Inductionsfunken.²

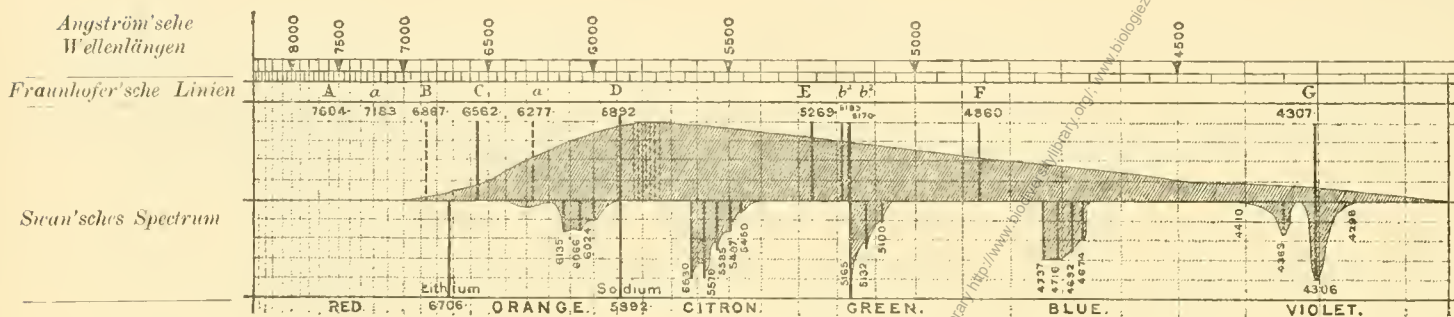
¹ Nach H. W. Vogel kommt diese Bande jedoch auch in der Cyanflamme vor, jedoch schwächer als in brennenden Kohlenwasserstoffen.

² Zum besten Verständniß des Watts'schen Schemas und der Vergleichung mit meinen Photographien des Spectrums brennender Kohlenwasserstoffe führe ich die von Watts im Jahre 1871 (Phil. Magaz. 4. Ser., Bd. 41, S. 12) nachträglich mitgetheilten Wellenlängen, nebst den in seinem Schema angegebenen Buchstabenbezeichnungen an:

Später (Phil. Magaz. 4. Ser., Bd. 48, S. 370) rectificirte Watts die Werthe für die Wellenlängen der von ihm mit γ , δ , ε bezeichneten Bande, welche in meinen Tabellen mit Berücksichtigung dieser Correcturen weiter unten aufgenommen sind.

Auch das von P. Smith gegebene Diagramm, welches das Spectrum der blauen Flamme von Leuchtgas und Benzoldampf (mit Luft verbrennend) gibt, ist wegen des Vergleiches mit meinen Resultaten in Fig. 2 abgebildet.

Fig. 2.



Piazz-Smyth's Darstellung des Swan'schen Spectrums.

Thollon (Compt. rendus 1881, Bd. 93, S. 260) beobachtete eine Anzahl von Kohlenlinien im elektrischen Flammenbogen; mit derselben Lichtquelle bestimmten Kayser und Runge¹ in höchst sorgfältiger Weise das Gitterspectrum des Kohlenflammenbogens und gewannen sehr sichere Wellenlängenmessungen zahlreicher Kohlenstoff- und Cyan-Linien nach photographischen Spectrumbildern.

Obschon diese Untersuchungen nicht denselben Gegenstand betreffen, wie die von mir unternommenen und hier beschriebenen Emissionsspectren der brennenden Kohlenwasserstoffe, so ist deren Einbeziehung in die vergleichende Übersicht von Werth, weil eine Anzahl von C-Linien beiden Spectren gemeinschaftlich ist, und die Durchsicht dieser Resultate einen Anhaltspunkt über die von mir erzielte Genauigkeit und über die charakteristischen Eigenthümlichkeiten der von mir hier zuerst gemessenen violetten und ultravioletten Spectrumbande der Bunsenflamme geben.

A. Eigene Untersuchungen über das Emissionsspectrum der Bunsenflamme und verschiedener mit Sauerstoff verbrannter Kohlenwasserstoffe mittelst des Quarzspectrographen.

Bei meinen Untersuchungen des Emissionsspectrums brennender Kohlenwasserstoffe bediente ich mich der Photographie. Die photographische Beobachtung der Spectren ist nicht nur die einzig verlässliche Methode zum Studium des ultravioletten Theiles von Spectralerscheinungen, sondern sie gibt auch im indigo-blauen und violetten Theile des Spectrums weitaus verlässlichere Resultate, als die directe Beobachtung mit dem Auge, welches bald ermüdet und für schwächere Lichtererscheinungen im violetten Spectralbezirke äusserst unempfindlich ist.

Wellenlänge	Band α	Band γ	Band δ	Band ε	Band ζ	Band f	Band g
	6190	5622	5170	4734	4600	4313 4261	4220
	6110	5582	5139	4710	4574	4290 4256	4210
	6050	5534	5100	4689	4550	4285 4249	4190
	5990	5495	5082	4675	4534	4279 4243	4174
	5955	5463		4670	4514	4271 4239	4166
		5440			4505	4268 4232	4160
		5425			4502		4158

¹ Über die Spectren der Elemente. Abhandl. d. preuss. Akad. d. Wissenschaften. Berlin 1889.

Bei den Spectrumphotographien nahm ich jedoch auch Rücksicht auf die weniger brechbaren Strahlen. Allerdings sind die vier weniger brechbaren rothen, gelben, grünen und blauen Bande des Swan'schen Spectrums im sichtbaren (leuchtenden) Theil schon mehrmals und mit grosser Genauigkeit gemessen und sind nur die violetten und ultravioletten Gruppen nicht genau bekannt. Es schien mir jedoch von Werth, auf meinen Spectrographien das gesammte Bild des fraglichen Spectrums vom Roth bis ins äusserste Ultraviolett scharf definirt zu erhalten, da eine solche spectrographische Wiedergabe des Spectrums bisher überhaupt noch nicht erreicht wurde, und es für die Charakteristik desselben von Werth ist, ein solches Gesamtbild vor sich zu haben. Andererseits schien es mir von Interesse, die von mir ermittelten Wellenlängen mit den bereits vorliegenden Messungen in Vergleich zu stellen, anstatt zur Fortsetzung meiner Messungen im Ultraviolett die bereits von anderen Beobachtern ermittelten Zahlen in die Tabelle einzuzichnen.

Was speciell die ultravioletten Banden der schwach leuchtenden blauen Bunsen'schen Gasflamme betrifft, wurden dieselben von mir zuerst im Jahre 1886 mittelst Spectrumphotographien aufgefunden, wobei ich mich eines Steinheil'schen Glasspectrographen mit drei Glasprismen bediente. Damals gelang mir nach $\frac{1}{2}$ —2-tägiger Belichtung die Auflösung der violetten Bande ϵ , sowie der Gruppen ζ in zahlreiche, wohl definirte Linien, und ich entdeckte die ultraviolette Gruppe η der Bunsenflamme.

In den Sitzungsberichten der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien, 2. Abth., XCIV. Bd. 1886 (Juli-Heft) theilte ich diese Beobachtung mit und publicirte auch die Reproduction dieser Spectrumphotographie, welche sowohl auf das bekannte Magnesiumspectrum, als auch auf das Sonnenspectrum bezogen worden waren. Die Wellenlängenmessungen nahm ich damals nicht vor, weil ich die Versuche mit Quarzapparaten wiederholen wollte, um Einblick über den Verlauf des Spectrums im Ultraviolett zu erlangen.

Zwei Jahre später photographirten H. W. Vogel und F. Vogel jun. ebenfalls das Spectrum der Bunsenflamme mit einem Glasspectrographen,¹ ohne jedoch weiter gegen Ultraviolett vorzudringen, als es mir seinerzeit gelungen war.

Um jedem Irrthum vorzubeugen, bemerke ich, dass diese ultravioletten Banden von mir bereits, wie oben erwähnt, zwei Jahre früher gefunden und in Lichtdruck publicirt worden waren.

Obschon weder Prof. H. W. Vogel, noch ich selbst Wellenlängenmessungen der damals mit Glaskörpern hergestellten Spectrumphotographien der Bunsenflamme angestellt hatten, so ergibt sich dennoch aus den veröffentlichten Lichtdrucken die Identität der betreffenden, von uns beiden photographirten Spectren.

Genaue Messungen der Wellenlängen der Strahlenbündel im Emissionsspectrum der Bunsenflamme, im violetten und ultravioletten Theil (Band ϵ , ζ , η , ϑ) liegen bis jetzt noch nicht vor.

Ich unterzog deshalb die ganzen Kohlenbanden des Swan'schen Spectrums, besonders aber die von mir entdeckten ultravioletten Banden der Bunsenflamme η und ϑ einer genauen Messung, deren Resultate unten tabellarisch zusammengestellt sind.

Beschreibung des verwendeten Quarzspectrographen.

Bei meinen Versuchen war ich bestrebt, das gesammte Spectrum, vom rothen Theile bis zum äussersten Ultraviolett, auf einer Platte mittels Quarzkörper zu photographiren; nur auf diese Weise lässt sich ein typisches Bild der Eigenthümlichkeiten eines Spectrums herstellen, was ebenso wichtig für Absorptions- als Emissionsspectren ist.

Wie bereits Herr V. Schumann aufmerksam machte,² liegt die Schwierigkeit, den sehr ausgedehnten Spectralbezirk von λ 7600—1988 (Aluminium Nr. 30), um den es sich hier handelt, zu photographiren, darin

¹ Sitzungsberichte der preuss. Akademie der Wissenschaften. Berlin 1888, Bd. 21 (April).

² Eder's Jahrbuch für Photographie und Reproductionstechnik für 1890, S. 159.

dass die Krümmung der Diakaustik der Linsen hinderlich ist. Ihr zufolge erscheint eine solche Aufnahme nur theilweise scharf. Von der Stelle an, wo sich Diakaustik und Platte berühren — was gewöhnlich in der Spectrumsmitte geschieht — nimmt die Bildschärfe nach beiden Seiten hin ab.

Diesen Übelstand hat man bis jetzt dadurch umgangen, dass man nicht das ganze Spectrum auf einmal, sondern beide Hälften nach einander aufnimmt und dabei jedesmal die Schiefstellung der lichtempfindlichen Platte der Brennofläche der Linse anpasst. Solche getrennte Aufnahmen sind nicht verwendbar, wenn es sich darum handelt, gleichzeitig ein typisches Bild des ganzen Spectrums zu erhalten, wie es für meine Versuche mir von besonderem Werth schien.

Von der Anwendung der von Herrn Cornu empfohlenen Achromaten aus Quarz und weissem Flussspath¹ musste ich absehen, weil farbloser Flussspath von tadelloser Durchsichtigkeit nicht erhältlich ist.

Hartley stellte bei seinen Aufnahmen der Ultravioletten auf die Cadmiumlinie Nr. 17 ($\lambda = 2743$) ins Minimum der Ablenkung ein. Dabei passiren dann alle übrigen Strahlen, mögen sie der brechbareren oder der anderen Hälfte des Spectrums angehören, das Prisma nicht symmetrisch, und wie bekannt, verliert das Linienbild umsomehr an Schärfe, je weiter es sich vom Minimum der Ablenkung entfernt.

V. Schumann in Leipzig, dem wir die genauesten Studien mit dem Quarzspectrographen verdanken, und der mir bei der Anfertigung meines Spectrographen freundlichst mit Rath und That behilflich war, theilte mir seine Beobachtungen über diese Art der Einstellung (nach Hartley) mit; er fand, dass die beiden Spectrumhälften an Deutlichkeit verschieden sind, und dass die minder brechbare die besser definirte von beiden ist. Noch augenfälliger wird dieser Unterschied, wenn man vom Ultravioletten ganz absieht und nur mit dem sichtbaren Spectrum operirt.

Bringt man dann beispielsweise die gelbe Natriumlinie einer Kochsalzflamme in die Stellung der kleinsten Ablenkung und dreht das Prisma, so wird genannte Linie wenig an Schärfe verlieren, so lange der Einfallswinkel, welchen die vom Spalt kommenden Strahlen mit der ersten brechenden Fläche des Prismas bilden, wächst; dahingegen wird ihre Reinheit bei ungewöhnlicher Verbreitung rasch zurückgehen, sobald der genannte Winkel abnimmt. Diese Thatsache benützte V. Schumann, um die bisher gekrümmte Diakaustik der Quarzlinsen in eine möglichst plane Fläche umzugestalten.

Zu dem Zwecke stellt man das Prisma nicht wie bisher für die Cadmiumlinie Nr. 17, sondern für die brechbarste Linie des Zinks Nr. 29 ins Minimum der Ablenkung ein.

Von der Neigung der ersten Prismasfläche zur Achse des Collimators hängt zugleich die Länge des Spectrums ab. Durch geeignete Deckung des Prismas lässt sich die Spectrumlänge dergestalt verändern, dass das Bild, vornehmlich in den Endbezirken, sichtbar an Reinheit gewinnt. — Nicht ohne Einfluss auf das Endresultat sind die Längen der Camera und des Collimators. Rohre gleicher Länge geben nicht die besten Resultate. Bei mässiger Verkürzung des Collimators und entsprechender Verlängerung der Camera erlangt man im ganzen Spectrum gleichmässiger Schärfe, denn je zuvor.

Die Ermittlung der zweckdienlichsten gegenseitigen Stellung von Collimator, Prisma und Platte ist eine zeitraubende Arbeit. Es versteht sich wohl von selbst, dass nur die Resultate der photographischen Beobachtung ausschlaggebend sind.

Mit meinem, nach diesen Schumann'schen Principien hergestellten Quarzspectrographen erhielt ich Spectrumbilder von $\lambda = 4100$ (Roth) bis $\lambda = 1988$ (Aluminium Nr. 30) mit vollkommen scharfer Definition, welche das Ausmessen mit grösster Genauigkeit gestatteten.

Die „Quarzlinsen“ waren aus reinstem Bergkrystall (senkrecht zur optischen Axe) geschnitten; sie hatten beiläufig eine Brennweite von 75 cm für die gelbe Natriumlinie. Beide Linsen waren planconvex und symmetrisch. Der Krümmungsradius war $= 392\text{ mm}$ und der Durchmesser $= 38\frac{1}{2}\text{ mm}$. Eine dieser Linsen diente als Collimatorlinse, die andere als photographisches Objectiv. Das Quarzprisma war (nach Cornu)

¹ Cornu, Darstellung des photographischen Spectrums von Violett bis zur Linie Nr. 32 des Aluminium auf derselben Platte. (Eder's Jahrbuch für Photographie für 1889, S. 267.)

zweitheilig; jeder Theil war ein 30gradiges Prisma, wovon das eine rechts, das andere links drehend war. Die beiden Halbprismen waren senkrecht zur optischen Axe geschnitten, wie in Fig. 3 *a* ausgedrückt ist. Beide Hälften wurden zusammengestellt¹ und gaben dann ein combinirtes Prisma von 60 Grad brechendem Winkel.

In Folge der Verwendung nicht achromatisirter Quarzlinsen musste die empfindliche Platte stark gegen die Axe der Camera-linse geneigt werden; die Vereinigungsweite der ultravioletten Strahlen ist nämlich bei den obigen Bedingungen bedeutend kürzer als jene der rothen und gelben.

Wie bereits erwähnt, muss die Lage der empfindlichen Platte der Lage der Brennfäche der Quarzlinsen angepasst werden.

Bei dem von mir verwendeten Apparat beträgt die Schiefstellung der Platte ungefähr 25°, d. i. der Winkel, den die Platte mit der Axe der Linse einschliesst. Durch diese Schiefstellung der Platte wird das Spectrumbild um das Zweieinhalbfache verlängert.

Es wächst somit scheinbar die Dispersion (wie bereits Sehmann² aufmerksam macht), aber freilich auch das Verhältniss der Breite der Spectrumlinien. Es ist diese Längenzunahme des Spectrums, in Anbetracht der schwachen Dispersion des Quarzes, ein namhafter Vortheil, und da sie lediglich aus der Chromasie der Cameralinse resultirt, so ist die einfach chromatische Quarzlinse einem achromatischen Quarz-Flussspath-objectiv in diesem Falle entschieden vorzuziehen.

Das Plattenformat für meine Spectrumphotographien ist 30 *cm* Länge und 8 *cm* Breite.

Durch Anwendung des Loekyer'schen Spaltes mit Riegeln lassen sich bei ungeänderter Lage der photographischen Platte fünf Spectraufnahmen übereinander machen. Die Cassette kann 4—5mal verschoben werden, so dass auf eine Platte 4—5 Aufnahmen mit voller Spaltbreite, oder 20—25 Aufnahmen mit partiell geöffneter Spalte sich machen lassen.

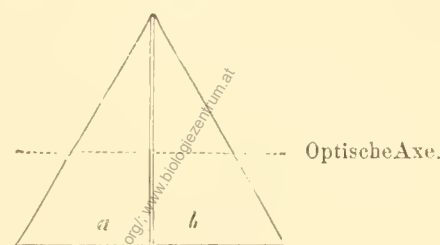
Selbstverständlich ist die Dispersion des Quarzspectrographen in optisch hellem (sichtbarem) Spectrum gering.

Die Ausdehnung des Spectrums von der gelben Na-Linie (D) bis zum Ende des Violett (Linie H des Sonnenspectrums) beträgt 3½ *cm*, dagegen ist die Länge des ultravioletten Spectrums H ($\lambda = 3968$) bis zur Cadmiumlinie ($\lambda = 2147$) = 20 *cm*.

Das Arbeitszimmer.

Das Zimmer, worin die Beobachtungen angestellt wurden, war vollkommen verfinstert, und es wurde auf Erhaltung einer möglichst gleichmässigen Temperatur geachtet. In der That bewirkte selbst die 4tägige fortgesetzte Belichtung nicht die nachweisbare Verdopplung irgend einer Linie. Trotzdem wendete ich die Vorsicht an, dass ich bei einer längeren Belichtungsdauer das Metall-Vergleichsspectrum nach Ablauf der ersten Hälfte der Gesamt-Belichtungszeit während des Brennens der Bunsen'schen Flamme und durch dieselbe hindurch auf die Bromsilberplatte photographirte. Dadurch wurde beabsichtigt, das Vergleichsspectrum mit Bezug auf den mittleren Stand des Spectrographen anzubringen, im Falle der andauernd vor dem Spalt brennende Bunsenbrenner eine geringe Veränderung herbeigeführt haben sollte. Die Erwärmung des Spaltschlittens betrug bei dieser Anordnung ungefähr 28° C., während die Lufttemperatur im Raume durchschnittlich 17° C. war.

Fig. 3.



a rechts drehender Quarz.

b links drehender Quarz.

¹ Ohne jedes Bindemittel. Canada-Balsam ist für die Photographie des Ultravioletts ganz ungeeignet; dagegen wäre dickes Glycerin verwendbar, welches die ultravioletten Strahlen äusserst wenig absorbiert.

² Eder's Jahrbuch für Photographie für 1889, S. 233.

Behandlung der photographischen Platten.

Die angewendeten photographischen Platten waren hochempfindliche Bromsilber-Gelatinplatten von einer Empfindlichkeit $\equiv 23^\circ$ des Warnerke-Sensitometers.

Zum Theil wurden selbsterzeugte Jod-Bromsilberplatten (mittelst Silberoxydammoniak nach Eder's Methode hergestellt,¹ zum Theil auch Platten aus der Emulsionsplattenfabrik von Dr. Schleussner in Frankfurt a/M. verwendet. Selbstverständlich muss die Emulsion auf Spiegelglas aufgetragen sein. Das Plattenformat war 8 : 30 cm.

Als Entwickler diente Pyrogallol-Soda oder Pyrogallol-Pottasche, welche Entwicklungsart für die Schärfe der Spectrallinien sich entschieden vortheilhafter erwies, als der in neuerer Zeit in der Photographie häufig verwendete Hydrochinon- oder Eikonogen-Entwickler.

Für die selbstbereiteten Silberoxydammoniakplatten benützte ich in der Regel einen folgendermassen zusammengesetzten Pyrogallol-Soda-Entwickler:

- A. 100 gr neutrales Natriumsulfat (Krystall.),
500 ccm Wasser,
6 Tropfen concentrirte Schwefelsäure,
14 gr Pyrogallol.
- B. 50 gr Krystallisirtes Natriumcarbonat,
500 ccm Wasser.
- C. 1 gr Bromkalium,
10 ccm Wasser.

Vor dem Gebrauche mischt man 1 Vol. A mit 1 Vol. B und 1 Vol. Wasser; entwickeln sich die Platten in diesem Gemische nicht ganz schleierlos, so fügt man auf ungefähr 50 ccm Entwickler 4—6 Tropfen von Bromkaliumlösung hinzu.

Schleussner-Platten und andere minder kräftig arbeitende hochempfindliche Gelatine-Emulsionsplatten entwickelte ich dadurch, dass ich eine Pottaschelösung aus

- D. 50 gr calcinirtes Kaliumcarbonat und
500 ccm Wasser

herstellte und in obiger Vorschrift an Stelle der Natriumcarbonat-Lösung verwendete; es genügt die halbe Menge der Pottaschenlösung, nämlich

- 20 ccm A. (Pyrogallol-Lösung),
- 10 ccm D. (Kaliumcarbonat-Lösung),
- 20 ccm Wasser
- und 4—6 Tropfen Bromkalium-Lösung.

Als Fixirer dient angesäuerte Natrium-Hyposulfit-Lösung, nämlich:

- 250 gr Natrium-Hyposulfit (Fixirnatron),
- 1 Liter Wasser,
- 50 ccm concentrirte Natrium-Bisulfit-Lösung.²

In diesem sauren Fixirbade werden die Negative sehr klar und verlieren jede Spur von Gelbfärbung der Gelatineschichte, welche die mit Pyrogallol entwickelten Platten öfters zeigen.

¹ Siehe Eder's Photographie mit Bromsilber-Gelatineplatten, 1890. (Knapp, Halle a. d. Saale.)

² Nämlich concentrirte Natrium-Bisulfit-Lösung, welche mit Schwefeldioxyd übersättigt ist. Solche Lösungen kommen zu billigen Preisen in den Handel und werden gegenwärtig in der praktischen Photographie häufig verwendet. (S. Eder's Photographie mit Bromsilbergelatine, 3. Aufl. 1890, S. 309.)

Sollen bei der Photographie der Spectren die gelben und grünen Strahlen berücksichtigt werden, so bedient man sich orthochromatischer Platten, welche ich mir stets selbst aus gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatten durch Färbung mit Erythrosin oder Erythrosinsilber darstelle.

Man stellt eine Lösung von 1 Theil Erythrosin ¹ und 1000 Theilen Wasser und andererseits eine Lösung von 1 Theil Silbernitrat in 80 *ccm* Wasser her. Vor dem Gebrauche werden

25 *ccm* Erythrosin-Lösung,
1 *ccm* Silbernitrat-Lösung,
 $\frac{1}{2}$ *ccm* = 8 Tropfen Ammoniak (Dichte = 0.91)
und 75 *ccm* Wasser

gemischt, bestens filtrirt und in der Dunkelkammer darin eine gewöhnliche Emulsionsplatte durch 1 Minute gebadet.² Die Platten werden frei in der Luft bei völliger Finsterniss getrocknet und halten sich dann 2—3 Tage lang.

Der Ausmessapparat.

Zum Ausmessen der Lage der Spectrallinien auf den photographischen Negativen müssen sehr genaue Ausmessapparate verwendet werden, bei welchen man grössere Strecken der Negative rasch und sicher messen kann. Mein Ausmessapparat wurde nach dem Muster des bewährten V. Sehmunn'schen Instrumentes³ durch Herrn E. v. Gothard in Herený construiert und angefertigt.

Derselbe besteht in Folgendem: Als Massstab dient ein Millimeterstab (von Wanschaff, Berlin), an welchem die Ablesung mittelst eines Ablesenmikroskopes erfolgt; in fester Verbindung mit dem Mikroskope bewegt sich ein zweites Mikroskop, welches zur Einstellung der Spectrallinien dient. Das Mikrometergewinde im Ocular-Schrauben-Mikrometer wird nur auf die Strecke eines Millimeters benützt; grössere Strecken werden am Millimeterstab abgelesen. Fig. 4 und 5 zeigt die Hinter- und Seitenansicht des Instrumentes.

Fig. 4.

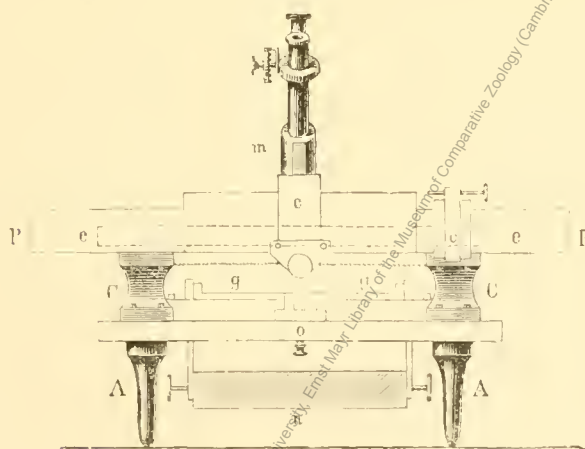
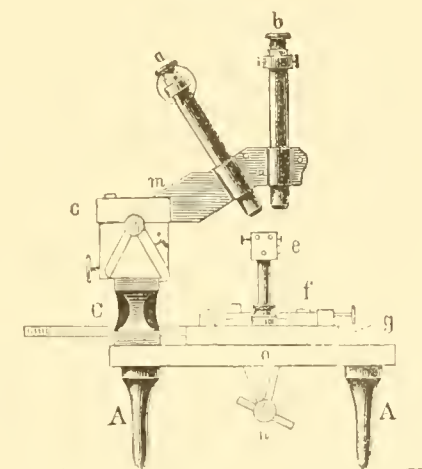


Fig. 5.



A in Fig. 4 und 5 ist ein massiver Eisentisch, welcher mit dem Eisenprisma *pp* und dem eisernen Tisch *oo* fest verbunden ist. Auf dem Prisma *pp* ist der Schlitten *c* aufgesetzt, welcher durch sein eigenes Gewicht auf demselben ruht und die beiden Beobachtungsmikroskope *a* und *b* mit dem massiven, festverbundenen Bügel *m* trägt. Der Schlitten hat eine Rohbewegung mittelst einer Zahnstange und Schraube; für die feine Bewegung ist eine Mikrometerschraube *d* angebracht, welche gleichfalls auf einem separaten kleinen

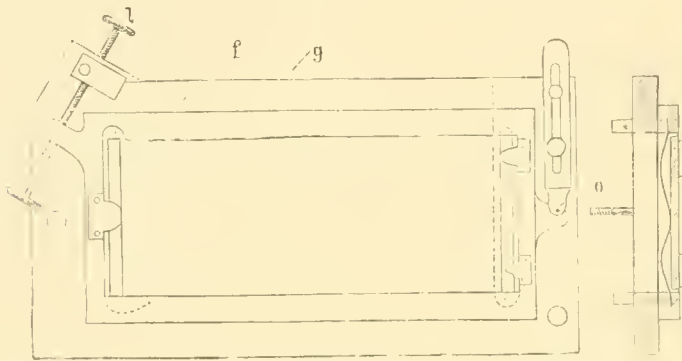
¹ Die Erythrosinsorten des Handels sind sehr verschieden; ich benützte stets Erythrosin von Dr. Schuchardt in Görlitz.

² Die Tasse muss hierbei stets geschwenkt werden, um Flecken zu vermeiden.

³ Siehe Konkoly, Anleitung zur Himmelsphotographie, 1887, S. 191.

Schlitten *d* ruht, dessen Backen das Prisma umschliessen und auf diesem — an beliebiger Stelle — mit einer Klemmschraube festgeklammert werden kann. Der obere Theil dieser Vorrichtung trägt die Mikrometerschraube *r*. Durch diese Schraube werden die Ablesemikroskope mit dem Schlitten *c*, auf welchem sie befestigt sind, von rechts nach links geschoben; diese Bewegung ist sehr sicher, dient jedoch nur zum Freieinstellen auf kleinen Strecken. Fig. 3 zeigt den Tisch, auf welchen die Spectralnegative festgeklammert oder

Fig. 6.



mit Klebwachs fixirt werden. Auf dem Tische *o* (Fig. 2) liegt ein planer Rahmen *g* (Fig. 4), auf welchem sich ein beweglicher Rahmen *f* befindet. Dieser dreht sich um den Zapfen *o* und kann mit der Schraube *r* derart bewegt werden, dass die Spectrallinien der Platte senkrecht auf die Bewegung des die Ablesemikroskope tragenden Schlittens *c* (Fig. 4 u. 5) zu stehen kommen.

Die Negative werden in den Rahmen *f* eingespannt, damit sie sich während des Ablesens nicht verschieben. Der Millimeterstab (*e*) ist mittelst zweier Säulen mit den Rahmen *g* verbunden. Die Spectralnegative werden beim Ausmessen von unten mittelst eines Spiegels (*n*) beleuchtet; mitunter nimmt man die Spectrallinien im Mikroskope besser wahr, wenn statt des Spiegels eine weisse Porzellanplatte als Reflector benützt wird.

Das eine Ablese-Mikroskop (*a* und *b*) ist auf den Mikrometerstab, das andere auf das Negativ eingestellt; ersteres ist mit einem Ocularmikrometer, letzteres blos mit einem Andreaskreuz versehen. Die Vergrösserung ist eine 20fache.

Die Mikrometerschraube im Mikroskope *a* hat 10 Gänge auf einen Millimeter und die Trommel ist in 100 Theile getheilt. Die Einrichtung der Mikrometervorrichtung zeigt Fig. 7, 8 und 9. (Konkoly a. a. O.)

Fig. 7.

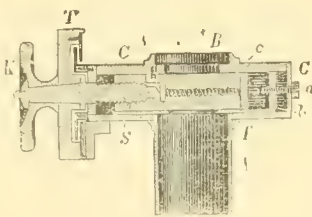


Fig. 8.

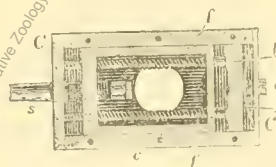
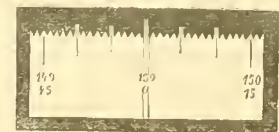


Fig. 9.



A ist das Mikroskoprohr, auf welches der viereckige Kasten *cc* aufgesetzt ist; in diesem bewegt sich der Rahmen *c* (Fig. 7), auf welchen die beiden in Fig. 9 sichtbaren parallelen Fäden aufgespannt sind; in diesem Rahmen befindet sich auch das Muttergewinde der Mikrometerschraube *S*, welche an ihrem äusseren Ende die Trommel *T* und den Knopf *K* (Fig. 6) trägt. Der todte Gang der Mikrometerschraube ist durch zwei Spiralfedern (*f* und *f'*) aufgehoben. Die Platte *b*, Feder *f''* und Schraube *a* dienen zur Collection des Nullpunktes der Zählung. (Fig. 8.)

Das Ausmessen der Spectrallinien, bei welchem mir, sowie bei einem Theile der hier beschriebenen Versuche Herr J. Hol und Herr Ritter v. Reisinger assistirten, geschah direct an den Originalnegativen, welche auf den Ausmessapparat mittelst Klebwachs derartig aufgeklittet waren, dass eine Verschiebung ohne Gewaltanwendung nicht möglich war. Das Einstellen des Fadenkreuzes des Messapparates auf die Spectrallinien geschah bei scharfen Linien stets auf die Mitte derselben. Bei verwaschenen Linien, insbesondere bei solchen, welche (wie die Linien des Bandenspectrums des Kohlenstoffs) gegen die eine Seite scharf sind, gegen die andere allmähig schwächer werdend sich bei verlängerter Belichtung verbreiten, ist das Einstellen schwieriger; es ist nämlich weder die Lage der scharfen Kante constant, noch die Mitte des breiten Streifens.

Der Grund liegt darin, dass die scharfe Kante sich bei verlängerter Belichtung um einen kleinen Betrag, in Folge der Verbreitung verschiebt, dagegen die allmählig verlaufende verwaschene Seite einer solchen Linie bei verlängerter Belichtung sich unverhältnismässig stärker verbreitet. Aus diesem Grunde ist sowohl das Einstellen auf die scharfe Kante, als auf die Mitte unsicher. Dagegen erhält man constante, vergleichbare Zahlen, wenn man die Ablesung solcher einseitig verwaschenen Linien folgendermassen vornimmt: Man bringt die Lichtquelle derartig vor den Spalt, dass sie den Spalt nicht vollkommen gleichartig deckt, sondern in der Mitte des Spaltes eine stärkere Lichtwirkung erfolgt, als an den Enden desselben. Man erreicht dies z. B. wenn man in Leuchtgas einen Strom von Sauerstoff einführt, so dass ein kleiner intensiver, blauer Flammenkegel entsteht, welcher nur die Hälfte des Spaltes bedeckt. Dadurch erhält man Spectrophographien, auf welchen die Linien in der Mitte stark sind, an den Enden aber allmählig schmaler werden und sich endlich ganz verlieren. An diesen schmalen Enden, jedoch in einer der Mitte des Spectrumbandes parallelen Richtung erfolgt dann die Einstellung mit Sicherheit und repräsentirt die Ablesung das Maximum der Wirkung (Helligkeit) der betreffenden Spectrallinien. Selbstverständlich differiren diese Ablesungen von jenen, bei welchen die scharfe Kante eingestellt ist; z. B. bei den Kohlenstoffbanden β , γ , δ etc. sind die aus den erstgenannten Ablesungen gerechneten Wellenlängen etwas kleiner als die nach der letzteren Methode ermittelten Zahlen.

Aus den erwähnten Gründen scheint mir jedoch die Ablesung von der Mitte der allmählig schwächer werdenden und schliesslich dünnen Linie, an jener Stelle, wo sie schon bedeutend verschmälert, aber eben noch lich sichtbar ist, die genaueste und richtigste zu sein; in dieser Weise erfolgte auch die Ausmessung der gesammten Linien des Swan'schen Spectrums.

Die Herstellung der Kohlenwasserstofflampe und der vergleichenden Spectrumphotographien der ersteren mit den Metall-Spectren.

Zur Beobachtung des Swan'schen Spectrums wurde der blaue untere Flammenkegel eines Bunsen'schen Gasbrenners benutzt. Derselbe hatte einen Rohrdurchmesser von 2 cm; der obere Theil der Röhre bestand aus starkem Platinblech, damit die Flamme nicht verunreinigt werde. Diese Platinröhre liess sich leicht herabnehmen, so dass sie vor und nach jedem Versuche sorgfältig durch Anskochen mit Wasser, beziehungsweise Salpetersäure, gereinigt werden konnte. Der Luftzutritt zum Brenner war so reichlich, dass sich an der nicht leuchtenden Bunsenflamme keine Spur eines leuchtenden Saumes bemerken liess.

Eine Versuchsreihe wurde mit Anwendung eines Quarz-Condensors gemacht — eine andere ohne Condensor, so zwar, dass die Flamme ungefähr 8 cm vor den Platinspalt des Collimatorrohres gebracht wurde.

Bei der erstgenannten Anordnung (d. h. Schumann'scher Condensor mit gekreuzten Quarzcylinderlinsen) war das Spectrumbild schwächer. Da der blaue Flammkegel des Bunsen'schen Gasbrenners reichlich die ganze Höhe des Spaltes des Spectrophographen bedeckte, so wurden bei der directen Aufstellung der Flamme vor dem Spalt auf der photographischen Platte Spectrumphotographien erhalten, welche die Linien entsprechend der vollen Länge des Spaltes gaben.

In ähnlicher Weise wurde das Linnemann'sche Sauerstoffgebläse vor dem Spalt aufgestellt und mit Wasserstoff, welcher mit Leuchtgas, Sauerstoff oder Wasserstoff, Benzoldampf oder Petroleumäther gesättigt war,¹ gespeist.

Das Vergleichsspectrum.

Zur Herstellung und gleichzeitigen Photographiren eines Vergleichsspectrums wurde mittelst eines grossen Ruhmkorff das Funken-spectrum einer Legirung von Cadmium, Zink und Blei (zu gleichen Theilen) erzeugt. Das Ruhmkorff'sche Inductorium gestattete die Erzielung einer Funken-schlagweite von 25 cm. Der elek-

¹ Dies geschah durch Einleitung des Gases in drei Woulff'sche, hinter einander aufgestellte Flaschen, welche zur Hälfte mit Benzol etc. gefüllt waren, so dass der Wasserstoff die Kohlenwasserstoffschichte mehrmals passiren musste. Der Wasserstoff war aus reinem Zink und Schwefelsäure entwickelt und durch Waschen mit Silbersulfatlösung, Ätzkali, concentrirter Schwefelsäure gereinigt.

frische Strom wurde mittelst sechs grosser Vohwinkel'scher Elemente (platinirtes Blei mit Chromsäure, amalgamirtes Zink in einem Thondiaphragma mit verdünnter Schwefelsäure) erzeugt; die Batterie gab, frisch gefüllt 17 Ampère und 12 Volt Spannung. Der Funke wurde durch Einschaltung von drei grossen Leydenerflaschen verstärkt. Die Distanz der Metallelektroden betrug ungefähr 2 Millimeter. Der Funkengeber war in einer Entfernung von 40 bis 50 cm vom Spalt des Spectralapparates aufgestellt, so dass die Guttaperehabestandtheile desselben selbst beim andauernden Brennen der Gasflamme nicht Schaden leiden konnten. Der Metallfunke schlug in horizontaler Richtung über und ferner wurde derselbe vor die Mitte des Spaltes gebracht. Dadurch erreichte ich, dass ein scharf definirtes Spectrum der Legirung in der Mitte der Platte entstand.

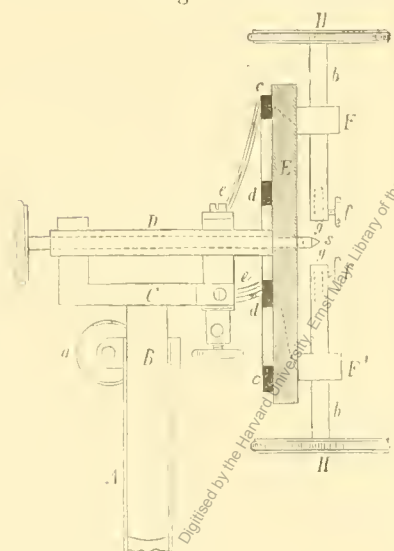
Der Spalt war (nach Lockyer's Vorgang) durch fünf kleine Schieber verdeckt, welche successive geöffnet oder geschlossen werden konnten. Das Funkenspectrum der Cadmium-, Zink-, Blei-Legirung photographirte ich bei geöffnetem Mittelriegel mit einer Belichtungsdauer von 10 bis 20 Minuten; während dieser Zeit entsteht eine vollkommen kräftige, gut definierte Photographie der Metalllinien und zwar nicht nur der Hauptlinien, sondern auch der von Hartley genau bestimmten schwächeren Linien.¹

Dadurch wird ein hinlänglich gleichmässig sich über die Bildfläche erstreckendes Vergleichsspectrum erhalten, welches so kräftig ist, dass es durch das mit hinein photographirte Swan'sche Spectrum gut erkennbar ist.

Um die zum Swan'schen Spectrum gehörigen Linien von denjenigen der Metallegirungen leicht und sicher unterscheiden zu können, liess ich das Spectrum der Bunsen'schen Flamme bei voller Spaltöffnung einwirken. Es breitet sich demnach auf den schliesslich erhaltenen Spectrumphotographien das Swan'sche Spectrum mit doppelter Länge der Linien oberhalb und unterhalb des Vergleichsspectrums aus. Dadurch wird das Anmessen der Linien wesentlich erleichtert und die Genauigkeit namhaft erhöht. Das Aufeinanderphotographiren von mehreren Spectren gibt jedoch dort zu Unklarheiten Anlass, wo die Platte von lichtstarken Linien verschiedener Spectren getroffen wird. In diesem Falle müssen die Spectren nebeneinander photographirt werden, ohne dass die photographische Platte oder der Spectrograph verändert werden darf; dies geschieht mittelst des vor dem Spalt befindlichen Riegels.

Beim Übereinanderphotographiren zweier zu vergleichender Spectren ist die grösste Sorgfalt auf das

Fig. 10.



richtige axiale Einfallen des Lichtes der zu beobachtenden Lichtquellen zu legen. Das Einstellen des Metallfunkens geschah dadurch, dass eine kleine runde Blende dicht vor die Collimatorlinse eingesetzt wurde und dann das helle Spaltbildchen mit dem von Schumann empfohlenen, vor der Mitte des Prisma's befindlichen Spiegel² beobachtet wurde. Die Regulirung der Höhe des Inductionsfunken geschah einem Eng. von Gothard'schen Funkengeber, dessen Einrichtung aus Fig. 10 ersichtlich ist. Er ist ähnlich dem von V. Schumann construirten und mit Erfolg verwendeten Apparat. Auf einem verstellbaren Röhren-Stativ *A* bewegt sich (mittelst einer Zahnstange und Schraube) die Stange *B* auf- und abwärts und kann mit der Schraube *a* geklemmt werden. Die dicke Ebonitscheibe *E* trägt zwei Messinglager *FF'*, welche die beiden starken Messingstäbe *bb* aufnehmen; diese Stäbe sind bei *gg* rund ausgebohrt, um die Electroden aufnehmen zu können, welche mit Hilfe der Schrauben *ff* festgeklemmt werden. Die Enden der Messingstäbe tragen grosse Ebonit-

¹ Wird der Metallfunke nicht genau gegenüber der mittleren Spaltöffnung erzeugt, so entsprechen die Spectrallinien nicht der ganzen Länge der freigelassenen mittleren Spaltlänge, sondern werden kürzer und verlaufen bald als längere, bald als kürzere Linien.

² Siehe Konkoly, Anleitung zur Himmelsphotographie, 1887 bei W. Knapp in Halle a. S.

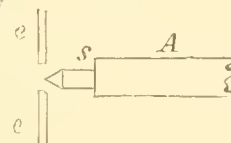
³ Ibid.

scheiben, mit welchen man die Elektrodendistanz auch während des Ganges des Inductoriums verändern kann.

Auf der Rückseite der Ebonitscheibe E sind zwei Messingringe cc und dd aufgesetzt, wovon der eine mit E , der andere mit E' in leitender Verbindung steht. Die Polklemmen sind am Ebonitständer C aufgesetzt und mit Messingfedern mit den Ringen cc und dd in Contact gebracht.

Die Scheibe E kann um ihre Axe D beliebig gedreht werden, wobei stets der Strom eingeschaltet bleibt. Die Axe D ist hohl und in ihrem Innern kann leicht ein cylindrischer Stab aus Stahl, welcher, wie Fig. 11 zeigt, in eine Spitze S ausgeht, hin- und hergeschoben werden. Dieser cylindrische Stab dient (wie bei Schumann's Vorgang) zum Justiren der genauen Lage des Funkens. Man nähert nämlich die Elektroden stets in gleicher Weise der Spitze S , um sie constant auf eine bestimmte Stelle zu bringen; geringe Abweichungen in der Stellung der Elektroden bewirken nämlich ein Hin- und Herücken des Metallspectrums auf der photographischen Platte, was bei Versuchen über Coincidenz von Linien vermieden werden muss. Auch kann man die Folgen der ungleichen Abnutzung der Elektroden, während einer photographischen Aufnahme, nicht nur durch Umschalten der Pole, sondern auch durch Drehung der Scheibe E um 180° unschädlich machen.

Fig. 11.



Das Bezugsspectrum.

Als Bezugslinien wurden die Hartley-Adeney'schen Zahlen gewählt, da dieselben gut mit den von Liveing und Dewar angegebenen Zahlen (Phil. Transact. 1882, Vol. 174. Part. 1, ferner Phil. Transact. 1888)² für die Wellenlängen $\lambda > 2370$ stimmen.³

Die Ausmessungen der Spectrumnegative und die darnach durch Interpolirung berechneten Wellenlängen der in dieser Abhandlung angeführten Spectren bezog ich auf nachfolgende Linien der aus gleichen Theilen hergestellten Legirung von Cadmium, Zink und Blei, auf einige charakteristische Luftlinien, sowie in einzelnen Fällen auf das mitphotographirte Magnesiumspectrum (im Inductionsfunken).

Pb	5607 λ	Thaleh	Luft	3918.5 λ	Hartley u. Adeney
Cd	5378	"	Mg	3837.9	"
Mg	5183	"	Pb	3682.9	"
Mg	5172	"	Pb	3639.2	"
Mg	5167	"	Cd	3611.8	"
Cd	5085	"	Cd	3609.6	"
Cd	4799	"	Pb	3572.6	"
Zn	4721	"	Cd	3466.8	"
Zn	4680	"	Cd	3402.9	"
Mg	4481.0	"	Zn	3344.4	"
Pb	4386.4	Hartley u. Adeney	Zn	3301.7	"
Luft	4348.4	"	Zn	3281.7	"
Pb	4245.3	"	Cd	3260.2	"
Pb	4057.6	"	Cd	3249.5	"
Luft	3994.5	"	Pb	3176.0	"
Luft	3954.8	"	Cd	3161.0	"
			Cd	3132.5	"

¹ Hartley und Adeney, Measurements of the Wave-Lengths of Lines of high refrangibility in the Spectra of elementary Substances. (Phil. Transact. of the Royal Society, 1884. [Im Auszug: Watts, Index of Spectra, Manchester 1889.])

² Im Auszuge: Watts, Index of Spectra, 1889.

³ Vergl. A. Grünwald, Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. 2. Abth., Bd. 93 S. 791. Wien, 1890.

Mg	3096·2 λ Hartley u. Adeney	Zn	2770·2 λ Hartley u. Adeney
Cd	3095·0	Cd	2747·7
Cd	3084·3	Zn	2711·5
Zn	3075·6	Pb	2662·5
Zn	3071·7	Pb	2613·4
Zn	3035·4	Zn	2607·6
Zn	3017·5	Cd	2572·2
Cd	2979·9	Zn	2557·3
Cd	2947·1	Zn	2526·3
Cd	2880·1	Zn	2521·3
Pb	2872·2	Zn	2514·7
Pb	2832·2	Zn	2501·5
Pb	2822·1	Zn	2490·4
Pb	2801·4	Cd	2469·3
Zn	2800·1	Zn	2441·6

Die Wellenlängen sind, bei meinen Untersuchungen, in Angström'schen Einheiten 10^{-7} mm angegeben, wie dies auch von H. Kayser und Runge¹ und Anderen geschah. Die Genauigkeit meiner Messungen erstreckte sich im sichtbaren Spectralbezirke zumeist auf Eine Angström'sche Einheit; im Ultraviolett, wo die Dispersion eine viel grössere ist, dagegen bis auf $\frac{1}{10}$ Angström'sche Einheit. Es entsprechen nämlich 159 Theile des von mir benützten Ausmessapparates z. B. im Gelb zwischen $Pb = \lambda = 5607$ bis $Cd = \lambda = 5378$ einer Angström'schen Einheit im Blau zwischen $Cd = \lambda = 4799$ bis Zink $= \lambda = 4721$ entsprechen 230 Theile $= 1$ Angström'sche Einheit; im Ultraviolett zwischen $Zn = \lambda = 3344$ bis $Zn = \lambda = 3302$ entsprechen 653 Theile $= 1$ Angström'sche Einheit und zwischen $Pb = \lambda = 2613$ bis $Zn = \lambda = 2608$ entsprechen 1346 Theile einer Angström-Einheit.

Beschreibung des Emissionsspectrums der brennenden Kohlenwasserstoffe (Swan'sches Spectrum) auf Grund meiner Untersuchungen.

Im Emissionsspectrum der mit Sauerstoff verbrennenden Kohlenwasserstoffe (blauer Flammenkegel) kann man zwei Hauptarten von Spectren unterscheiden:

1. Die dem Kohlenstoff oder Kohlenwasserstoff angehörnden Bande.
2. Das dem verbrennenden Wasserstoff (Wasserdampf) zugehörige Spectrum.

I. Die dem brennenden Kohlenwasserstoff oder Kohlenstoff angehörigen Bandenspectren im Swan'schen Spectrum.

Im Spectrum des brennenden Leuchtgases oder anderer brennender Kohlenwasserstoffe, welche mit hinlänglichen Mengen Luft oder Sauerstoff verbrennen, so dass sich ein schwach leuchtender blauer Flammenkegel zeigt, erscheinen bei Beobachtungen im Quarzspectrographen acht leuchtende Banden, welche aus mehr oder weniger zahlreichen hellen Linien bestehen, die sich von einem nicht leuchtenden Grund abheben; an einzelnen Partien dieser Banden tritt neben den hellen Linien ein schwach leuchtendes continuirliches Spectrum auf, welches an den intensivsten Stellen der Bande mehr oder weniger deutlich erscheint, einen Theil der Bande erfüllt und in der Richtung der weniger hell verlaufenden Seite der Bande bald aufhört. Dieses continuirliche, leuchtende Spectrum, von welchem sich die noch helleren Spectrallinien abheben, tritt besonders im sichtbaren Theil des Spectrums bei den Banden γ und ζ auf, ist jedoch bei allen beobachteten Banden mehr oder weniger bemerkbar.

¹ Über die Spectren der Elemente. Abhandl. d. königl. preuss. Akademie d. Wissenschaften. Berlin 1889.

Die bis jetzt bekannten, einschliesslich der von mir aufgefundenen Banden des sogenannten Swan'schen C-Spectrums lassen sich entsprechend dem Baue der Linien, aus welchen sie bestehen, in zwei verschiedene Gruppen theilen.

1. Erste Gruppe von C-Banden des Swan'schen Spectrums, welche gegen das weniger brechbare Ende zu die stärksten Linien aufweisen und in derselben Richtung eine scharfe kräftige Kante zeigen, während die folgenden Linien, gegen das stärker brechbare Ende zu, allmählig schwächer werden und in grossen Abständen aufeinander folgen; hieher gehören die bis jetzt bekannten Bande α , β , γ , δ und die von mir zuerst genau ausgemessene Bande ζ .

2. Zweite Gruppe von Linien des Swan'schen Spectrums, bei welcher die Anordnung der Linien und die Abschattirung der Banden in der entgegengesetzten Richtung erfolgt; hierbei ist die charakteristische Grenzlinie der Bande gegen das brechbarere Ende gelegen, und hieran schliesst sich in der Richtung des weniger brechbaren Theiles des Spectrums eine aus zahlreichen Linien bestehende Bande an, bei welcher die Linien in derselben Richtung schwächer werden; zugleich folgen die Linien gegen das weniger brechbare Ende zu in immer grösseren Abständen.

Hieher gehören drei Banden in dem äusseren violetten und ultravioletten Theile des Spectrums und wurden bisher im Swan'schen Spectrum brennender Kohlenwasserstoffe noch nicht beschrieben. Es sind dies die von mir theils neu aufgefundenen, theils zuerst ausgemessenen homologen Banden ε , η und ζ . Es ist für diese Banden charakteristisch, dass die gegen das stärker brechbare Ende gewendete, starke Schlusslinie derselben deutlich isolirt ist von der gegen das weniger brechbare Ende zu abschattirte Liniengruppe.

Besonders auffallend ist dies bei der Bande η , welche typisch ist; ganz analog ist der Bau der Gruppe ζ , welche jedoch 5 bis 10 mal lichtschwächer als erstere ist; nach meiner Ansicht gehört auch die Bande ε zu dieser Gruppe von Banden. Es zeigen nämlich sämtliche drei Bande die Eigenthümlichkeit, dass sie neben der dichten gegen das weniger brechbare Ende abschattirten Liniengruppe noch eine einzelnstehende Linie aufweisen, welche in einer geringen Entfernung, aber dennoch deutlich isolirt, sich an die erwähnte Liniengruppe gegen Ultraviolett zu anschliesst. (Siehe Taf. I, wo der Bau dieser Bande in der Reproduction am deutlichsten bei η ersichtlich ist.)

Beim Band ε ist dieser analoge Linienbau weniger deutlich sichtbar, weil sich die drei Linien $\lambda = 4380$, 4372 , 4364 in die Bande ε hineinlagern und wahrscheinlich nicht zur eigentlichen, gegen Roth zu abschattirten Liniengruppe ε gehören.²

Einzelbeschreibung der Banden:

Die rothe Bande α erscheint in der gewöhnlichen Bunsenflamme als ein schwach sichtbares verschwommenes Band, welches nur beim Einblasen von Sauerstoff sich deutlich in Linien auflöst. Die beim Zutritt von Sauerstoff auftretende deutliche rothe Liniengruppe weist in Apparaten von mässiger Dispersion (1 bis 2 Glasprismen) 5 Linien auf. Besonders gut erscheint die Gruppe, wenn das Leuchtgas mit Benzol oder Petroläther etc. gesättigt ist, bevor es zum Verbrennen gebracht wird.

Die gelbe Bande β tritt in der gewöhnlichen Bunsenflamme viel deutlicher auf, besteht aus 5 Linien, wovon die am wenigsten brechbare die stärkste ist und die Linien gegen das brechbare Ende schwächer werden. Die letzte Linie ($\lambda = 5570$) ist in der gewöhnlichen Bunsenflamme kaum sichtbar. Verbrennt der Kohlenwasserstoff mit Sauerstoff im Gebläse, so wächst die Helligkeit dieser Bande sehr stark. In der Photographie sind die von mir gemessenen fünf Linien gut sichtbar; sie erscheinen hell auf einem schwach leuchtenden continuirlichen Grunde, welches continuirliche Spectrum sich noch über die letzte deutliche Linie ($\lambda = 5570$) erstreckt. Dieses Band ist nur auf Erythrosin-, Eosin-Platten oder ähnlichen sogenannten „ortho-

¹ Es sind dies drei Linien, welche besonders stark im brennenden Cyan auftreten. D. Kayser und Runge führen sie als die drei Kanten der fünf C-Bande (im elektrischen Flammenbogen zwischen Kohlenelektroden) an.

² In meinen Tabellen und Figuren ist trotzdem die gesammte Bande von $\lambda = 4380$ bis 4325 als „Bande ε “ bezeichnet worden, weil sie beim Betrachten des Spectrums als abgeschlossene Gruppe erscheint.

chromatischen“ Platten photographirbar. Auf gewöhnlichen Platten erscheint es nicht (vergl. Taf. I, Spectrum 2 und 3).

Die grüne Bande γ ist besonders intensiv und erscheint im Spectroskop als die selbstständige Bande der Bunsenflamme oder des Leuchtgas-Sauerstoffgebläses. Sie besteht aus drei sehr hellen Linien, wovon die am wenigsten brechbare Linie ($\lambda = 5164$) die hellste des ganzen sichtbaren Spectrums ist. Das Band ist ähnlich gegen das stärker brechbare Ende abschattirt und die Linien liegen in ähnlicher Weise auf einem schwach leuchtenden Grunde, wie beim Band β (s. Taf. I, Spectrum 2 und 3). Auch diese Bande lässt sich nur auf Erythrosinplatten etc. photographiren, wie Taf. I, Fig. 1 und Fig. 2 zeigen, wo bei ersterem die Gruppe fehlt, (diese Photographie ist auf gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatten hergestellt) bei Spectrum 2 und 3 aber deutlich sichtbar ist, weil eine Erythrosieplatte benützt wurde, welche für Gelb und Grün unempfindlich ist.

Die blaue Band δ ist in der Bunsenflamme weniger intensiv als das vorige (Band γ), aber etwas heller als Band β . Es besteht aus 5 Linien. Wird Sauerstoff in den Kohlenwasserstoff geblasen, so werden die Linien heller, aber zugleich gewinnt das continuirliche schwache Spectrum, auf welchem diese Linien erscheinen, wesentlich an Helligkeit. Dieses Band und die folgenden lassen sich auch auf gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatten gut photographiren.

Die violette Bande ϵ ist schwach sichtbar und es scheint das Spectrum der Bunsenflamme oft nur ein verschwommener Streifen, dessen Mitte nach Lecocq die Wellenlänge $= 4368$ hat. Im Leuchtgas-Sauerstoffgebläse, oder noch besser bei sehr lebhafter Verbrennung von Benzoldampf mit Sauerstoff wird die Bande, auch für das Auge sichtbar und in ein System von Linien aufgelöst.

In der Bunsenflamme wurde dieses Band von mir zuerst in Linien aufgelöst und photographirt.

Die Messung der Linien gelingt sowohl auf diesen Spectralphotographien der Bunsenflamme, als auch besonders gut bei der Photographie von Benzolflammen mit Sauerstoffgebläse; im ersteren Fall tritt ein schwächeres, im letzteren ein stärkeres continuirliches Spectrum hervor, an welchem sich bei länger belichteten oder dichter hervorgerufenen Negativen die Linien kaum mehr wahrnehmen lassen.

Auf Spectrum 1, 2 und 3 (Taf. I) ist das charakteristische Aussehen dieser Bande sichtbar; die feinen Linien gingen bei der Reproduction theilweise verloren.

Unmittelbar daran anschliessend folgt eine einzelstehende starke Linie, welche charakteristisch ist und intensiver als irgend eine Linie der Bande ϵ in der Photographie erscheint. Die Linie ($\lambda = 4325$) wurde von mir, ebenso wie die zahlreichen Linien des ganzen Bandes ϵ in der Bunsenflamme und der Flamme anderer brennender Kohlenwasserstoffe aufgefunden und gemessen.

Die violette Bande ζ ist äusserst charakteristisch. Es ist dies das photographisch wirksamste Band des gesammten Bandenspectrums des Kohlenstoffes, und selbst bei ganz kurzer Belichtung tritt bei $\lambda = 431$ eine deutliche Lichtwirkung auf.

Die Linien sind zahlreich und regelmässig vertheilt und schattiren sich vom weniger brechbaren gegen das stärker brechbare Ende immer schwächer werdend, ab.

Diese Bande ζ kommt nach den mir vorliegenden Untersuchungen von Spectroskopikern nicht im elektrischen Flammenbogen vor (Thollon, Kayser, Runge u. A.), ebensowenig im Spectrum der mit Kohlenoxyd gefüllten Geissler'schen Röhren (Inductionsfunke).

Eine linienreiche Cyanbande beginnt (nach Kayser und Runge u. A.) bei $\lambda = 4216$, also an einer Stelle, wo die Linien meines Kohlenbandes ζ bereits aufzuhören beginnen; dieses Cyanband ist deshalb mit dem in brennenden Kohlenwasserstoffen vorkommenden Bande ζ , welches bei $\lambda = 4310$ (bei kurzer Belichtung) oder bei $\lambda = 4315$ (bei langer Belichtung) am intensivsten auftritt, nicht identisch¹, sondern es ist die letztere eine höchst charakteristische Bande des sogenannten Swan'schen Spectrums.

¹ Nach Salet (Ann. Chemie u. Phys. 1873, Bd. IV, S. 60) gibt der elektrische Funke in Leuchtgas oder Cyan die Banden α , β , γ , δ , analog dem Swan'schen Spectrum. Die Verbrennung von Kohlenwasserstoff und Cyangas, das letztere in

Merkwürdiger Weise hat Swan selbst diese Bande nicht bemerkt; dies dürfte seinen Grund darin finden, dass stark brechende Glasprismen das Violett in dem Bezirke $\lambda = 431$ bis 420 und weiter schon sehr stark absorbiren und deshalb ein solches Spectrum für directe Beobachtungen mit dem Auge schon zu lichtschwach ist.

Herr Prof. H. W. Vogel erklärt nach seinen Photographien der Bunsenflamme und der Cyanflamme, dass die Grenze der von Vogel mit e (von mir mit ζ) bezeichneten Bande absolut mit den breiten Sonnenlinien G übereinstimmen, und dass der dunkle Hintergrund der Fraunhofer'schen G -Bande des Sonnenspectrums deshalb dem Kohlenstoff zuzurechnen ist;¹ Prof. H. W. Vogel hatte die Wellenlängen fraglicher Kohlenstofflinien nicht gemessen, sondern blos aus den übereinander photographirten Spectrumbildern seine Schlüsse gezogen.

Die von mir gemachten Ausmessungen der Spectrographien der Bunsenflamme oder der mit Sauerstoff verbrennenden Kohlenwasserstoffe ergaben als intensivste Grenze des Kohlenbandes $\zeta = 4315$ bei längerer Exposition (folg. der Verbreiterung wegen starker Lichtwirkung), dagegen 4310—4312 bei kurzer Belichtung; dagegen ist die Wellenlänge der Sonnenlinie $G = 4307$.

Diese Differenz ist zu gross, um daraus Coincidenz folgern zu können.

Die ultraviolette Gruppe τ der Bunsenflamme ist viel lichtschwächer als die Gruppe ζ ; die Helligkeit der ersteren beträgt nur $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{10}$ der letzteren. Die Bande τ fällt dadurch sofort auf, dass sie in entgegengesetzter Seite abschattirt ist, als die charakteristischen Banden im sichtbaren Spectrum, nämlich die rothe α , die gelbe β , die grüne γ , die blaue δ und die violette ζ -Gruppe.

Ferner ist es für diese Gruppe sehr charakteristisch, dass sich an die, aus vielen regelmässig vertheilten, gegen das rothe Ende des Spectrums abschattirte Linienbande, eine starke, isolirt stehende Linie anschliesst; die stärkste Linie der abschattirten Linienbande liegt bei $\lambda = 3889.8$, dann folgen einige ganz schwache Linien und hierauf bei $\lambda = 3873$ eine starke intensive einzelstehende Linie, welche die ganze Gruppe τ gegen Ultraviolett zu begrenzt. Der eigenthümliche Ban dieser Gruppe geht deutlich aus Taf. I, Spectrum C-Band τ hervor.

Die Bande τ kommt auch in der schwächsten Flamme des Bunsenbrenners zum Vorschein, viel deutlicher jedoch in brennendem Benzol- oder Petroleumäther, welches mit Sauerstoff zu einer intensiven Verbrennung mit blauem Flammenkegel gebracht wird. Diese Bande ist charakteristisch für brennende Kohlenwasserstoffe.

Die ultraviolette Bande ϑ tritt nur bei sehr langer Belichtung auf und wird in einer zum Ausmessen erforderlichen Deutlichkeit erhalten, wenn man im Linnemann'schen Gebläse durch 4—5 Stunden Leuchtgas oder Wasserstoff und Benzoldampf oder Petroleumäther mit Sauerstoff verbrennt.

Der Bau dieser Gruppe ist ganz analog von τ . Eine Anzahl von regelmässig angeordneten Linien, welche gegen das rothe Ende zu schwächer werden, geben ein in dieser Richtung zu abschattirtes Band, dessen stärkste Linie bei $\lambda = 363.45$ liegt; daran schliesst sich die einzelstehende, gleichfalls charakteristische Linie $\lambda = 3627$ an, welche die Grenze der Gruppe gegen das stärker brechbare Ende bildet.

Im Anschlusse an diese Versuche studirte ich noch ferner das Spectrum des brennenden Kohlenoxyd's.

Allerdings hatten bereits Liveing und Dewar angegeben, dass brennendes Kohlenoxyd ein continuirliches Spectrum gibt. Ich photographirte durch mehrstündige Belichtung von sehr empfindlichen Platten im Quarzspectographen das Spectrum der Kohlenoxydflamme und erhielt gleichfalls nur ein continuirliches Spectrum, welches sich über das ganze Spectrum, insbesondere aber zwischen $\lambda = 430$ bis gegen $\lambda = 330$ bemerklich machte. Auch fünfstündige Belichtung einer gemischten Kohlenoxyd-Wasserstoffflamme (an der Luft verbrennend, sowie im Sauerstoffgebläse) gab kein Linienspectrum.²

reinem Sauerstoff, gibt dieselben Bande (α 619, β 563, γ 516, δ 464), jedoch die violette Partie ist anders, statt ein Band bei 427 (nach Kayser 422) kommt ein lebhaftes Band $\lambda = 431$ zum Vorschein, welches von einer brechbaren Partie mit feinen Cannelirungen gefolgt ist, die sich bis $\lambda = 418$ ausdehnt. (Vergl. auch die von Watts gegebene Figur.)

¹ Sitzungsber. d. preuss. Akad. d. Wissensch. Bd. 21 (1888).

² Nach Liveing und Dewar (Proc. Royal Soc. London. Vol. XXX [1880], p. 152) gibt Wasserstoff und Schwefelkohlenstoffdampf in Luft verbrannt keine Spur der „Hydrocarbon-Banden“; dagegen gibt Wasserstoff und Tetra-

Die oben beschriebenen Bande des Spectrums der Bunsenflamme oder Kohlenwasserstoff-Sauerstoffflamme gehört somit nicht dem brennenden Kohlenoxyd an.

Die Helligkeit des continuirlichen Kohlenoxyd-Flammenspectrum ist gegenüber dem Swan'schen Bandenspectrum derartig lichtschwach, dass man behaupten kann: Der blaugrüne Flammenkegel der Bunsenflamme verdankt seine schwache Leuchtkraft hauptsächlich dem Bandenspectrum des Kohlenstoffes oder Kohlenwasserstoffes, nicht aber dem verbrennenden Kohlenoxyd. Der obere, fast farblose und äusserst schwach leuchtende Theil der Bunsenflamme zeigt das Swan'sche Bandenspectrum in wesentlich schwächerem (weniger hellem) Grade, als der blaue Flammkegel; trotzdem lässt sich, mit Hilfe der Spectrumphotographie, auch in diesem Theile das Auftreten der charakteristischen Kohlenbanden nachweisen.

Hauptsächlich sendet jedoch der fast farblose obere Flammtheil das Wasserdampfspectrum aus.

Die völlige Trennung der Kohlenwasserstoffflamme in einen blauen Flammenkegel, welcher das Swan'sche Bandenspectrum gibt, und einen fast farblosen oberen Flammkegel, welcher nur das Wasserdampfspectrum gibt, gelingt durch Einblasen von Sauerstoff in eine Leuchtgas-, Benzol-, Petroleumäther-, Wasserstoff-Benzoldampfflamme, im Linnemann'schen Gebläse, bei welchem der Sauerstoff unter einem Drucke von 10 bis 30 cm Quecksilber in die Flamme gepresst wird. Dann verbrennt der Kohlenwasserstoff vollständig in der Nähe der Sauerstoffzuströmung (blaugrüner Flammkegel) und die obere grosse, nahezu farblose, rauschende Flamme zeigt nur mehr das Wasserdampfspectrum.

Auf Spectrum III (Taf. I) ist die Zerlegung des Spectrum von dem mit Sauerstoff verbrennenden Kohlenwasserstoffen nach meinen Spectrumphotographien reproducirt.

Emissionsspectrum des brennenden Kohlenwasserstoffes (Kohlen- oder Hydrocarbon-Banden).

	Swan ¹	Angström und Thälén ²	Hassel- berg ¹	Watts	H. C. Vogel ¹	Lecoq ¹	Thollon ³	Wesen- donck	Kayser und Runge ³	Eder ¹
Roth C-Bande α.	—	6187	6186	6190	—	—	—	—	—	6188
	—	6119	6121	6110	—	—	—	—	—	6120
	—	6056	6051	6050	—	—	—	—	—	6052
	—	6001	5993	5990	—	—	—	—	—	5999
	—	5954	5951	5955	—	—	—	—	—	5955
Gelbe C-Bande β.	5634	5633	5636	5635	5632	5629	5622	5635	5635	5634
	5582	5583	5585	5586	—	5581	5581	5576	5585	5583
	5538	5538	5537	5542	—	5542	5536	5537	5541	5539
	5500	5500	5501	5504	—	5500	5490	5490	—	5500
	—	5466	5472	5478	—	—	—	—	—	5470
	—	—	—	5440	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	5425	—	—	—	—	—	—

Wurde direct mit einem Krüss'schen Spectroskop im Leuchtgas-Sauerstoffgebläse beobachtet.

Von hier ab auf dem photographischen Negativ ausgemessen.

¹ Spectrum brennender Kohlenwasserstoffe (Bunsenbrenner oder Kohlenwasserstoff-Sauerstoffgebläse).

² Inductionsfunke in verdünnten Kohlenwasserstoffen (Geissler'sche Röhren).

³ Bandenspectrum des Kohlenstoffes im elektrischen Flammenbogen.

chlorkohlenstoffdampf in Luft verbrannt die Hydrocarbon-Bande (Swan'sches Spectrum), ebenso Kohlenoxyd + Tetrachlorkohlenstoff, sowie eine Chloroform + Wasserstoff-Flamme.

	Swan	Angström und Thälen ²	Hassel- berg	Watts	H. C. Vogel	Lecoq	Thollon	Wesen- donck	Kayser und Runge	Eder
Grüne C-Bande γ .	5762	5164	5164	5166	5164	5161	5165	5155 ¹	5165	5164*
	5127	5128	5128	5130	—	5127	5127	5118	5129	5128
	—	5098	5097	5100	—	5090	5097	—	—	5095 ²
	—	—	—	5082	—	—	—	—	—	—
Blaue C-Bande δ .	4734	4736	4735	4740	—	4738	4739	4735	4737	4736
	4712	4714	4713	4717	—	—	4717	4711	4715	4714
	4689	4697	4695	4698	—	—	4704	4692	4698	4697
		4682	4684	4684	—	—	—	—	4685	4684
	4670	—	4677	4677	—	1675	—	4670	—	4677

¹ Wesendonck hatte offenbar den starken Lichthof dieser Linie, welche gegen das brechbarere Ende verläuft, mit in die Messung (Mitte der Linie) einbezogen; daher die niedrige Wellenlänge.

² Ist sehr lichtschwach; eine vierte brechbarere Linie, welche bei Watts sich findet, konnte von mir in brennenden Kohlenwasserstoffen nicht beobachtet werden.

	Ang- ström und Thälen	Hassel- berg	Lecoq	Liveing und Dewar	Kayser und Runge	Eder	Bemerkungen
Violette C-Bande ϵ .	—	4367 ¹	4368 ²	4381	4382 ³	4380.4	Diese ziemlich starken Linien beobachtete ich stets im Spectrum brennender Kohlenwasserstoffe. Sie bilden eine eigene Gruppe ⁵ in der gesammten violetten Bande ϵ , an welche sich unmittelbar die folgende Gruppe anschliesst.
				4372	4372	4371.6	
				4365	4365	4364.4	
						4359.6	Diese Gruppe besteht aus einem continuirlichen schwachleuchtenden Spectrum, auf welchem die Linien sich heller abheben. Im photographischen Negativ verschwinden bei längerer Belichtung die nunmehr schwarz erscheinenden Linien auf einem dunklen Untergrunde von reducirtem Silber. ⁴
						4356.4	
						4352.8	
						4348.4	
						4344.2	
						4340.0	
						4335.7	
						4329.1	
						—	Einzelstehende starke Linie.
						4324.8	

¹ Hasselberg beobachtete in brennenden Kohlenwasserstoffen ein verschwommenes Lichtfeld, dessen grösste Intensität bei λ 4367 lag.

² Lecoq hat offenbar die Mitte der beiden nebenstehend verzeichneten und von mir in der Bunsenflamme photographirten Spectrallinien gemessen.

³ Diese Bande wurde von Kayser und Runge im elektrischen Flammenbogen gemessen.

⁴ Bei zu langer Belichtung verschwinden sie ganz im dunklen Untergrunde; bei zu kurzer Belichtung werden sie nebelig und unmessbar.

⁵ Diese im Cyanspectrum (Cyan + Sauerstoff), sowie im elektrischen Flammenbogen zwischen Kohlenelektroden stark auftretende Bande, ist im Swan'schen Spectrum brennender Kohlenwasserstoffe nicht besonders auffallend vertreten. Im elektrischen Flammenbogen sind die starken Linien λ 438, 437 und 436 die Kanten complicirter Linienbanden. Im Spectrum brennender Kohlenwasserstoffe wurde diese Gruppe zum ersten Male von mir ausgemessen. Der Charakter der in dem Cyanspectrum vorkommenden Gruppe ist etwas anders, als im Swan'schen Spectrum, weil in letzterem Falle das continuirliche Spectrum und die Linien der nächsten Gruppe (von λ 436—432) stark hervortreten. — Bei Gegenwart von Ammoniakgas in der Leuchtgas-Sauerstofflampe treten die Linien λ 438, 437 und 436 deutlicher hervor, ebenso die gelbgrünen Cyanbanden.

	Angström und Thülen	Hasselberg	Lecoq	Watts	Kayser und Runge	Eder	Bemerkungen
Violette C-Bande ξ .	4311	4319 ¹	4309	4313		4315.0 4306.6 4299.2 4293.9 4285 4282.0 4276.4 4268 4261 4256 4249 4243 4239	Sehr starke Linie. Charakteristisch. ² Die folgenden Linien sind anfangs scharf und kräftig und werden gegen das brechbare Ende allmählig schwächer. Die Vertheilung ist eine regelmäßige. Bei kurzer Belichtung oder schwach brennendem Bunsenbrenner kommen nur die Linien bis $\lambda = 425$ zum Vorscheine; bei langer Belichtung oder bei intensiver Verbrennung im Kohlenwasserstoff-Sauerstoffgebläse erstrecken sich die Linien bis $\lambda = 481$ und noch weiter hinaus.

¹ Hasselberg bestimmte die Lage der scharfen Kante gegen roth zu; die Bande erstreckte sich bei Hasselberg's Beobachtungen bis λ 4239, wobei er ungefähr zehn Linien wahrnahm.

² Diese Linie bildet die Grenze dieses äusserst charakteristischen Kohlenbandes gegen die rothe Seite des Spectrums; dann folgt gegen das weniger brechbare Ende die einzelnstehende Linie λ 4325 des Bandes ϵ , gegen das stärker brechbare Ende des Spectrums folgen in dichter Reihenfolge auf die Hauptlinie λ 4315 des Bandes ξ die anderen Linien dieses Bandes. Die Linie 4315 zeigt gegen das rothe Ende des Spectrums zugewendet eine scharfe Kante, gegen das ultraviolett zu schattirt sie sich allmählig ab und es heben sich auf einem schwachen continuirlichen Spectrum die oben verzeichneten Linien (von λ 4306 bis 4185) ab. Bei langer Belichtung oder hellen Lichtquellen erscheint das an die Grenzlinie sich anschliessende continuirliche Spectrum im photographischen Negativ so intensiv, dass die ersten 3 bis 4 folgenden Linien nicht mehr erkennbar sind. Bei reichlicher Belichtung rückt die Grenze der charakteristischen Linie über λ 4315 gegen λ 4316 vor; bei kurzbelichteten Platten liegt die Mitte der Linie dagegen bei λ 4310 oder 4312.

	Angström und Thülen	Hasselberg	Lecoq	Watts	Kayser und Runge	Eder	Bemerkungen
Violette C-Bande ξ .				4239	Cyan- deban, Beginn: 4216 ¹	4232.3 4226.2 4220.2 4213.9 4207.6 4201.8 4195.2 4190.0 4184.8	Von da ab lassen sich bei enger Spalte des Spectrographen diese Linien als mehr oder weniger deutliche Doppellinien erkennen, deren Mitte in der nebenstehenden Tabelle gemessen wurde.

¹ Hier beginnt eine linienreiche Cyanbande, welche Kayser und Runge genau ausgemessen haben. Aus der Wellenlänge dieser charakteristischen Cyanbande (Beginn λ 4216) geht hervor, dass diese Cyanbande (welche auch im elektrischen Flammenbogen zwischen Kohlenelektroden auftritt) nicht mit dem oben angeführten von mir mit ξ bezeichneten Kohlenbande identisch ist.

	Kayser und Runge	Eder	B e m e r k u n g e n
Ultraviolette C-Bande γ .	Cyanbände ¹	4047.3	Anfangs: ein schwaches continuirliches Spectrum
		4032.8	sehr schwach
		4019.0	schwach
		4005.7	stärker
		3993.9	} ²
		3982.4	
		3971.8	
		3961.9	
		3952.5	
		3943.8	starke Linien in regelmässigen Entfernungen
		3935.7	
		3927.9	
		3921.3	
		3915.5	
		3911.3	die Linien werden allmählig wieder schwächer und enger nebeneinanderstehend
		3906.0	
		3902.4	
		3898.7	
		3896.0	
		3893.0	Die folgenden Linien heben sich schwer von dem dunklen Silber Niederschlag des Negativs ab. Ende dieses Segmentes gegen Ultraviolett.
		3889.8	
		3883.5	
		3884.4	
		3875.6	
	3871.5 3855	3877.2	schwache Linien; undeutlich ³
		3875.7	
		—	
		3872.6	starke, einzelnstehende Linie; charakteristisch.

¹ Die ganze Bande ist ebenso wie die C-Bande ϵ und δ in entgegengesetzter Richtung abschattirt, als die Banden α , β , γ , δ und ζ ; es ist nämlich bei der ersteren die stärkste Kante der Bande gegen Ultraviolett gekehrt und werden die Linien gegen das rothe Ende schwächer, bei den letzteren ist dies umgekehrt.

² Diese Linien erscheinen in der gewöhnlichen Bunsenflamme nur schwer, dagegen leichter, wenn man Sauerstoff in brennende Kohlenwasserstoffe bläst; die folgenden Linien treten auch in der Bunsenflamme hervor.

³ Bei der gewöhnlichen Bunsenflamme ist hier nur ein nebeliger Streifen bemerkbar; steigert man die Intensität des Lichtes durch Einblasen von Sauerstoff, so löst er sich in drei schwache Linien auf.

⁴ Diese von Kayser und Runge gemessene Cyanbände scheint nicht identisch zu sein mit meinem Band γ (im brennenden Kohlenwasserstoff), weil bei letzterem die charakteristischen canellirten Banden λ 3883, 3871, 3855 (insbesondere aber die stärkste Cyanbände λ 3883) hier nicht vertreten sind, sondern nur die isolirte Linie λ = 3872.6 mit der Anfangskante des zweiten Cyansegmentes (λ = 3871.5) nahe zusammentrifft.

	Eder	B e m e r k u n g e n
Ultraviolette Bande δ .	3687.0	} schwach
	3677.5	
	3668.6	
	3663.6	
	3660.7	
	3677.4	} stärker
	3654.0	
	3650.9	
	3646.1	
	3642.0	
	3638.0	Ende der Gruppe
	3634.5	
	—	
	3627.4	einzelnstehende, charakteristische Schlusslinie

II. Das Spectrum des Wasserdampfes im Emissionsspectrum brennender Kohlenwasserstoffe oder des Oxyhydrogengebläses.

Stokes fand bereits 1852, dass die Flamme von brennendem Wasserstoff Fluorescenzerscheinungen hervorruft und deshalb reich an ultravioletten Strahlen sein muss.¹

Liveing und Dewar theilten im Jahre 1880 mit (Proceed. Royal. Soc. London 1880 Bd. 30, S. 498), dass im Spectrum der Leuchtgas- und Sauerstoffflamme, sowie der Oxyhydrogenflamme, sich viele Linien zwischen den Sonnenlinien *B* und *S* zeigen. In einer zweiten Abhandlung gaben dieselben ein Diagramm des Hauptbandes dieses Spectrums und theilten mit, dass dasselbe Spectrum entsteht, wenn die elektrischen Funken (ohne Condensor) zwischen feuchten Wasserstoff, Sauerstoff oder Stickstoff überschlagen.

Gleichzeitig mit Liveing und Dewar und unabhängig von diesen untersuchte Huggins³ den an der Luft oder mit Sauerstoff verbrannten Wasserstoff auf photographischem Wege.

Er fand eine grosse Anzahl von ultravioletten Linien, und bestimmte deren Wellenlänge, welche Zahlen in unserer Tabelle angegeben sind.

Später beschäftigten sich nochmals Liveing und Dewar mit dem Spectrum der Oxyhydrogenflamme (Proc. Royal. Soc. 1882, Bd. 33, S. 274; Philos. Transact. 1888. [2] CXXXIX. S. 27) und gaben sorgfältige Messungen der Wellenlängen sammt gezeichneten, sowie photographischen Tafeln dieser Spectralaufnahmen in Partial-Aufnahmen.

Liveing und Dewar benutzten einen Spectrographen mit einem einfachen Calcitprisma und bezogen die Scala für die Wellenlängen des Wasserdampfspectrums auf das Eisenspectrum, die Scala war die Angströmsche. Die Messungen von Liveing und Dewar sind sehr vollständig und erstrecken sich von $\lambda = 426$ bis $\lambda = 227$.⁴

Ferner beschäftigte sich Deslandres mit dem ultravioletten Spectrum des Wasserdampfes;⁵ er brachte Wasser in eine Geisslersche Röhre und erfüllte durch Evacuiren der Röhre dieselbe mit Wasserdampf, durch welchen er den elektrischen Funken schlagen liess. Es tritt gleichfalls das Spectrum der Oxyhydrogenflamme auf, jedoch wird dasselbe bald mit Linien von Wasserstoff und Sauerstoff durchsetzt. Deslandres gab nur die Wellenlängen einiger Hauptlinien der Wasserdampfbanden an, welche in meiner Tabelle einbezogen sind.

Über die Betrachtungen Deslandres, betreffend die Analogie der allgemeinen Structur der Wasserdampfbanden mit dem Absorptionsspectrum des Sauerstoff (tellurische Banden *A*, *B*, α), sowie die Analogie der Wasserdampfbanden mit den ultravioletten Sauerstoffbanden und die daran geknüpfte Betrachtung sei auf die Originalabhandlung verwiesen, da ich in meiner derzeit vorliegenden Abhandlung auf diese Beziehungen nicht näher eingehe.

Der Grund, warum ich trotz der vorliegenden Untersuchungen der genannten Spectroskopiker nochmals das Emissionsspectrum der Oxyhydrogenflamme studirte und eine neue Bestimmung der Wellenlänge vornahm, war ein mehrfacher.

Zunächst war es für meine Untersuchung des Spectrums brennender Kohlenwasserstoffe von Interesse, zu constatiren, ob die im ultravioletten Theile des Lichtes der Kohlenwasserstoffflamme auftretenden Banden

¹ S. Huggins, Compt. rend. 1880, p. 1455.

² On the Spectrum of Water. Proc. Royal Soc. London, Vol. XXX, p. 580.

³ Compt. rend. 1880, Vol. 90, p. 1455; ferner Proc. Royal Soc. London, Vol. XXX. p. 576 (1880); in letzterer Abhandlung sind die Angaben Huggins' vollständiger als in ersterer.

⁴ In Watts' Index of Spectra (1889) ist die Tabelle der Liveing-Dewar'schen Zahlen unvollständig angegeben, da mehrere Bande von längeren Wellenlängen weggelassen sind; es sei deshalb speciell auf die Originalabhandlung (a. a. O.) verwiesen.

⁵ Thèses présentées à la faculté des sciences de Paris. I. Spectres de Bandes Ultraviolet des Metalloides avec un faible dispersion. (Paris 1888, bei Gauthiers-Villars.) Auszug: Compt. rend. Vol. 100, p. 854; Ann. Chem. u. Phys. (6), XIV, 257 (1888).

($H_2 O\alpha, \beta, \gamma$ meiner Tafel I) völlig identisch mit denjenigen des reinen brennenden Wasserstoffes (Oxyhydrogen gebläse) sind, oder ob vielleicht einzelne Gruppen von Kohlenstofflinien in die Wasserbanden hineinlagern — was nur durch neuerliches genaues Anmessen der fraglichen Spectren zu entscheiden war. Ferner fiel mir bei den Abhandlungen Herrn Prof. Grünwald's über „Mathematische Spectralanalyse des Magnesiums in der Kohle“¹ und über „spectralanalytischen Nachweis von Säuren eines neuen Elementes“,² auf dass derselbe bei seinen Berechnungen über die rhythmischen Beziehungen der primären Elemente, in ihren verschiedenen Condensationsformen, zum Wasserspectrum die Huggins'schen Wellenlängen des Wasserspectrums neben den Liveing-Dewar'schen Zahlen in die Rechnung setzte. — Es stimmen aber die für die charakteristischen Linien des Wasserdampfspectrums von Huggins, Deslandres, Liveing und Dewar angegebenen Wellenlängen nicht hinlänglich genau überein. Wenn sich nun aus weiteren Untersuchungen nachweisen liess, dass die Huggins'schen Zahlen nur ungenauere Werthe derselben Hauptlinien des Wasserspectrums sind, als die genaueren Liveing-Dewar'schen, so wären die ersteren aus den Grünwald'schen Tafeln zur mathematischen Spectralanalyse zu streichen und es würden selbstverständlich an den entsprechenden Stellen Lücken in den citirten Tafeln eintreten.

Ferner lag mir daran, ein zusammenhängendes Bild der Structur des Emissionsspectrums des Wasserdampfes zu haben, da ein solches bisher noch nicht vorlag.³ In der That war es mir mit meinem Quarzspectrographen möglich, ein derartiges zusammenhängendes Bild des erwähnten Spectrums zu erhalten, welches auch in Tafel I, Fig. IV und V in Heliogravüre reproducirt ist; allerdings litt die Schärfe (insbesonders bei Fig. V) merklich bei der Reproduction; wenn im Allgemeinen trotz der sich darbietenden Schwierigkeiten die heliographischen Drucke sehr befriedigend ausfielen, so verdanke ich dies der freundlichen Mitwirkung des Herrn Vorstandes von Maschek im k. k. militärgeographischen Institute in Wien, welcher die Heliogravüren ausführte.

Um das Resultat meiner Spectrographien der ultravioletten Wasserdampfbanden der Oxyhydrogenflamme, sowie der Kohlenwasserstoffflamme zu resumiren, ist Folgendes zu bemerken:

Das Emissionsspectrum der blauen Bunsenflamme enthält stets neben dem Swan'schen Kohlenspectrum die Hauptbande des Wasserdampfes sehr deutlich; das Auftreten des schön definirten, aus vielen Linien bestehenden, Bandenspectrums ist sehr bemerkenswerth, da dasselbe in Flammen von relativ so niedriger Temperatur (wie Leuchtgas mit Luft im Bunsenbrenner) bisher noch nicht constatirt wurde.

Allerdings treten selbst bei 24stündiger Belichtung bloß die Hauptbanden $H_2 O\alpha$ und $H_2 O\beta$ hervor, während die stärker brechbaren Wasserbanden (γ und δ) nur beim Zuleiten von Sauerstoff kräftig zum Vorschein kommen; auch werden die Liniengruppen beim Verbrennen der Kohlenwasserstoffe mit hineingepresstem Sauerstoff (bei einem Drucke von 20 cm Quecksilber) viel schärfer als sie bei der gewöhnlichen Bunsenflamme auftreten.

Das Spectrum der Oxyhydrogenflamme ist mit den in brennenden Kohlenwasserstoffen beobachteten identisch und ich konnte keine in die Wasserbanden gelagerten Kohlenstofflinien beobachten.

Was die von Huggins angegebenen Wellenlängen von den Wasserdampfbanden anbelangt, so geht aus der Vergleichung mit meinen Messungen hervor, dass sie nicht selbstständig neben den Liveing-Dewar'schen Zahlen zu gelten haben, sondern dass das Spectrum mit einem Spectrographen von geringerer Leistungsfähigkeit als meinem oder den Liveing-Dewar'schen aufgenommen ist; es lassen sich die von Huggins gemessenen Linien zweifellos in den Liveing-Dewar'schen, sowie in meinen Tabellen wieder erkennen.

Die betreffenden von Prof. Grünwald, auf Grund der Huggins'schen Zahlen aufgenommenen Sonderwerthe von Wasserdampflinien, von welchen eben die Rede war, sind deshalb zu streichen.

¹ Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. Mathem.-naturw. Classe, XCVI. Bd. (Decbr. 1887.) S. 1154.

² Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. mathem.-naturw. Classe, XCVIII. Bd. (1889.) S. 785.

³ Liveing und Dewar nahmen das Spectrum der Oxyhydrogenflamme in mehreren Segmenten auf.

Die von mir ermittelten Wellenlängen des Wasserdampfspectrums sind, wie erwähnt, auf Hartley-Adeney's Wellenlängen des Cadmium, Zink und Blei bezogen.

Dementsprechend machen sich auch bei meinen Messungen gegenüber den Liveing-Dewar'schen Zahlen, Differenzen geltend, welche auf die verschiedene Wahl der Vergleichsspectra und der zu Grunde gelegten Wellenlängen der Metalllinien zurückzuführen ist. Da die von Hartley und Adeney ermittelten Wellenlängen eine grosse Anzahl von genau untersuchten Metallspectren umfasst, welche unter sich völlig vergleichbar sind, so ist eine eventuelle Reduction meiner Zahlen auf andere Bezugsspectren leicht auszuführen.

Emissionsspectrum des Wasserdampfes in Oxyhydrogenflammen, sowie in brennenden Kohlenwasserstoffen.

Hug-gins	Deslan-dres	Liveing und Dewar	Eder	Bemerkungen	Hug-gins	Deslan-dres	Liveing und Dewar	Eder	Bemerkungen
			3552.5	schwach			3321.8	3322.1	schwach
		3324.1	3523.9	sehr schwach			3319.6*	—	—
			3520.0	} schwach			3318.0	3317.8	} schwach
			3514.0				3314.8	3314.5	
			3507.1				3311.4	3311.2	
			3502.8	} ziemlich stark			3310.5	3310.3	} sehr breit; wahrscheinlich doppelt
			3497.6				3308.9*	—	
			3492.7				3307.5	3306.9	
			3490.0	} schwach			3304.9	3304.8	} schwach
			3488.6				—	3300.9	
			3487.1				3298.7	3298.5	
			3484.0	} stark			3295.5	3295.3	} stark
			3479.1				3293.0*	—	
			3476.8				3291.8*	—	
			3473.7	sehr schwach			3290.7	3290.7	
							3289.9	3289.7	
							3286.9	3286.5	
3473			3471.9	3471.4			3285.7	3285.3	} schwach
			3469.6	3469.0			3284.3	3284.2	
			3467.7	3467.3			3282.9	3282.6	
			3465.9	3465.3			3281.2*	—	
							3279.2*	—	
							3278.3	3278.5	
					3276		3276.3	3276.6	} ziemlich stark
							3275.5	3275.2	
							3273.7	3273.9	
							3271.4*	—	
			3458.2	3458.0			3270.0	3270.3	nebelige Linie
			3447.6	3447.7			3268.5	3268.4	
			3444.7	3444.9	3266		3266.4	3265.9	stark
			3442.3	3442.4	3262		3263.6	3263.0	sehr stark
			3439.7	3439.8			3262.5*	—	
			3437.4	3437.6			3260.7*	—	
			3435.4	3435.5			3258.4	3257.9	sehr schwach
			3433.5	3433.9	3256		3256.4	3256.3	
			3431.8	3432.0			3254.8	3254.2	} ziemlich stark
			3428.5	—			3253.2	3253.2	
							3252.0	3251.7	
34295	3427.6		3427.7	3428.6			3250.5	3250.2	schwach
							3249.8	—	
							3248.4	3246.6	} sehr stark
							3243.7	3243.5	
							3242.3	3242.3	
							3240.6	3240.5	sehr schwach
							3237.9	3238.0	stark
							—	3236.6	schwach
							3234.6	3234.7	stark
					3232		3233.2	3233.2	stark
							3230.9†	} 3230.5	} schwach, nebelig
							3230.3†		
					3228		3229.3	3229.1	
									breit

* Schwache Linie. † Sehr schwache Linie.

Hug- gins	Deslan- dres	Living und Dewar	Eder	Bemerkungen	Hug- gins	Deslan- dres	Living und Dewar	Eder	Bemerkungen
3223		3225.9	3226.1	ziemlich stark	3117		3122.2	3121.8	schwach
		3224.6	3224.8				3121.3†	—	
		3222.8	3223.1				3119.2	3119.0	
		3221.0	3221.3				3117.4	3117.2	sehr stark
3217.5		3220.0	3220.2	stark			3116.6	3116.4	
		3217.5	3217.9				3114.3	3114.3	schwach
		3215.9	3216.4	schwach	3111		3112.8	3112.7	
		3214.4†	—				3111.5	3111.5	stark
3211		3213.1	3213.2	sehr stark			3109.7	3109.4	
3207.5		3212.0†	—				3108.8	3108.6	schwach
		3209.7	3209.9	sehr stark	3105		3107.0	3106.9	
		3208.1†	—				3106.0	3105.9	
		3205.7†	—				3105.3	3105.3	stark
		3203.5	3203.8				3102.7	3102.6	
3201		3201.9	3202.2	stark			3101.6	3101.0	schwach
3198		3200.4	3200.7		3099		3100.6	—	
3192.5		3198.7	3198.9				3099.6	3099.0	
3189		3194.5	3194.8	sehr stark			3098.3	3098.1	
		3191.9	3191.7				3096.3	3096.0	ziemlich stark
		3191.3*	—		3095		3095.8	3095.0	
		3187.6	3187.8	sehr schwach			3094.8	3094.3	
3184		3185.6	3185.5				3094.2	3093.7	
		3182.6	3183.3				3092.0	3092.3	ziemlich stark
		3181.0	3181.5	stark	3090		2090.6	3090.7	schwach
3180		3179.6	3180.8				3089.8	3089.4	sehr stark; charakteristisch;
		—	3179.4				3089.3	—	am stärksten nebst der End-
		3177.2	3177.0				3086.7	3086.7	linie
3175		3174.6*	—		3085		3085.8†	—	schwach
		3174.0	3174.0	stark			3084.6	3084.7	
		3172.8	3172.4	schwach			3082.6	3082.7	schwach
3171		3169.1	3168.8	stark			3081.0	3081.1	
3167		3166.0	3165.4	ziemlich stark	3080		3079.3	3079.7	sehr stark
3163		3163.9	3163.6				3077.9	3078.2	
		3162.8*	—				3076.6	3076.7	schwach
		3161.5	3161.0	ziemlich stark			3074.4	3074.6	sehr schwach
3159.5		3160.3	3160.4		3073		3073.8	3074.0	Hier beginnt ein
		3158.0	3157.5	stark			3072.6†	3172.4	continuirliches
		3157.3*	—				3071.5	3071.7	Spectrum, wel-
		3156.4	3156.0	stark			3070.0	3069.9	ches sich über
3156		3154.0	3153.6	sehr stark	3068		3068.2	3068.0	die ganze Linie
		3152.7*	—				3067.2	3067.4	des Bandes er-
3152		3151.7	3151.0	sehr schwach			3065.5	3066.3	streckt.
		3150.6	—				3064.6	3064.8	
		3149.5	3149.4	schwach	3062		3063.9	3064.5	
3149		3148.0	3148.4	stark			3063.3	3063.8	sehr stark, charakteristische
		3146.9	3146.3	sehr stark			—	—	Grenzlinie des Bandes ge-
3145		3145.1*	—				—	—	gen das ultraviolette Ende.
3142.5		3143.5	3143.3	sehr stark, Ende eines Seg- mentes			—	—	Es folgt ein schwaches
		3142.5*	—				—	—	continuirliches Spectrum.
		3141.5*	—				—	—	
3139		3140.3	3139.7	schwach			—	—	
		3139.4*	—				—	—	
		3138.7	3138.3	schwach			—	—	
3135		3137.4	3137.3	sehr schwach			—	—	
3133		3136.3	3135.8	sehr stark			—	—	
		3133.7	3133.4	stark			—	—	
		3132.6	3132.5	schwach			—	—	
3130		3130.8	—				—	—	
3127		3129.9	3129.7				—	—	
		3127.8	3127.5	sehr stark			—	—	
		3127.3	—				—	—	
		3126.0	3126.2	schwach			—	—	
		3124.5	3124.4				—	—	
3122.5		3123.5	3123.4	stark			—	—	

* Schwache Linie. † Sehr schwache Linie.

Wasserdampfbande β.

(Kommt nur bei 4—5 mal längerer Belichtung als das Wasserband α zum Vorschein.)

3057.5	3057.4	3057.6	ziemlich starke Linien in
3051	3052.7	3052.6	regelmässigen Entfernun-
3046	3048.3	3048.0	gen, welche gegen die
3042	3043.9	3043.8	brechbarere Seite des Spec-
3039	3039.9	3040.0	trums schwächer und enger

Hug-gins	Deslan-dres	Living und Dewar	Eder	Bemerkungen	Hug-gins	Deslan-dres	Living und Dewar	Eder	Bemerkungen
3031		3036.4	3036.1	werden. In der weiteren Folge mischen sich starke und schwache Linien wieder in verschiedener Vertheilung	2940		2940.3		
3029		3033.1	3032.9				2938.5	2938.3	
		3030.3	3030.9				2937.8		stark
		3027.6	3027.1				2937.2	2937.3	
		3025.2	3024.9				2936.5	2936.4	
		3023.4	3023.2		2935.5		2935.2	2934.7	ziemlich stark
		3022.5	3022.4		2932.5		2933.5	2933.2	stark
		3022.0	3021.6	sehr schwach			2931.0	2930.8	ziemlich stark
		3021.4	3021.0		2929		2929.9	2930.1	
3019.5		3020.9	3020.8				2927.6	2926.9	
		—	3018.7				2927.1	2926.0	
3017		3016.6	3015.8	sehr stark	2925.5		2926.3	2926.0	stark
3013		3012.9	3012.8	breit, ziemlich stark			2924.8	2924.4	
3010		3008.8	3008.1				2924.4	2923.7	
		3008.2†	—				2923.8*	—	
3005		3005.6	3005.6	ziemlich stark	2922.5		2921.5	2921.6	stark
		3005.0	3004.9				2919.8	2919.8	schwach
3002		3001.9	3001.3	ziemlich stark	2917.5		2918.5	2918.4	sehr stark
		2998.7	2998.3	schwach			2918.2*	—	
2999		2997.8	2997.2	stark			2916.3	2916.4	
		2996.6	2996.3				2915.7	2915.5	
2994		2994.8	2994.5	schwach	2913		2913.5	2913.3	stark
		2992.9†	—				2912.9	2912.6	
2991		2991.7	2991.7				2911.4	2911.2	
2989		2990.5	2990.3		2910		2909.4	2909.4	schwach
		2988.5	2988.9	ziemlich stark			2908.3	2908.4	
		2987.2	2987.2		2907		2907.3	2907.0	stark
		2985.7	2985.2				2906.6	2906.5	schwach
		2983.8	2983.8				2906.0	—	
		2982.9	—		2904		2903.7	2903.8	sehr stark
		2982.2	2982.4	schwach			2902.5	2902.7	schwach
2981		2980.2	2980.0				2900.9	2900.8	
		2979.4	2978.9	ziemlich stark			2900.2	2900.1	stark
		2977.8	2977.5	stark			2899.5	2899.3	
2975.5		2975.1	2974.6	sehr stark			2898.8*	—	
		2973.9†	—				2898.1	2897.9	
		2972.2	2972.8	sehr schwach	2897		2897.6	2897.3	schwach
		2971.1	—				2897.1?	—	
2970.5		2970.7	2970.6	schwach	2895		2896.1	2895.6	schwach
		2970.0	2969.8				2894.2*	—	
		2968.5	—				2893.5	2893.4	sehr schwach
		2968.0	2068.1	ziemlich stark nebelig	2892		2892.9	2892.6	sehr stark, charakteristisch
2967.5		2967.1	—				2890.8	—	
		2966.5	2966.6				2890.2	2890.4	
2966		2965.5	2965.0				2889.8	—	
		—	2963.7				2889.2	2889.6	
		2962.9	2962.4	schwach			2888.5	2888.4	sehr schwach
		2962.1	2961.6		2887.5		2887.5	2887.3	ziemlich stark
2959		2960.0	2959.5				2886.3	—	
		2958.9	2958.4				2886.1	2886.2	schwach
		2957.1	—				2885.3	2885.1	sehr stark
		2956.3	2956.3	stark, nebelig			2881.2*	—	
2955		2955.5	2955.2		2883		2882.5	2882.8	ziemlich stark
		2954.5	2954.0	schwach			2881.8	2881.9	schwach
		2953.2	—				2881.1	2880.8	
		2952.5	2952.5		2880		2880.3	2880.1	sehr schwach
2951		2951.7	2951.3	ziemlich stark			2878.3	2878.2	sehr stark
		2951.2	—				—	2876.7	sehr schwach
		2950.7	2949.9		2876		2875.8	2875.5	stark
		2950.1	—				2875.0	2874.5	
2947		2948.5	2947.9	schwach	2872.5		2871.9	2871.6	sehr stark
		2947.5	2947.1	sehr stark			2871.5	—	
		2946.8	—		2869.5		2869.5	2870.0	
		2945.2	2944.6	stark			2868.3	2868.8	
2943		2944.2	2943.7	schwach			2866.0	2866.0	stark
		2940.6	2940.0	stark			2865.5†	—	

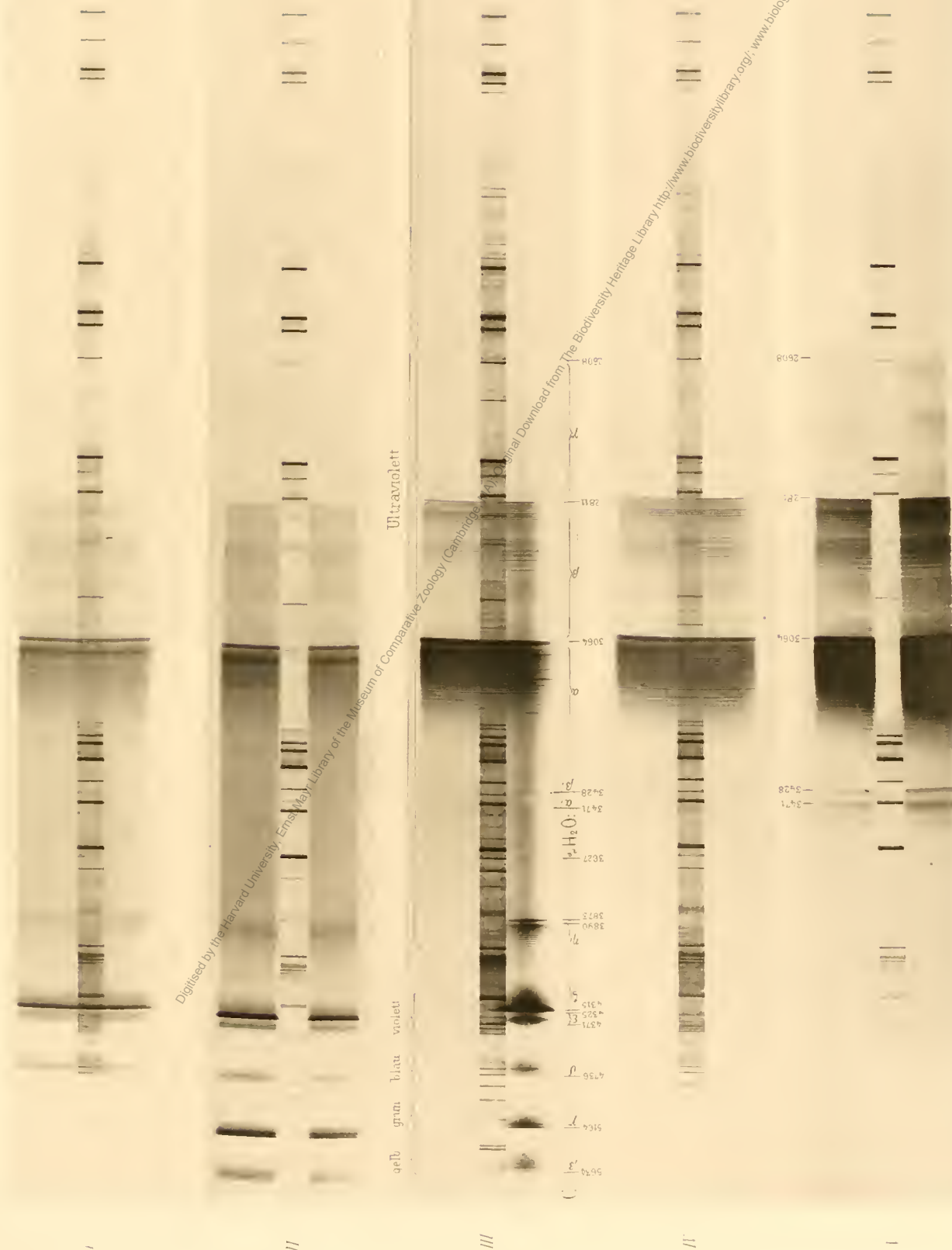
* Schwache Linie. † Sehr schwache Linie.

¹ Von diesem Bande des Emissionsspectrums des Wasserdampfes bestimmte ich blos jene stärkeren Linien, welche einer Belichtungs-Dauer zum Vorschein kommen, die das Wasserband β in allen schwachen Linien zu photographiren gestattet. Die bei Living und Dewar angegebenen schwächsten Linien sind in der vorstehenden Tabelle weggelassen.

[illegible]

¹ Es sind hier nur die stärkeren Linien gemessen und mit der correspondirenden von Liveing und Dewar gemessenen verglichen worden.

J. M. Eder: Emissionsspectrum schwach leuchtender Kohlenwasserstoff- und Oxyhydrogen-Flammen.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Denkschriften der Akademie der Wissenschaften.Math.Natw.Kl. Frueher: Denkschr.der Kaiserlichen Akad. der Wissenschaften. Fortgesetzt: Denkschr.oest.Akad.Wiss.Mathem.Naturw.Klasse.](#)

Jahr/Year: 1890

Band/Volume: [57](#)

Autor(en)/Author(s): Eder Josef Maria

Artikel/Article: [Das sichtbare und das ultraviolette Emissionsspectrum schwachleutender verbrennender Kohlenwasserstoffe \(Swan'sches Spectrum\) und der Oxy-Hydrogenflamme \(Wasserdampf- spectrum. \(Mit 1 Tafel und 8 Textfiguren.\) 531-558](#)