

## H. Ebert: Optische Mittheilungen.

### 1. Ein Spectograph mit einem Hohlspiegel.

Bei der ausserordentlichen Vervollkommnung der photographischen Technik, die für alle Theile des Spectrums Platten von hoher Empfindlichkeit zur Verfügung stellt, gewinnt die Methode der direkten photographischen Aufzeichnung bei allen spectroscopischen Arbeiten immer mehr und mehr Bedeutung, namentlich nachdem in den letzten Jahren die Kunst ausserordentlich regelmässige Liniengitter auf Spiegelmetall zu ritzen, einen so grossen Aufschwung genommen hat. Bei der Benutzung eines ebenen Spiegelgitters zur Zusammenstellung eines grossen Spectralapparates erhöht man die Leistungsfähigkeit dieses Hilfsmittels, wenn man die Anwendung von Linsen vermeidet; denn einmal macht man sich frei von der Absorption des Linsenmaterials, andererseits umgeht man die Schwierigkeiten, welche durch die chromatische Abweichung der brechenden Medien bei der Handhabung des Spectrographen verursacht werden, die namentlich in den unsichtbaren Theilen des Spectrums zu grossen Unzuträglichkeiten führen. Man hat sich daher ausschliesslich der Verwendung von Reflexionen an Hohlspiegeln zugewendet. W. Abney hat einen Spectrographen mit einem ebenen Gitter und zwei Spiegeln construiert. Indessen ist es möglich einen sehr wirksamen Spectrographen schon aus einem Hohlspiegel, der mit dem Spiegelgitter in geeigneter Weise verbunden ist, zu construiren. So habe ich ein Herschel'sches Spiegelteleskop, welches einen Spiegel von 120 cm Brennweite und 15 cm freier Oeffnung besitzt, mit einem Rowland'schen ebenen Spiegelgitter von  $3\frac{1}{2}$ — $4\frac{1}{2}$  cm getheilte Fläche in folgender Weise zu einem Spectrographen zusammengesetzt:

An Stelle des seitlich dicht neben der Hauptöffnung des Spiegelteleskops angebrachten Oculares wurde die Spaltvorrichtung befestigt, um die Brennweite des Hohlspiegels von diesem entfernt. Die von dem Spalt ausgehenden Strahlen fielen nahezu senkrecht auf den Hohlspiegel und wurden als parallele Strahlen nach dem vor der Hauptöffnung des Fernrohres unter einer nach aussen lichtdicht geschlossenen Kappe stehenden Flachgitter reflectirt. Die gebeugten Strahlen einer bestimmten Wellenlänge verlassen das Gitter unter sich parallel. Von den nach allen Seiten hin gebeugten Strahlenbündeln gelangt eine Reihe so wieder auf den Hohlspiegel, dass sie zu deutlichen Spaltbildern neben dem Spalte vereinigt werden. Zwischen dem Spalt und dem Gitter wird, vor Seitenlicht durch vorspringende Schirme geschützt, in der Fokalfläche des Hohlspiegels die photographische Platte in einer einfachen Casettenvorrichtung aufgestellt. Es entsteht auf ihr ein scharfes objectives Spectrum. Durch Drehen des Gitters um seine Vertikalaxe kann man jede beliebige Stelle des Spectrums auf die Platte bringen.

Dieser Spectrograph, bei dem die Zahl der Bestandtheile auf ein Minimum herabgesetzt ist, kann verwendet werden :

a) zur photographischen Aufnahme aller Theile des Spectrums. Schliesst man die Spaltöffnung durch eine dünne aufge kittete Quarzplatte luftdicht ab, so kann man, da der Apparat leicht so hergestellt werden kann, dass er überall hermetisch schliesst, ihn auspumpen und sich dadurch auch von der Absorption durch die Luft frei machen. Dieses Arbeiten im evacuirten Raume empfiehlt sich bei Verwendung von Hohlspiegeln von sehr grosser Brennweite.

b) zur Demonstration der Spectra. Schiebt man an Stelle der Platte die matte Glasplatte, Fixirscheibe, in den Casettenrahmen, so erblickt man auf derselben die Linien, bei meinem Apparat z. B. schon im Spectrum erster Ordnung die D-linien des Sonnenspectrums weit getrennt. Ersetzt man die Fixirscheibe durch eine Uranglasplatte, so kann man auch die Ausdehnung des ultravioletten Spectrums einem weiteren Kreise zeigen.

c) als Illuminator. Man bringt an Stelle der Platte eine Spaltvorrichtung an und blendet durch diese eine beliebige Linie aus dem Spectrum heraus und verwendet das homogene Licht derselben zur Beleuchtung irgend eines anderen Apparats. Dabei ist die compendiöse Gestalt des ganzen Apparates, der in einer einfachen Röhre Platz findet, sowie besonders der Um-

stand von wesentlichem Vortheil, dass sich beim Uebergang von einer Linie zu irgend einer anderen die Focusirung nicht ändert.

## 2. Ueber das Absorptionsspectrum des Jods.

Durch verschiedene Beobachtungsreihen ist die Annahme, die wir allen weiteren Schlussfolgerungen zu Grunde legen, bestätigt worden, dass die Menge des von einem Körper absorbirten Lichtes der Zahl der auf der Längeneinheit von dem durchsetzenden Lichtstrahl angetroffenen Molecülen entspricht, also abhängt, sowohl von der Dichte, als der Dicke der absorbirenden Schicht. Ist  $J$  die Intensität des einfallenden Lichtes, so ist die Quantität des durch einen absorbirenden Körper hindurchgegangenen Lichtes gleich  $Je^{-\alpha z}$ , wo  $z$  sowohl der Dichte  $\delta$  wie der Dicke  $d$  proportional ist. Sind diese selbst oder  $\alpha$  klein, so kann man sich bei den Betrachtungen in der für die Exponentialfunction geltenden Reihenentwicklung auf das erste Glied beschränken und die Intensität des durchgegangenen Lichtes gleich  $J(1-\alpha z)$  setzen.  $J\alpha z$  ist die Menge des absorbirten Lichtes; dieselbe ist unter dieser Voraussetzung proportional mit der Dichte und der Dicke der absorbirenden Schicht.<sup>1)</sup>

Bis vor Kurzem ist das angenäherte Zutreffen dieser Proportionalität fast immer in der Weise geprüft worden, dass man Farbstoffe in Lösungen von verschiedener Concentration mit einander verglich; der Einfluss des Lösungsmittels zwischen den einzelnen absorbirenden Molecülen wurde dabei vernachlässigt. Nur bei einem von Bunsen herrührenden Versuche ist der Satz für ein Gas geprüft worden; derselbe fand sich für Chlorgas bestätigt.

Um so auffallender ist es, dass Janssen in neuester Zeit bei dem Sauerstoff ein hiervon abweichendes Gesetz fand. Bei dem von ihm als zweites Bandenspectrum bezeichneten Absorptionsspectrum, soll, wie er angibt, die Intensität der Absorption wachsen: »proportional der Dicke der durchlaufenen Schicht, aber proportional dem Quadrate der Dichte.«

Es war von Interesse zu untersuchen, in welcher Weise sich andere Gase oder Dämpfe in dieser Beziehung verhalten. Ich habe zunächst den Joddampf auf sein Absorptionsvermögen in verschiedenen Theilen des Spectrums photometrisch untersucht.

1) Bei der Berechnung der unten mitgetheilten Zahlenwerthe ist übrigens von dieser Vereinfachung nicht Gebrauch gemacht worden.

In vollkommen trockene Glasgefäße von ca.  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{3}{4}$  Liter Inhalt wurden abgewogene Mengen von Jod, die in sehr dünnwandigen kleinen Glasröhrchen eingeschlossen waren, gebracht und dann die Glasgefäße so weit als möglich evacuirt und zugeschmolzen. Die Glasgefäße hatten meist kugelförmige Gestalt; sollten Schichten von grösserer Dicke untersucht werden, so wurden zwei Glaskugeln an die Enden eines cylindrischen Verbindungsstückes angeschmolzen. Durch Schütteln wurden die Glasröhrchen zertrümmert und die Joddämpfe verbreiteten sich im ganzen Raume, wenn die Gefäße auf eine gewisse Temperatur gebracht wurden, was in einem Luftbade geschah. Auf diese Weise war die Temperatur und die Dichte bekannt. Zur Controle der Abwägungen sind die Jodmengen sämmtlicher Kugeln nach dem Versuche nochmals titrimetrisch bestimmt worden. Als Lichtquelle diente eine sehr constant brennende Petroleumlampe mit Rundbrenner, deren Strahlen die Jodgefäße parallel durchliefen. Das benutzte Photometer war ein Glan'sches. Zur Vergleichung wurde ein seitlich austretendes Strahlenbündel der das zu absorbirende Licht selbst liefernden Lampe benutzt, welches nach zweimaliger Spiegelung auf das Vergleichprisma traf; auf diese Weise war man von event. Schwankungen der Lichtquelle unabhängig.

Zur Controle der zu erreichenden Genauigkeit wurden zuerst Kugeln von verschiedenem Durchmesser untersucht, bei denen in der Volumeneinheit die gleichen Mengen enthalten waren, bei denen also nur die Dicke der Schicht verschieden war. Die Schwächungen mussten sich wie die Dicken verhalten, die aus den Bestimmungen an verschiedenen Kugeln berechneten Absorptionscoefficienten mussten gleich sein. Die Uebereinstimmung der erhaltenen Zahlen war eine befriedigende. Z. B. waren die aus zwei Gefässen, bei denen sich die durchlaufenen Schichten wie 1 : 2,5 verhielten, für die Stelle  $\lambda = 510 \mu\mu$  im Grün erhaltenen Absorptionscoefficienten einer Joddampfschicht, welche in 1 ccm 0,04 mgr Jod enthält, gleich 0,500 und 0,523 gefunden worden.

In allen Fällen zeigte sich ferner, dass mit steigender Temperatur das Absorptionsvermögen nicht constant bleibt, sondern im allgemeinen in den untersuchten Spectralbezirken mit steigender Temperatur abnimmt und zwar erst ziemlich schnell und dann immer langsamer und langsamer. Dies zeigen z. B. die folgenden Zahlen:

Temperatur:	147°	195°	239°
Differenz:	48	44	
Absorption:	0.955	0.936	0.928
Differenz:	— 19	— 8	

Diese Zahlen gelten für eine Stelle im Grünblau mit  $\lambda = 500 \mu\mu$ .

Diese Beobachtungen führen also in Uebereinstimmung mit anderen Erfahrungen über diesen Körper zu der Annahme, dass der Joddampf zunächst aus Molecülen von complicirterem Aufbau besteht, etwa aus Molecülen  $(J_2)_n$ , die sich erst allmählich bei weiter gesteigerter Temperatur in einfachere Atomcomplexe dissociiren. Bei dieser Lockerung der grösseren Molecülgruppen ändern sich aber, wie die photometrischen Bestimmungen zeigen, wenigstens im sichtbaren Theile des Spectrums, die die Lichtschwingungen regelnden Kräfte derart, dass die Absorption gleicher Mengen geringer wird. Vergleicht man indessen die verschiedenen Spectralregionen in Bezug auf das Verhalten der Absorption bei verschiedenen Temperaturen miteinander, so erkennt man, dass die genannte Aenderung verschieden stark bei den verschiedenen Farben sich geltend macht. Sie ist für die blauen Strahlen viel stärker, als für die grünen. Dissociirt sich also ein grösserer Molecülcomplex, so nimmt die Absorption der brechbareren Strahlen sehr viel rascher ab, als die der weniger brechbaren, das zusammengesetztere Jodmolecül absorhirt also relativ viel mehr blaue Strahlen im Vergleich zu den grünen, als das einfachere. Eine Joddampfschicht, welche vorwiegend aus grossen Complexen von Einzelmolecülen besteht, muss also im durchfallenden Lichte mehr einen braunen Farbenton haben, eine Schicht, die aus dissociirten einfacheren Molecülen besteht muss bei derselben Jodmenge in der Volumeneinheit violetter erscheinen.

Diess stimmt vollkommen überein mit den Beobachtungen, welche E. Wiedemann<sup>1)</sup> an Lösungen von Jod in Schwefelkohlenstoff angestellt hat. Bei gewöhnlicher Temperatur zeigen diese Lösungen die violette Färbung der Joddämpfe. Kühlt man indessen eine solche Lösung stark ab und führt dadurch die Zusammenschaarung zu complicirteren Molecülcomplexen herbei, so nimmt sie die braune Färbung des geschmolzenen Jodes an.

1) E. Wiedemann, Sitzber. physikal. med. Soc. Erlangen. 7. März 1887.

Bemerkt sei noch, dass bei allen Versuchen die Joddampf-atmosphäre so weit von ihrem Sättigungspunkt entfernt war, dass Störungen in Folge theilweis eintretender Condensation nicht zu fürchten waren; die in die einzelnen Ballons eingewogenen Jodmengen waren auf Grund der Spannkrafts-Tabellen von Ramsay und Young so bemessen worden, dass man es bei allen Versuchen mit überhitzten Dampfatmosphären zu thun hatte.

Wurden endlich Kugeln mit einander verglichen, in denen die Dichten verschieden waren, so zeigten sich stets sehr grosse Abweichungen von dem Janssen'schen Quadratgesetz. Indessen schliessen sich die gefundenen Zahlenwerthe auch dem Proportionalitätsgesetze nicht vollkommen an. Es scheint als ob die Veränderung der Dichte und damit der Zahl der Zusammenstösse in der Volumeneinheit einen gewissen Einfluss auf die Absorptionsfähigkeit der Dämpfe ausübt; welcher Natur dieser Einfluss ist, soll durch eine Versuchsreihe genauer ermittelt werden, bei der eine intensivere Lichtquelle benutzt wird, wodurch die Verwendung dichterter Dampfatmosphären ermöglicht ist.

Da man bei der hier getroffenen Versuchsanordnung immer mit genau abgewogenen Jodmengen, die bekannte Volumina unter genau angebbaren Bedingungen vollkommen und gleichförmig erfüllen, zu thun hat, so gestatten die erhaltenen Zahlen auch die von dem einzelnen Molecül in den betreffenden Spectralbezirken absorbirte Energiemenge in absolutem Maasse zu berechnen, gerade wie Herr E. Wiedemann die von Natriumdämpfen emittirte in absolutem Masse bestimmt hat. Die Mittheilung der definitiven Zahlen möchte ich einer späteren Publication vorbehalten.

### 3. Ueber das Leuchten der Flammen.

Angeregt durch die Untersuchungen von Herrn Prof. Eilh. Wiedemann über die Mechanik des Leuchtens<sup>1)</sup> habe ich die Emission der Flammen im Ultraviolett mit specieller Berücksichtigung ihrer Temperatur einer näheren Prüfung unterworfen. Es handelt sich dabei darum, zu entscheiden, ob die Lichtemission der Flammen auf ein Glühen zurückzuführen ist, oder ob wir hier nicht vielmehr Prozesse von der Beschaffenheit als Ursache der Strahlung ansehen müssen, für welche von Eilh.

---

1) Eilh. Wiedemann, Wied. Ann. **37**, p. 177, 1889.

Wiedemann die Bezeichnung »Luminescensprocesse« eingeführt worden ist.

Wir schreiben nach den gewöhnlichen Vorstellungen eine intensive Strahlung im Ultraviolett einem Glühen bei sehr hoher Temperatur zu; daher mussten gerade diese äussersten Partien des Spectrums sich zu einer derartigen Entscheidung besonders eignen.

Für die gewöhnlichen Kohlenwasserstoffflammen ist mir der Nachweis bereits gelungen, dass wir hier im Wesentlichen wohl nur Luminescens vor uns haben und nur in untergeordnetem Maasse eine Strahlung durch Glühen erzeugt wird.

Bekanntlich kann man eine leuchtende Gasflamme nicht nur dadurch entleuchten, dass man ihr hinlänglich viel Luft zuführt, sondern auch dadurch, dass man sie mit Kohlensäure speist. Während aber im ersten Falle ihre Temperatur zunimmt, wird sie im zweiten Falle sehr stark herabgesetzt. Wurden nun solche »heisse« und »kalte« Flammen unter genau identischen Bedingungen hergestellt und von beiden mittelst eines Quarzprismas und einer Quarzlinse je ein Spectrum nebeneinander auf derselben Platte bei der gleichen Expositionszeit photographirt, so zeigten sich bei beiden Lichtquellen die bekannten ultravioletten Kohlebanden und zwar in beiden Spectren von derselben Intensität. Dabei betrug aber die Temperatur der kalten Flamme weniger als die Hälfte von derjenigen der heissen, also circa  $500^{\circ}$ , wie durch ein aus sehr feinen Drähten, die nur sehr wenig Wärme ableiten konnten, bestehendes Thermoelement nachgewiesen wurde.

Die ausserordentlich starke Strahlung im Ultraviolett kann also unmöglich der Temperatur der Flamme zugeschrieben werden, wir müssen sie als Luminescensphänomen deuten.

Welche weitere Consequenzen hieraus folgen, werde ich in einer späteren, ausführlichen Mittheilung entwickeln; vorläufig soll die Untersuchung auf andere Leuchtprocesse ausgedehnt werden, bei denen der Reichthum an ultravioletten Strahlen nicht im normalen Verhältniss zur Leuchttemperatur zu stehen scheint.

#### 4. Ueber die Anwendung des Doppler'schen Principes auf leuchtende Gasmolecüle.

Vor einiger Zeit habe ich über eine Reihe von Messungen berichtet, welche die Prüfung der Consequenzen zum Gegenstande hatten, zu denen wir nach dem Doppler'schen Principe

geführt werden, wenn wir dasselbe auf die in einem leuchtenden Gase sich bewegenden Molecüle anwenden.<sup>1)</sup>

Die Messungen schienen zu zeigen, dass jene Consequenzen im Widerspruche mit der Erfahrung stehen. Dabei muss es für diese Anwendungen des Doppler'schen Principes offenbar gleichgültig sein, ob wir das von den Molecülen selbst ausgesandte Licht in's Auge fassen, oder die Absorption, die sie auf einen über sie hingehenden Wellenzug ausüben, da sonst die allgemeinsten mechanischen Principien nicht mehr gelten würden.<sup>2)</sup>

Mittlerweile bin ich auf Grund ganz anderer Betrachtungen zu demselben Resultate gelangt. Man kann aus dem sehr kleinen Abstände zweier Linien des Sonnenspectrums, die wir noch trennen können, mit Rücksicht auf die Sonnentemperatur auf die Nichtanwendbarkeit des Doppler'schen Principes auf die Molecüle der Sonnenatmosphäre schliessen. Wählt man unter allen Angaben über die Sonnentemperatur die niedrigste aus, so ergiebt sich nach dem Doppler'schen Principe ein Minimalwerth für die Breite der Fraunhofer'schen Linien. Zwei Linien, deren Mitten um weniger als diesen Werth von einander abstehen, könnten offenbar durch keinen noch so stark dispergirenden Spectralapparat mehr getrennt werden. Nun ist aber der Abstand von Linien, deren Trennung mit Sicherheit gelungen ist, in vielen Fällen weit geringer als jener nach dem Doppler'schen Princip sich ergebende Minimalbetrag.

Die Mittheilung des Zahlenmaterials, sowie ein Versuch einer Deutung dieses abweichenden Verhaltens des leuchtenden Molecüles von der den Raum durchschreitenden Welle soll später folgen; dieselbe stützt sich auf das verschiedene Grössenverhältniss zwischen den Amplituden der Schwingungen und den Wegen, welche ein Molecül während einer solchen zurücklegt. Auch auf einige Bemerkungen, die von Lord Rayleigh über meine Ausführungen gemacht worden sind, gedenke ich später ausführlicher zurückzukommen.

---

1) H. Ebert, Wied. Ann. **36**, p. 466, 1889.

2) Die Anwendbarkeit des genannten Principes auf die Bewegung der ganzen leuchtenden Massen wird durch meine Betrachtungen natürlich nicht berührt.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Physikalisch-Medizinischen Sozietät zu Erlangen](#)

Jahr/Year: 1889-1891

Band/Volume: [21](#)

Autor(en)/Author(s): Ebert Hermann

Artikel/Article: [Optische Mittheilungen. 1-8](#)