

herzustellen, deren Momente bis auf 1 Proc. übereinstimmen. Die permanenten Momente der Stäbe, mit welchen W. Weber den von der Lage zur Erde abhängigen Theil des Magnetismus untersuchte, verhielten sich wie 190:191. Schwieriger scheint es mir zu sein, diese Uebereinstimmung auf die Dauer zu erhalten. Dass unter gewissen Voraussetzungen ein Kreuzmagnet durch zwei gleiche Stäbe in gleichen Abständen diesseits und jenseits des Magnetometers vertreten werden kann, braucht wohl kaum erwähnt zu werden.

---

VII. *Spectroskop mit phosphorescirendem Ocular;  
Beobachtungen über Phosphorescenz;*

von E. L o m m e l.

(Hierzu Taf. VII Fig. 17–19.)

---

Um die Einwirkung der verschiedenen Strahlengattungen des Spectrums und insbesondere der ultrarothten Strahlen auf phosphorescirende Körper bequem und selbst an kleinen Mengen Substanz beobachten zu können, habe ich folgende Einrichtung getroffen. Das Ocularrohr eines gewöhnlichen Bunsen-Steinheil'schen Spectroskopes ist an beiden Seiten in der Ebene, in welcher sich sonst das Fadenkreuz befindet, aufgeschlitzt. Durch die Schlitzte wird ein rechteckiges Mikroskopdeckgläschen wie ein Schieber eingeschoben. Die untere Hälfte des Deckgläschens wird ganz dünn mit Balmain'scher Leuchtfarbe bestrichen. Andere Substanzen, welche sich nicht wie eine Anstrichfarbe behandeln lassen, werden feingepulvert möglichst gleichmässig in dünner Schicht auf ein solches Deckgläschen gesiebt, dann wird ein zweites Deckgläschen von gleicher Länge aber nur halber Höhe auf die untere Hälfte des ersteren gelegt, sodass die dünne Pulverschicht zwischen den beiden Deckgläschen festgehalten wird; diese werden an den Rändern miteinander verkittet, und von der oberen unbedeckt gebliebenen Hälfte des so entstandenen Schiebers wird das überflüssige Pulver weg- gewischt. Selbstverständlich kann auch die Balmain'sche Leuchtfarbe in dieser Weise in Pulverform angewendet werden.

Die Spaltfläche des Spectroskopes wird mit einem Stanniolblatt bedeckt, in welches eine rechteckige Oeffnung von etwa 4 mm Höhe eingeschnitten ist, die so gestellt wird, dass die untere Hälfte des Spaltes ganz verschlossen, und nur von seiner Mitte an nach oben eine Strecke von 4 mm frei ist. Diesem freien Theile des Spaltes entsprechend, wird in der unteren Hälfte des Gesichtsfeldes ein oben von dem horizontalen Durchmesser des letzteren begrenztes Spectrum entworfen. Obgleich dasselbe den phosphorescirenden Schieber auf seiner von dem Auge abgewendeten Vorderseite trifft, so wirkt es doch durch die ganze dünne Schicht der phosphorescirenden Substanz hindurch, und man sieht, nachdem die einfallenden Strahlen abgehalten sind, die bewirkte Erscheinung auf der dem Auge zugewendeten Rückseite des Schiebers ebenso gut, als wenn man die Vorderseite betrachten würde. Gleichzeitig wird die Scala, wenn man dieselbe beleuchtet, längs dem horizontalen Durchmesser des Gesichtsfeldes durch die obere unbedeckt gebliebene Hälfte des Deckgläschens gesehen und erlaubt, die Einzelheiten der Erscheinung messend zu verfolgen.

Bekanntlich wird das Phosphorescenzlicht, nachdem es durch die brechbareren Strahlen erregt worden ist, durch die weniger brechbaren und namentlich durch die ultrarothern Strahlen zunächst zu hellerem Aufleuchten angefacht und sodann ausgelöscht. Es entsteht daher auf dem schwach phosphorescirenden Grunde des Auffangschirmes zuerst ein helles (positives) und später ein dunkles (negatives) Bild jener Theile des Spectrums, welche diese anfachende und zugleich auslöschende Wirkung ausüben.

Wir wollen uns mit diesem dunkeln Spectralbilde zunächst beschäftigen.

Wird der mit Balmain'scher Leuchtfarbe bestrichene (oder bestreute) Schieber, nachdem er zuvor mit Tageslicht beleuchtet und dadurch ziemlich stark phosphorescirend gemacht ist, in das Spectroskop eingeschoben und der offene Theil des Spaltes mit Sonnenlicht, welches man, um eine stärkere Wirkung zu erzielen, noch mittelst einer Linse concentriren kann, einige Minuten lang beleuchtet, so sieht

man, nachdem das einfallende Licht abgeschlossen worden, zunächst den von den violetten Strahlen getroffenen Theil des Schiebers heller leuchten als den schwächer phosphorescirenden Grund; von dem grössten Theile des übrigen Spectrums aber entwickelt sich ein dunkles Bild auf hellem Grunde. Dieses dunkle Spectralbild ist ausgezeichnet durch zwei dunkle Streifen im ultrarothem Gebiet (s. Fig. 17, welche die mittlere Zone des Gesichtsfeldes mit dem Bilde des Spectrums darstellt); der erste weniger brechbare Streifen, welcher, wenn die Scala mit dem Theilstrich 100<sup>1)</sup> auf die *D*-Linie eingestellt ist, von 51 bis 57 reicht, erscheint tiefschwarz, der zweite, von 63 bis 72 sich erstreckend, ist weniger dunkel. Vor dem ersten Streifen nach der Seite geringerer Brechbarkeit hin ist die Verdunkelung nur noch sehr schwach und erstreckt sich nicht weit; die übrigen Theile des dunkeln Spectralbildes heben sich aber kräftig ab von dem helleren Grunde, selbst der hellere Zwischenraum zwischen den beiden dunkeln Streifen; hinter dem zweiten Streifen ist es wieder etwas heller, jedoch nicht so hell wie in jenem Zwischenraum; dann nimmt die Dunkelheit zu, erreicht eine ziemlich tiefe Schwärze in der von den gelben und grünen Strahlen getroffenen Region und verliert sich etwa bei 155 ( $F\frac{1}{2}G$ ) allmählich in einen neutral gebliebenen Zwischenraum, welcher das heller leuchtende von den violetten Strahlen erregte Gebiet von dem ausgelöschten Theile des Spectrums scheidet. Dieser hellere Theil reicht etwa von 170 ( $G\frac{1}{2}F$ ) bis 220, erstreckt sich also nur wenig über das violette Ende des Spectrums hinaus. Lücken, den Fraunhofer'schen Linien entsprechend, sind nicht wahrzunehmen. Die ganze Erscheinung dauert, einmal entwickelt, stundenlang an und kann daher mit aller Musse beobachtet werden.

Die beiden dunkeln Bänder verrathen keinesweges, wie man vielleicht zunächst vermuthen könnte, eine Eigenthümlichkeit der Sonnenstrahlung; wie etwa eine Erhöhung der Wärmestrahlung an diesen Stellen des Ultraroth. Sie sind

1) Den Fraunhofer'schen Linien entsprechen alsdann folgende Zahlen: *A* 67, *B* 78, *C* 84, *D* 100, *E* 121, *F* 140, *G* 178, *H* 212.

vielmehr der phosphorescirenden Substanz selbst eigenthümlich, welche an diesen Stellen eine erhöhte Empfänglichkeit oder Absorptionsfähigkeit für die auslöschenden Strahlen besitzt; sie sind nichts anderes als für die Substanz charakteristische Absorptionsstreifen.

Denn einerseits zeigen sich die dunkeln Streifen in ganz gleicher Weise auch bei Anwendung von electricischem Kohlenlicht, gleichviel, ob das Prisma aus Flintglas, Schwefelkohlenstoff oder Steinsalz besteht. Und andererseits erscheinen sie nicht bei anderen phosphorescirenden Körpern. Bei einem gelbgrün phosphorescirenden Schwefelstrontium z. B. reichte das negative Bild des Spectrums von 30 bis 150, und erschien am dunkelsten zwischen 50 und 80, ohne dunkle Streifen zu zeigen.

Der erste Streifen stärkster auslöschender Wirkung sowie der auf ihn folgende Zwischenraum geringster Wirkung sind bereits von E. Becquerel<sup>1)</sup> beobachtet worden. Auch Abney<sup>2)</sup> hat dieselben an Calciumsulfid wahrgenommen, und in jüngster Zeit hat H. Becquerel<sup>3)</sup> auch erkannt, dass diese Erscheinung ungleicher Auslöschung von einer Substanz zur anderen veränderlich ist.

Das beschriebene dunkle Bild des Spectrums auf der Balmain'schen Leuchtfarbe beginnt erst mehrere Secunden nach Absperrung des einfallenden Lichtes sich zu entwickeln. Unmittelbar nach der Absperrung tritt das Bild, wie bereits erwähnt wurde, hell auf dunklem Grunde hervor, und zwar besonders deutlich, wenn das Blättchen vorher nur schwach erregt war und sonach für die helle Erscheinung einen genügend dunkeln Hintergrund darbietet. Die beiden Streifen erscheinen jetzt hell, und zwar der erste heller als der zweite, genau an derselben Stelle wie die entsprechenden dunkeln. Das Phosphoreszenzlicht, mit welchem der weniger brechbare Theil des Spectrums jetzt leuchtet, zeigt einen mehr ins

---

1) E. Becquerel, *La lumière, ses causes et ses effets*. 1. p. 144. 1867.

2) W. de W. Abney, *Phil. Mag.* (5) 13. p. 212. — Beibl. 6. p. 383. 1882.

3) H. Becquerel, *Compt. rend.* 96. p. 1853. 1883. — Beibl. 7. p. 702. 1883.

Grünliche ziehenden Farbenton im Vergleich mit dem schön blauen Licht, welches durch die violetten Strahlen erregt wird. Auch klingt jenes grünlichblaue Licht sehr rasch ab, um dem dunkeln Bilde, das nach und nach immer deutlicher aus dem helleren Grunde hervortritt, Platz zu machen, während dieses blaue Licht lange Zeit fortleuchtet.

Man sieht diese hellen Streifen im Ultraroth schon während der Bestrahlung, namentlich wenn man das einfallende Licht durch rothes Glas gehen lässt, wodurch das leuchtende Spectrum auf sein rothes Ende beschränkt und zugleich entsprechend gedämpft wird. Auf diese Weise sieht man im Spectroskop gleichzeitig mit dem rothen Ende des Spectrums das Ultraroth, sichtbar gemacht durch grünlich blaues Phosphorescenzlicht. Noch besser als die Balmain'sche Leuchtfarbe eignet sich zu dieser Beobachtung das weiter unten zu erwähnende grünlichblaue Schwefelcalcium.

Die bisher besprochenen Erscheinungen lassen sich leicht auch in grösseren Dimensionen und für viele gleichzeitig sichtbar objectiv darstellen. Auf einem mit Balmain'scher Leuchtfarbe angestrichenen und vorher durch diffuses Licht phosphorescirend gemachten Schirm entwirft man mittelst Spalt, Linse und Prisma (Flint- oder Schwefelkohlenstoffprisma) ein scharfes Sonnenspectrum und lässt dasselbe einige Minuten lang einwirken. Bald nach Aufhören der Belichtung erscheint das dunkle Spectralbild mit seinen zwei dunklen Streifen. Nun verschiebt man den Schirm um die Breite des Spectrums vertical nach aufwärts und lässt, nachdem man den Spalt mit rothem Glas bedeckt hat, das rothe Ende des Spectrums unmittelbar unter dem dunklen Spectralbild auf den Schirm fallen. Sofort treten, unterhalb der dunkeln Streifen und als Verlängerung derselben, die hellen Streifen mit grünlichblauer Farbe hervor (Fig. 18). Der erste hellere und weithin sichtbare steht frei in dem nur schwach leuchtenden ultrarothem Gebiete, der zweite schwächere legt sich in seiner zweiten Hälfte mit grünlichblauem Schimmer noch über den Anfang des Roth. Er ist von der dunkeln Linie *A* durchzogen, welche sich als hellerer

Streifen<sup>1)</sup> in das entsprechende dunkle Band des oberen Spectralbildes fortsetzt, wodurch dieses Band in zwei Partien getheilt erscheint (Fig. 18). Obgleich, wie bereits erwähnt, das Licht dieser hellen Streifen nach Aufhören der Bestrahlung sehr rasch verblasst, so ist die Erscheinung während der Bestrahlung dennoch eine dauernde, weil die anregende Ursache unausgesetzt fortwirkt. Man kann den Versuch eine Viertelstunde lang fortsetzen, ehe eine merkliche Abnahme der Helligkeit eintritt.

Hiermit ist eine Methode gewonnen, um einen Theil der ultrarothten Strahlen neben dem gleichzeitig gesehenen leuchtenden Spectrum durch Phosphorescenz ebenso schön sichtbar darzustellen, wie das ultraviolette Gebiet durch Fluorescenz. Ich benutze daher dieses Experiment als Vorlesungsversuch zum Nachweis des Vorhandenseins der ultrarothten Strahlen. Der Versuch gelingt mit electricischem Licht ebensogut wie mit Sonnenlicht.

Unterbricht man die Wirkung des einfallenden rothen Lichtes, so verschwinden die hellen Streifen rasch, und die entsprechenden dunkeln treten an ihre Stelle. Lässt man alsdann das Spectrum abermals einwirken, so treten die Streifen sofort wieder hell aus dunklerem Grunde hervor. Man kann dieses abwechselnde Hell- und Dunkelwerden der Streifen fünf- bis sechsmal hinter einander wiederholen, ohne dass die Intensität der Erscheinung merklich nachlässt. Bei längerer Einwirkung jedoch wird die Lichtentwicklung an diesen Stellen allmählich schwächer und verschwindet endlich ganz, um definitive Dunkelheit zurückzulassen.

Um die Wellenlängen für die Grenzen der beiden charakteristischen Streifen zu ermitteln, wurden mittelst eines Glasgitters die Gitterspectra auf dem phosphorescirenden Schirme objectiv entworfen, wobei das einfallende Licht durch rothes Glas ging, was nothwendig ist, da der ultrarothte Theil des ersten Gitterspectrum sich in das zweite Gitterspectrum

---

1) Im Spectroskop war dieses hellere Bild der Linie *A* innerhalb des zweiten dunklen Bandes nicht wahrnehmbar.

hineinerstreckt. Nach einer Einwirkung von einigen Minuten und Absperrung des einfallenden Lichtes sind die dunkeln Bilder der Spectra erster Ordnung zu beiden Seiten des ebenfalls dunkel sich abzeichnenden mittleren Spaltbildes deutlich zu erkennen, sodass die Abstände der beiderseits zusammengehörigen Grenzen der dunkeln Streifen auf dem Schirme gemessen werden können. Zuletzt wurde das rothe Glas weggenommen und die Entfernung der *D*-Linien in den ersten Spectren rechts und links ebenso gemessen. Es wurden folgende Zahlen erhalten:

Erster Streifen	{ äussere Grenze: 116 mm ;
	{ innere Grenze: 106 „ ;
Zweiter Streifen	{ äussere Grenze: 99 „ ;
	{ <i>D</i> -Linie: 72,5 „ .

Die innere Grenze des zweiten Streifens erschien nicht deutlich genug, um eine Messung zuzulassen. Nimmt man die Wellenlänge der *D*-Linie zu 0,589 Mikron an, so ergibt die Rechnung, dass der erste Streifen zwischen den Wellenlängen 0,942 und 0,861, der zweite zwischen den Wellenlängen 0,804 und 0,715 enthalten, wo die letztere Zahl aus den spectroscopischen Beobachtungen durch Interpolation abgeleitet ist.

Mittelst des phosphorescirenden Oculars wurde ferner untersucht ein grünlichblau phosphorescirendes Schwefelcalcium (bezogen von Hrn. Dr. Schuchardt in Görlitz). Dieses Präparat zeigte, hinsichtlich der Dauer und des Verlaufes des Anfachungs- und Verlöschungsprocesses, ein auffallend anderes Verhalten wie das Balmain'sche Schwefelcalcium. Unmittelbar nach der Einwirkung des Spectrums auf die vorher nur schwach belichtete Substanz sieht man ein helles Bild des Spectrums, welches dem auch bei der Balmain'schen Leuchtfarbe beobachteten in seinem Aussehen gleicht, jedoch heller ist und viel länger andauert. Auch hier erstreckt sich das helle Spectralbild vom Ultrarothe bis ins Gebiet des Blaugrün und beginnt mit demselben hellen Streifen zwischen 51 und 57. Auch der zweite weniger helle Streifen (63 bis 72) lässt sich erkennen, erscheint jedoch von dem folgenden über das Gebiet der rothen, gelben und grünen Strahlen sich erstreckenden Lichtschimmer nur durch

ein sehr wenig markirtes Minimum geschieden (vgl. Fig. 17). Noch deutlicher als bei der Balmain'schen Substanz lässt sich bemerken, dass dieser Lichtschimmer im Vergleich zu dem durch die violetten Strahlen direct erregten Phosphorescenzlicht mehr ins Grünliche spielt. Erst nach 10 bis 20 Secunden beginnt Verdunkelung sich zu zeigen, und zwar zunächst zu beiden Seiten des hellen Streifens, der nun, zwischen zwei hellen Streifen stehend, noch länger fortleuchtet; auch der Lichtschimmer des übrigen Spectrums verklingt allmählich, und zuletzt nach mehr als einer Minute verschwindet auch der helle Streifen. Jetzt erscheint das Spectralbild dunkel auf dem schwach phosphorescirenden helleren Grunde, von 35 an bis etwa 130, und sehr dunkel von 45 bis 90. Dunklere Streifen sind in diesem Stadium nicht zu erkennen, sondern nur eine gleichmässige, nach beiden Enden hin allmählich abgestufte Dunkelheit. Erst nach längerem Warten gewahrt man an der Stelle, welche vorher der helle Streifen eingenommen hatte, doch eine noch tiefere Schwärzung.

Belichtet man nun, nachdem das Spectralbild dunkel geworden, von neuem, so erscheint sofort wieder das helle Bild. Dieser Wechsel zwischen hellen und dunklen Bildern kann fünf- bis sechsmal wiederholt werden.

Ueberhaupt hat diese Substanz sogar dann, wenn sie jede sichtbare Spur von Phosphorescenz verloren hat und dem im Dunkeln ausgeruhten Auge völlig schwarz erscheint, noch immer die Fähigkeit, durch die weniger brechbaren Strahlen des Spectrums wieder zum Leuchten angefacht zu werden. Es erscheint alsdann im Spectroskop das helle Spectralbild auf völlig schwarzem Grunde (Fig. 19). Auch der Balmain'sche Phosphor besitzt diese Fähigkeit, jedoch in weit geringerem Grade. Auf einem mit dem grünlichblauen Schwefelcalcium präparirten Blättchen, welches viermal 24 Stunden im Dunkeln gelegen hatte, entwickelte sich das helle Spectralbild sehr schön, während das Balmain'sche Schwefelcalcium nach zweitägigem Verweilen im Dunkeln nur noch schwach und vorübergehend, nach drei Tagen aber gar nicht mehr reagirte.

Das Hervortreten des hellen Spectralbildes auf der völlig dunklen Substanz bringt den Eindruck hervor, als ob die ultrarothten Strahlen nicht bloß durch Erwärmung stimulirend, sondern selbständig erregend wirken könnten. Man überzeugt sich aber, dass die erloschene Substanz auch durch Erwärmen wieder zum Leuchten gebracht wird, wobei mir allerdings schien, dass das durch Erwärmung entlockte Licht einen mehr blauen Farbenton zeige als das durch die ultrarothten Strahlen hervorgerufene grünlichblaue Licht. Jedenfalls geht aus diesen Versuchen hervor, dass ein sehr geringes Residuum von Phosphorescenz genügend ist, um durch die ultrarothten Strahlen wieder zum hellen Aufleuchten angefacht zu werden.

Da das Licht, welches dieses grünlichblaue Schwefelcalcium unter der Einwirkung der ultrarothten Strahlen ausendet, heller ist als beim Balmain'schen Phosphor, so eignet sich jenes Präparat noch besser als dieses zur objectiven Sichtbarmachung der ultrarothten Strahlen. Man kann sich hierzu einen Schirm herstellen, indem man das Pulver in gleichmässig dünner Schicht zwischen zwei am Rande zusammengeklebte Spiegelglasplatten bringt.

Ein aus derselben bereits genannten Bezugsquelle stammendes hellblau phosphorescirendes Schwefelcalcium zeigte unmittelbar nach der Belichtung das nämliche helle Spectralbild wie die vorigen Substanzen, nur mit noch kürzerer Dauer als der Balmain'sche Phosphor. Nach einem Augenblicke schon war das helle Bild verschwunden, und an seiner Stelle trat das dunkle Bild hervor, welches dieselben beiden charakteristischen dunkeln Streifen wie bei der Balmain'schen Substanz, nur mit noch grösserer Schärfe und Nettigkeit aufwies. Der von den violetten Strahlen erregte dauernd helle Theil des Spectralbildes reicht von 165 ( $G\frac{1}{3}F$ ) bis 220 (über  $H$  hinaus).

Ein viertes hell himmelblau phosphorescirendes Schwefelcalcium näherte sich in seinem Verhalten wieder mehr der grünlichblauen Substanz. Die helle Erscheinung dauerte länger wie beim Balmain'schen Phosphor, jedoch bei weitem nicht so lang wie beim grünlichblauen Schwefelcalcium. Dann

entwickelt sich ein einförmig dunkles Bild, welches von 30 bis 160 ( $F\frac{1}{2}G$ ) sich erstreckt, zwischen 40 und 140 ( $F$ ) ganz schwarz erscheint und selbst nach längerem Abwarten keine Spur eines dunkeln Streifens erkennen lässt. Das Bereich der erregenden Strahlen geht auch hier von 165 ( $G\frac{1}{2}F$ ) bis 220 (über  $H$  hinaus).

Die vier untersuchten Sorten von Schwefelcalcium unterscheiden sich demnach, was ihr Verhalten zu den weniger brechbaren und insbesondere zu den ultrarothten Strahlen des Spectrums anlangt, nicht qualitativ, sondern nur quantitativ durch die Dauer und den Verlauf der Anfachung und der Auslöschung ihrer Phosphorescenz. Alle vier zeigen die nämlichen beiden Maxima der Anfachung, ein starkes im Ultraroth (51 bis 57) und ein schwächeres am Anfange des Roth (63 bis 72). Aber bei dem hellblauen Schwefelcalcium dauert die Erhellung nach dem Aufhören der Bestrahlung nur äusserst kurze Zeit, bei der Balmain'schen Leuchtfarbe ein wenig länger, bei der himmelblauen Substanz noch etwas länger; bei der grünlichblauen dagegen ist sie von sehr langer Dauer und sehr grosser Intensität. Bei der ersten Substanz entwickelt sich das dunkle Spectralbild sehr rasch und mit scharfer Ausprägung der beiden den Maximis der Anfachung entsprechenden dunklen Streifen, bei der zweiten etwas weniger rasch und scharf; bei der dritten und vierten Substanz entsteht langsam ein continuirliches schwarzes Spectrum.

Es erübrigte noch, die Zusammensetzung des Phosphorescenzlichtes, durch welche die Unterschiede im Farbenton der verschiedenen Substanzen bedingt sind, zu untersuchen. Die Wahrnehmung, dass phosphorescirende Körper unmittelbar nach der Belichtung häufig einen anderen Farbenton zeigen als einige Zeit nachher (das oben als „himmelblau“ bezeichnete Schwefelcalcium z. B. erscheint einen Augenblick nach der Belichtung entschieden grünlichblau und wird dann erst himmelblau), liess es mir wünschenswerth erscheinen, das Spectrum des Phosphorescenzlichtes nicht nur nach der Bestrahlung, sondern schon während der Bestrahlung zu beobachten. Dies geschah auf folgende Weise.

Das erregende (Sonnen- oder electrische) Licht ging

durch zwei blaue und zwei violette Gläser und eine Lösung von schwefelsaurem Kupferoxydammoniak und wurde durch eine Linse auf der zu untersuchenden Substanz concentrirt. Der Trog mit der Kupferlösung war hinter der Linse aufgestellt, um das von dieser ausstrahlende Fluorescenzlicht aufzuhalten. Das phosphorescirende Pulver befand sich in einem kleinen aus einem Glimmerblättchen gebogenen cylindrischen Becher, auf dessen Wand die Linse einen Lichtfleck erzeugte. Der leere Glimmerbecher, von dem durch jene Medien durchgelassenen violetten Lichte auf diese Weise beleuchtet, zeigte weder Fluorescenz noch Phosphorescenz.

Das Spectrum dieses violetten Lichtes beginnt schwach bei 160 ( $F\frac{1}{2}G$ ), wird stärker bei 170 ( $F\frac{2}{3}G$ ), sehr stark aber erst bei 180 hinter  $G$ ; es enthält also hauptsächlich diejenigen Strahlen, welche Phosphorescenz zu erregen fähig sind.

Da das Spectrum des Phosphorescenzlichtes höchstens bis 180 reicht, so wird in einem Spectroskop, dessen Spalt auf den Lichtfleck gerichtet ist, der weitaus grössere Theil dieses Spectrums abseits von demjenigen des erregenden Lichtes, welches theils durch Diffusion an dem Pulver, theils durch Reflexion an dem Glimmerblättchen in den Spalt gelangt, gesehen und kann somit während der Bestrahlung beobachtet werden. Nur das brechbarere Ende des Phosphorescenzspectrums kann theilweise über den lichtschwachen Anfang des Spectrums des erregenden Lichtes hinübergreifen; es erscheint aber auch hier mit demselben nicht vermischt, sondern ist deutlich für sich erkennbar; denn es legt sich wie ein zarter Nebel über die Fraunhofer'schen Linien und die vom Glimmerblättchen herrührenden Interferenzstreifen, durch welche das erregende Licht gekennzeichnet ist.

Diese Beobachtungsmethode ergab vor allem die folgenden allgemeinen Resultate:

Das Phosphorescenzlicht ist während der Bestrahlung beträchtlich lichtstärker als nach der Bestrahlung.

Das Phosphorescenzlicht ist während der Bestrahlung anders zusammengesetzt als nach der Bestrahlung.

Im besonderen ergab sich, dass bei der Balmain'schen Leuchtfarbe das Spectrum des Phosphorescenzlichtes während der Beleuchtung von 88—180 (etwa von *C* bis *G*) reicht und von 100 bis 170 (*D* bis  $F\frac{1}{2}G$ ) sehr hell ist. Ein erstes Maximum der Lichtstärke befindet sich im Grün bei 125 (*b*), ein zweites im Blau bei 160 ( $F\frac{1}{2}G$ ), und zwischen beiden bei 135 ( $E\frac{1}{2}F$ ) ein sehr schwaches kaum wahrnehmbares Minimum. Nach Abhaltung des erregenden Lichtes sinkt der erste weniger brechbare Theil des Spectrums (von 88 bis 135), welcher während der Belichtung ein wenig lichtstärker erscheint als der zweite, sofort zu sehr geringer Lichtstärke herab und verschwindet rasch, nachdem er nur noch kurze Zeit zwischen 100 und 130 als schwacher Schimmer zu sehen war. Der zweite brechbarere Theil dagegen, ebenfalls viel lichtschwächer als während der Bestrahlung, bleibt zwischen 140 und 170 mit seinem Maximum bei 160 noch lange Zeit mit langsam abnehmender Lichtstärke sichtbar. Das Phosphorescenzlicht der Balmain'schen Leuchtfarbe ist demnach während und nach der Bestrahlung verschieden zusammengesetzt: während der Bestrahlung enthält es neben Blau sehr viel grünes Licht, nach Aufhören der Bestrahlung keines mehr.

Aehnlich wie der Balmain'sche Phosphor verhält sich das hellbläue Schwefelcalcium, nur dass der erste Theil des Phosphorescenzspectrums schon während der Beleuchtung weniger lichtstark erscheint und nach Absperrung des erregenden Lichtes von noch kürzerer Dauer ist.

Bei der grünlichblauen Substanz reicht das Spectrum des Phosphorescenzlichtes während der Bestrahlung von 85 bis 180 (*C* bis *G*) mit nur einem Maximum im Grün bei 125 (*b*) und bleibt nach Abschluss des einfallenden Lichtes sichtbar von 110 bis 160 ( $D\frac{1}{2}E$  bis  $F\frac{1}{2}G$ ) mit demselben Maximum bei 125.

Das Phosphorescenzspectrum des himmelblauen Schwefelcalciums erstreckt sich während der Bestrahlung ebenfalls von 85 bis 180 (*C* bis *D*). Es ist durch zwei Minima, ein sehr stark ausgeprägtes bei 114 ( $D\frac{1}{2}E$ ) und ein sehr schwaches zwischen 140 und 150 (hinter *F*) in drei Theile getheilt.

Das Maximum (I) des ersten Theiles, welcher als ein von dem übrigen Spectrum scharf abgesetzter Streifen erscheint, der von 90 bis 110 ( $C\frac{1}{2}D$  bis  $D\frac{1}{2}E$ ) sehr hell ist, liegt bei 101 (etwas hinter  $D$ ); der zweite von 120 bis 138 (zwischen  $E$  und  $F$ ) sehr helle Theil hat sein Maximum (II) bei 127 ( $b$ ); das Maximum (III) des dritten Theiles, welcher von 150 bis 170 ( $F\frac{1}{2}G$  bis  $F\frac{3}{4}G$ ) sehr hell erscheint, liegt zwischen 150 und 160. Die Reihenfolge der Maxima hinsichtlich ihrer Helligkeit ist (I), (II), (III). Nach Abschluss des erregenden Lichtes sinkt der erste rothgelbe Streifen, welcher während der Bestrahlung am stärksten leuchtete, sofort zu sehr geringer Lichtstärke herab und verschwindet bald, während das übrige Spectrum von 120 bis 170 ( $E$  bis  $F\frac{1}{2}G$ ) noch lange fortleuchtet. Die Helligkeitsfolge der Maxima ist jetzt (II), (III), (I), wobei (II) und (III) an Lichtstärke fast gleich erscheinen, während (I) viel schwächer und nur anfangs sichtbar ist. Die oben erwähnte Wahrnehmung der Farbenänderung des Phosphoreszenzlichtes dieser Substanz wird durch das bemerkenswerthe Verhalten ihres Phosphoreszenzspectrums bestätigt und erklärt.

Vergleichen wir diese Resultate, so fällt auf, dass das Maximum im Grün, welches bei allen vier Substanzen ungefähr an der nämlichen Stelle auftritt, bei den beiden ersten Substanzen (dem Balmain'schen und dem hellblauen Schwefelcalcium) nach Aufhören der Bestrahlung rasch verschwindet, bei den beiden letzten (dem grünlichblauen und dem himmelblauen Schwefelcalcium) aber andauert. Andererseits haben wir oben gefunden, dass das von den ultrarothern Strahlen angefachte Phosphoreszenzlicht bei jenen beiden Substanzen von sehr kurzer, bei diesen beiden dagegen von längerer und bei dem grünlichblauen Schwefelcalcium sogar von sehr langer Dauer ist. Ein Zusammenhang zwischen diesen beiden Reihen von Thatsachen ist unverkennbar. Es scheint, dass die ultrarothern Strahlen die langsameren Schwingungen verhältnissmässig stärker anfachen als die schnelleren, was sich ja auch schon in dem mehr grünlichen Farbenton der von ihnen wieder aufgefrischten Phosphoreszenz gegenüber der mehr bläulichen Nuance der ursprünglich erregten

ausspricht. Ob dieses an langsameren Schwingungen verhältnissmässig reichere wiedergeweckte Phosphoreszenzlicht von kürzerer oder längerer Dauer ist, würde davon abhängen, ob die betreffende Substanz langsamere Schwingungen nur vorübergehend oder aber dauernd auszuführen im Stande ist.

Weitere Ergebnisse der vorstehend beschriebenen Beobachtungsmethoden mögen späterer Mittheilung vorbehalten bleiben.

Erlangen, im October 1883.

# VIII. Ueber das specifische Gewicht des flüssigen Sauerstoffs; von Sigmund von Wroblewski.

(Im Auszuge mitgetheilt der Paris. Acad. d. Wiss., den 16. Juli 1883.)

(Hierzu Taf. VIII Fig. 1.)

§ 1. Die im Jahre 1877 ausgeführten Versuche von Raoul Pictet gaben die erste Veranlassung zur Berechnung des specifischen Gewichtes des flüssigen Sauerstoffes. In einem an Pictet gerichteten Brief hatte Dumas<sup>1)</sup> die Vermuthung ausgesprochen, dass die Dichtigkeit des festen Sauerstoffes gleich eins und diejenige des flüssigen nicht viel verschieden davon sein könne. Betrachtet man nämlich Sauerstoff und Schwefel als isomorphe Körper, so müssen die Quotienten aus den Atomgewichten in die specifischen Gewichte (oder — wie sie Dumas nennt — „volumes atomiques“) bei beiden Körpern gleich sein. Da bei Schwefel dieser Quotient gleich  $32/2 = 16$  ist, so müsse die Dichtigkeit des Sauerstoffes gleich  $\frac{1}{16} = 1$  sein.

Darauf glaubte Pictet die Zahlen 0,9883 und 0,9787, die nur wenig von eins verschieden sind, aus seinen Versuchen ableiten zu können. Doch machte Offret<sup>2)</sup> bald darauf aufmerksam, dass diese Rechnung nicht richtig sein

1) R. Pictet, Ann. de chim. et de phys. (5) 13. p. 197—98. 1878.

2) Offret, Ann. de chim. et de phys. (5) 19. p. 271—283. 1880.

Fig. 2.  
Wasser-Alkohol.

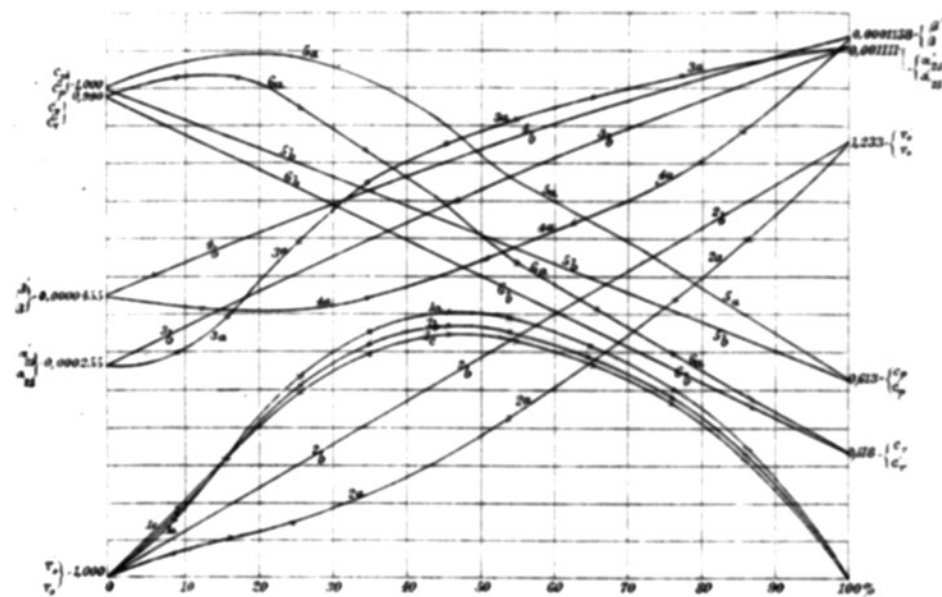


Fig. 3.  
Schwefelkohlenstoff-Alkohol.

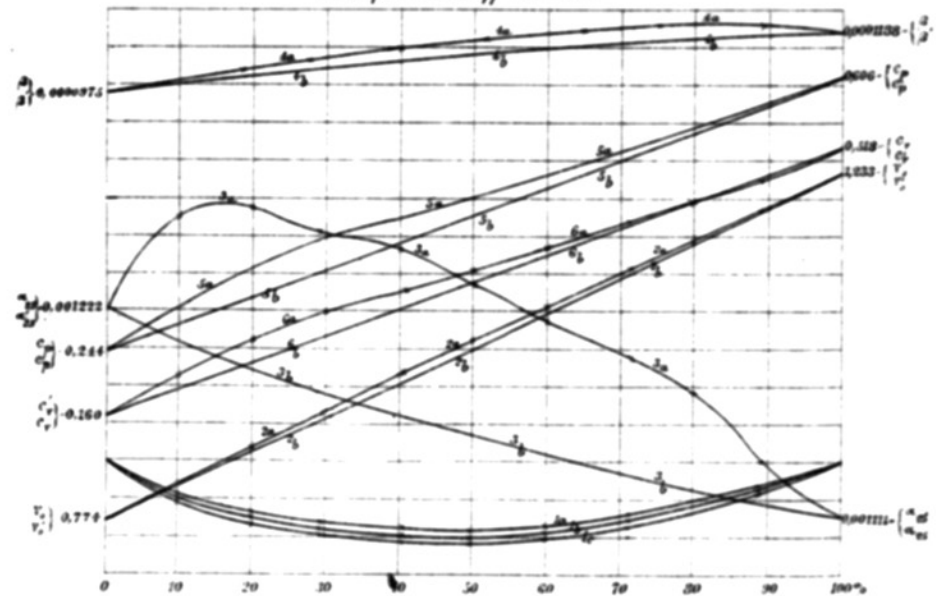


Fig. 4.  
Chloroform-Alkohol.

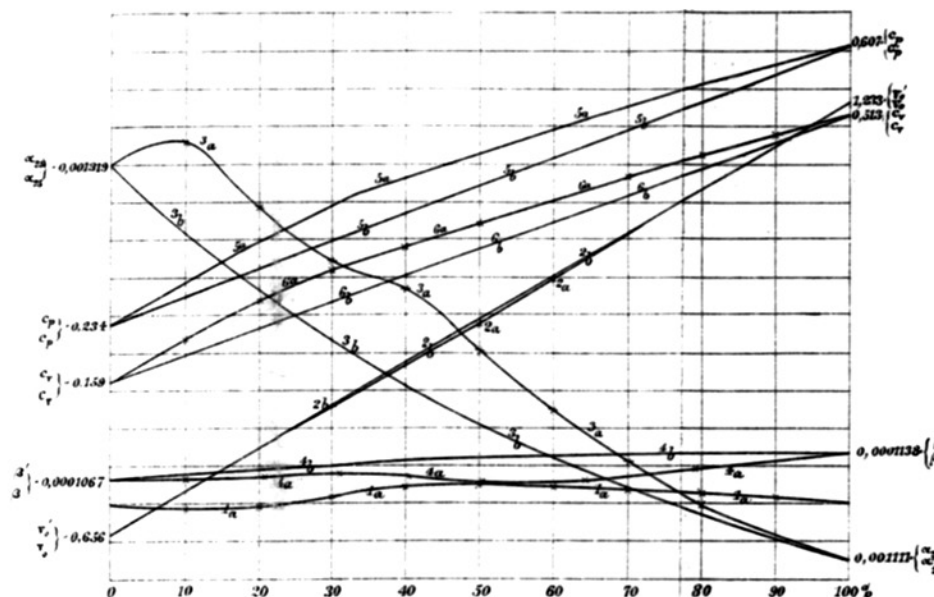


Fig. 5.  
Schwefelkohlenstoff-Chloroform.

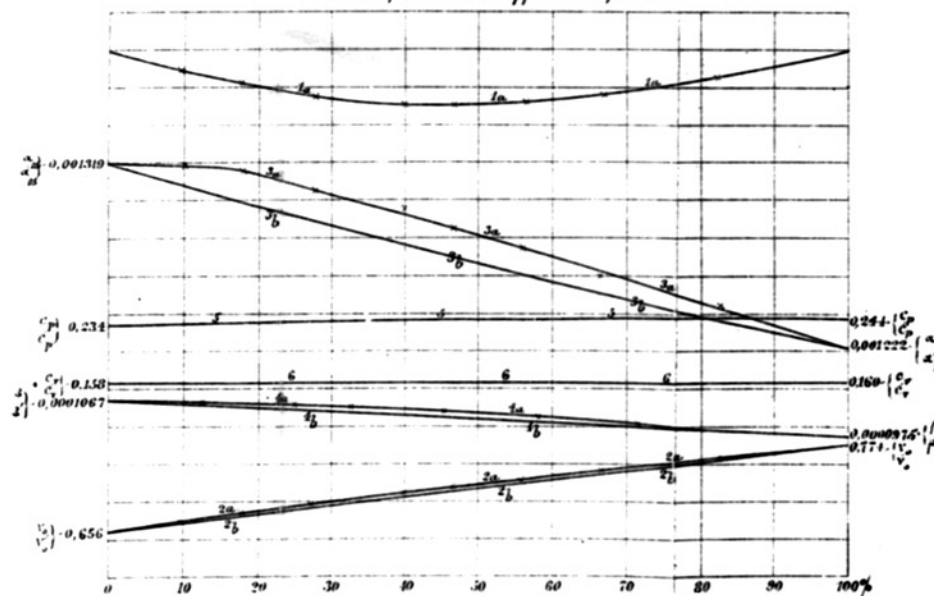


Fig. 6.



Fig. 1.

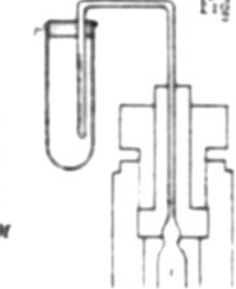


Fig. 11.

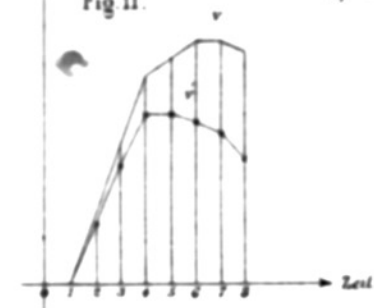


Fig. 8.

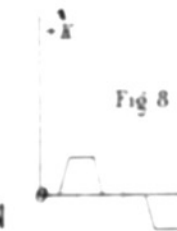


Fig. 9.

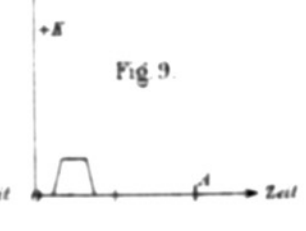


Fig. 7.

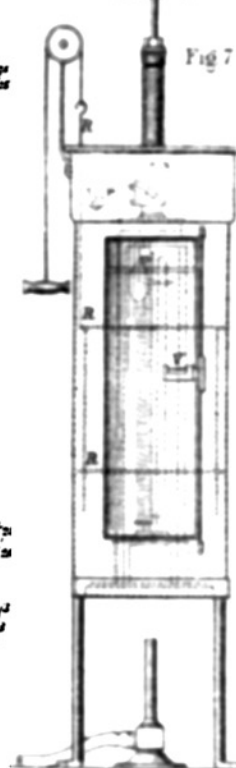
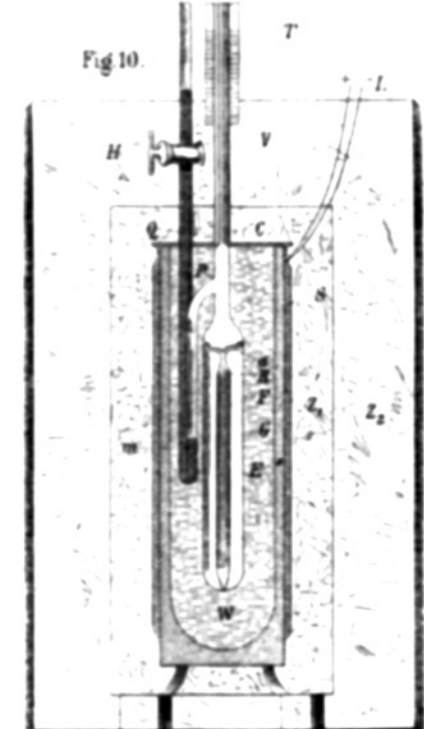


Fig. 10.



v. Wroblewski Fig. 1. Drecker Fig. 2-7. Warburg und Hönig Fig. 8-11.

Leh. Aus. v. Kirov-Leningrad