Ueber die Intensität des Fluorescenzlichts.

Von

E. Lommel.

(Vorgetragen am 13. November 1876.)

Um die Vorzüge und Nachtheile der Methoden, welche zur Ermittelung der Zusammensetzung des Fluorescenzlichts angewendet werden, zu beurtheilen und die erhaltenen Resultate richtig zu deuten, ist es unerlässlich, auf gewisse Umstände Rücksicht zu nehmen, welche nicht nur die absolute Intensität des Fluorescenzlichts, sondern auch die relative Intensität seiner Bestandtheile und demnach seine Farbenmischung je nach der gewählten Versuchsanordnung in verschiedener Weise beeinflussen. Da nämlich das Fluorescenzlicht nicht blos von der Oberfläche, sondern auch aus dem Innern der fluorescirenden Substanz kommt, so ist die absorbirende Wirkung der letzteren, ihre Concentration, die Tiefe der strahlenden Schicht, die Entfernung, aus welcher beobachtet wird, und Anderes mehr, zu berücksichtigen. Einige der Gesichtspunkte, welche dabei in Betracht kommen, habe ich in meiner vorigen Arbeit über Fluorescenz [1]) bereits angedeutet. Der Zweck der gegenwärtigen Untersuchung ist, unter Zugrundelegung eines aus der Erfahrung abstrahirten Fundamentalgesetzes diese Einflüsse mit Hilfe des Calculs genauer zu bestimmen.

1. Als Ausgangspunkt dient das folgende einfache Grundgesetz:

Die Menge des Fluorescenzlichts, welches ein Volumenelement einer fluorescirenden Substanz ausstrahlt, ist der von ihm absorbirten Menge des erregenden Lichtes proportional.

---

1) Sitzungsberichte der Erlanger Societät vom 17. Juli 1876. Pogg. Ann. Bd. CLIX.

Ein dünnes Bündel paralleler homogener Lichtstrahlen, dessen Lichtstärke für die Einheit des Querschnitts gleich 1 sei, treffe senkrecht auf die Oberfläche einer fluorescirenden Substanz; bezeichnet k den Exstinctionscoefficienten der letzteren für die betreffende Strahlengattung, so ist e^{-kr} die Lichtstärke, mit welcher das Lichtbündel in der Tiefe r anlangt. Bedeutet ferner ω den Querschnitt des dünnen Strahlenbündels, so ist die von dem Volumenelement ωdr absorbirte Lichtmenge

$$ke^{-kr}\,\omega\,dr,$$

von welcher ein Bruchtheil α zur Erregung von Fluorescenzlicht, der Rest zu anderen Wirkungen (Erwärmung, innere Arbeit) verwendet wird. Bezeichnet man daher die von dem Volumenelement nach allen Richtungen ausstrahlende Menge Fluorescenzlicht mit df, so ist die Gleichung

$$df = \omega\alpha ke^{-kr}dr$$

der mathematische Ausdruck des obigen Elementargesetzes.

Der Exstinctionscoefficient k ist einerseits von der Wellenlänge λ des erregenden Lichts, andrerseits von der Concentration der fluorescirenden Substanz abhängig, und wächst mit der letzteren. Der stets echt gebrochene Factor α dagegen hängt nur von der Concentration ab. Wir haben Grund zu der Annahme, dass der Factor α mit wachsender Concentration fortwährend abnimmt [1]).

2. Der Ausdruck df entspricht der gesammten Energie des von dem Volumenelement ausgestrahlten zusammengesetzten Fluorescenzlichts; wollen wir auf einen einzigen homogenen Bestandtheil desselben von der Wellenlänge λ' unser Augenmerk richten,

---

1) Theoretisch kann man sich von diesem Verhalten des Factors α in folgender Weise Rechenschaft geben. Als Ursache der Fluorescenz ist ein Schwingungsvorgang zu betrachten, der sich innerhalb eines jeden Moleküls unter der Einwirkung intramolecularer Kräfte vollzieht. Ausserdem finden aber noch Bewegungen der Moleküle selbst statt, welche unter der Herrschaft der intermolecularen Kräfte stehen und den Wärmezustand des Körpers bedingen. Die Energie des von einem Volumenelement absorbirten Lichts vertheilt sich zwischen diesen beiden Bewegungen. Je geringer nun bei wachsender Concentration der gegenseitige Abstand der Moleküle wird, desto grösser wird der Einfluss der intermolecularen Kräfte und desto grösser demnach der Bruchtheil des absorbirten Lichts, der für die letztere Bewegung verbraucht wird.

so haben wir noch einen Factor a hinzuzufügen, welcher ausdrückt, ein wie grosser Bruchtheil der Gesammtmenge des Fluorescenzlichts dieser Wellenlänge angehört. Alsdann bezeichnet

$$df' = \omega a \alpha k e^{-kr} dr$$

den der Wellenlänge λ' entsprechenden homogenen Bestandtheil des Fluorescenzlichts. Es ist ersichtlich, dass die Summe sämmtlicher Werthe von a, welche den verschiedenen Werthen von λ' zugehören, der Einheit gleich sein muss. Der Factor a ist von der Concentration unabhängig zu denken; als Function von λ' betrachtet, gibt er die Intensitätsverhältnisse an, mit welchen die einzelnen homogenen Farben in dem von einem jedem Volumenelemente ausgestrahlten Fluorescenzlicht vertreten sind, er repräsentirt sonach das von anderweitigen Einflüssen noch nicht modificirte, also sozusagen das moleculare oder typische Fluorescenzspectrum.

3. Durch das von dem Volumenelemente ωdr ausstrahlende Fluorescenzlicht werde nun ein Flächenelement ω' beleuchtet, das ausserhalb der fluorescirenden Substanz im Abstande r_0 von ihrer Oberfläche auf dem Wege der einfallenden Strahlen selbst und senkrecht zu ihnen liegt; denkt man sich das Flächenstückchen ω' hinlänglich klein, so wird es von sämmtlichen von dem betrachteteten Volumenelemente aus zu ihm gelangenden Strahlen senkrecht getroffen, und die Lichtmenge von der Wellenlänge λ', welche es empfängt, würde

$$\omega\omega' a \alpha k \frac{e^{-kr}}{(r_0 + r)^2} dr$$

sein, falls das Fluorescenzlicht in der fluorescirenden Substanz keine Absorption erlitte; findet aber letztere statt, und ist k' der entsprechende Exstinctionscoefficient, so hat man vorstehenden Ausdruck noch mit $e^{-k'r}$ zu multipliciren, worin k' von k nur dadurch abweicht, dass λ' an die Stelle von λ tritt. Die Lichtmenge, welche das Volumenelement ωdr nach dem Flächenelement ω' sendet, ist demnach

$$dF = \omega\omega' a \alpha k \cdot \frac{e^{-(k+k')r}}{(r_0 + r)^2} dr,$$

und die Beleuchtung, welche ω' von sämmtlichen fluorescirenden Volumentheilchen empfängt, ist

$$F = \omega\omega' a\alpha k \int_0^R \frac{e^{-(k+k')r}}{(r_0 + r)^2}\, dr,$$

wenn R die Tiefe der fluorescirenden Schicht bezeichnet. Denken wir uns unter ω' ein Theilchen des Spectroskopspaltes oder der Pupille, so stellt dieser Ausdruck die Intensität des Fluorescenzlichtes von der Wellenlänge λ' vor, mit welcher dasselbe zu unserer Wahrnehmung gelangt.

Das im fluorescirenden Körper absorbirte Fluorescenzlicht muss seinerseits ebenfalls wieder Fluorescenz erregen. Die Thatsache aber, dass ein auf die Oberfläche einer fluorescirenden Substanz geworfener Schatten völlig dunkel und scharfbegrenzt erscheint, ferner die Deutlichkeit der Fraunhofer'schen Linien im fluorescirenden Spectrum liefert den Beweis, dass diese indirecte Erregung im Vergleiche mit der in obiger Formel ausgedrückten directen Erregung verschwindend klein ist und daher ausser Acht gelassen werden kann.

4. Ohne vorläufig auf die Berechnung des vorliegenden transscendenten Integrals einzugehen, was einer ausführlicheren Publication vorbehalten bleiben mag, können wir hinsichtlich desselben sofort Folgendes erkennen. Der stets positive Werth des Integrals nimmt ab mit wachsendem k, und nähert sich, indem k unendlich gross wird, asymptotisch der Null. Der Werth des Productes

$$k \int_0^R \frac{e^{-(k+k')r}}{(r_0 + r)^2}\, dr$$

dagegen nimmt mit wachsendem k von Null an fortwährend zu, jedoch weniger rasch als k selbst, und nähert sich bei unendlich wachsendem k einem endlichen Grenzwerth. Aus diesem Verhalten entnehmen wir den folgenden aus der Erfahrung schon länger bekannten Satz:

Im fluorescirenden Spectrum entspricht jedem Maximum der Absorption ein Maximum der Fluorescenz. Die Intensitätsunterschiede der Fluorescenzmaxima sind jedoch weniger schroff als die der Absorptionsmaxima d. h. die schwächeren Maxima treten im fluorescirenden Spectrum verhältnissmässig stärker hervor als im Absorptionsspectrum.

Daraus erklärt es sich, dass das Dasein schwacher Absorptionsmaxima im fluorescirenden Spectrum manchmal leichter wahrgenommen wird als im Absorptionsspectrum selbst. So wurde ich z. B. auf den dritten nur schwierig erkennbaren Streifen im Absorptionsspectrum des Chamaeleinblaus erst durch den entsprechenden hellen Fluorescenzstreifen aufmerksam.

5. Nachdem wir soeben die Concentration als constant, die Wellenlänge λ des erregenden Lichts und mit ihr den Exstinctionscoefficienten k als veränderlich betrachtet haben, denken wir uns jetzt λ als constant, und die Concentration als variabel. Alsdann muss der nur von letzterer abhängige Factor α ebenfalls in Betracht gezogen werden. Da der Factor α nach unserer Voraussetzung mit wachsender Concentration abnimmt, der Coefficient k aber zunimmt, so muss der Ausdruck

$$\alpha k \int_0^R \frac{e^{-(k+k')r}}{(r_0 + r)^2} \, dr$$

für einen gewissen Werth der Concentration zu einem Maximum werden. Es ergibt sich daher der durch die Erfahrung ebenfalls bestätigte Satz:

Mit wachsender Concentration nimmt die Intensität des Fluorescenzlichts anfangs bis zu einem Maximum zu und dann wieder ab.

6. Wir vergleichen nun die Menge des Fluorescenzlichts, welche von einer oberflächlichen Schicht, deren Dicke ϱ sei, ausstrahlt, mit derjenigen, welche aus grösserer Tiefe dringt. Das Verhältniss dieser beiden Lichtmengen wird dargestellt durch den Quotienten

$$\frac{\int_0^\varrho \frac{e^{-(k+k')r}}{(r_0 + r)^2} \, dr}{\int_\varrho^R \frac{e^{-(k+k')r}}{(r_0 + r)^2} \, dr} = \frac{A}{B}$$

worin $R > \varrho$ zu denken ist. Lassen wir nun k um $\varkappa$ wachsen, so verwandelt sich dieses Verhältniss in

$$\frac{A'}{B'}$$

worin

$$A' = \int_0^{\varrho} \frac{e^{-(k+k'+\varkappa)r}}{(r_0 + r)^2} dr > e^{-\varkappa\varrho} A$$

$$B' = \int_{\varrho}^{R} \frac{e^{-(k+k'+\varkappa)r}}{(r_0 + r)^2} dr < e^{-\varkappa\varrho} B.$$

ist. Aus diesen beiden Ungleichungen folgt aber

$$\frac{A'}{B'} > \frac{A}{B}$$

und wir gelangen zu folgendem Satz:

Das Verhältniss des von einer oberflächlichen Schicht ausgesendeten Fluorescenzlichts zu dem aus dem Innern kommenden wird mit wachsender Absorption grösser.

Der Zuwachs $\varkappa$ kann nun aber auf verschiedene Weise zu Stande kommen. Nämlich erstens wenn k allein um $\varkappa$ wächst, d. h. wenn man eine stärker erregende Strahlengattung zur Anwendung bringt; zweitens wenn k′ allein wächst, d. i. wenn man einen stärker absorbirbaren Bestandtheil des Fluorescenzlichts in Betrachtung zieht; drittens endlich, wenn k und k′ zugleich wachsen, etwa dadurch, dass die Concentration erhöht wird.

Im ersteren Falle wird die absolute Beleuchtung des Flächenelementes ω' verstärkt, im zweiten wird sie, je nach dem Verhalten des Factors a, geschwächt oder verstärkt, im dritten Fall wird sie verstärkt, so lange die dem Maximum der Fluorescenz entsprechende Concentration noch nicht erreicht ist. In allen drei Fällen aber wird der Antheil den die oberflächlichen Schichten an dieser Beleuchtung haben, grösser als vorher.

7. Betrachten wir ferner die Aenderung des Verhältnisses $\frac{A}{B}$, wenn die Entfernung r_0 um r_1 zunimmt. Alsdann haben wir

$$A'' = \int_0^{\varrho} \frac{e^{-(k+k')r}}{(r_0+r_1+r)^2} dr < \frac{(r_0+\varrho)^2}{(r_0+r_1+\varrho)^2} A$$

$$B'' = \int_{\varrho}^{R} \frac{e^{-(k+k')r}}{(r_0+r_1+r)^2}\, dr > \frac{(r_0+\varrho)^2}{(r_0+r_1+\varrho)^2}\, B,$$

weil $\frac{1}{r_0 + r_1 + r} \lesseqgtr \frac{r_0 + \varrho}{r_0 + r_1 + \varrho} \cdot \frac{1}{r_0 + r}$

ist, je nachdem $r \lesseqgtr \varrho$ ist. Daraus folgt

$$\frac{A''}{B''} < \frac{A}{B}.$$

Das Verhältniss des von der oberflächlichen Schicht herrührenden Fluorescenzlichts zu dem aus grösserer Tiefe kommenden wird also um so kleiner, aus je grösserer Entfernung man beobachtet.

8. Die bisherigen Betrachtungen bezogen sich auf je einen einzigen homogenen Bestandtheil des Fluorescenzlichts von der Wellenlänge λ' und dem zugehörigen Coefficienten k'; jetzt wollen wir die Intensitäten mit einander vergleichen, mit welchen zwei verschiedene Strahlengattungen, deren Attribute λ', k', a', und λ'', k'', a'' seien, im Fluorescenzlicht vertreten sind, und dabei annehmen, dass der erstere Strahl der absorptionsfähigere, d. h. dass $k' > k''$ sei. Das Intensitätsverhältniss der beiden Strahlengattungen ist alsdann

$$\frac{a'}{a''} \cdot \frac{\int_0^R \frac{e^{-(k+k')r}}{(r_0 + r)^2}\, dr}{\int_0^R \frac{e^{-(k+k'')r}}{(r_0 + r)^2}\, dr}.$$

Da $k' > k''$, so ist das Verhältniss der beiden Integrale < 1; lassen wir nun, während k' und k'' ungeändert bleiben, den Extinctionscoefficienten k des erregenden Lichtes wachsen, so nähert sich mit dem Verhältniss $\frac{k+k''}{k+k'}$ auch dasjenige der beiden Integrale der Einheit. Der obige Ausdruck nimmt also zu mit wachsendem k, indem er sich dem Verhältniss $\frac{a'}{a''}$ nähert.

Wir sehen also, dass mit wachsender Absorptionsfähigkeit der erregenden Strahlen die Farbenmisch-

ung des Fluorescenzlichts sich ändert, indem dessen stärker absorbirbare Bestandtheile einen verhältnissmässig grösseren Antheil an seiner Zusammensetzung gewinnen. Mit anderen Worten kann man auch sagen: Das Intensitätsverhältniss der einzelnen Farben im Spectrum des Fluorescenzlichts nähert sich, indem man zu stärker erregenden Strahlen übergeht, demjenigen im typischen Fluorescenzspectrum. Projicirt man daher ein Sonnenspectrum auf die fluorescirende Substanz, so tritt die ihr eigenthümliche Fluorescenzfarbe am reinsten an den Stellen der Fluorescenzmaxima hervor, während sie in den schwächer fluorescirenden Partien eine andere durch verhältnissmässiges Zurücktreten der stärker absorbirbaren Bestandtheile modificirte Nüance zeigt. Man kann dieses Verhalten, wie ich früher schon angegeben habe [1]), sehr deutlich an dem Naphthalinroth und dem Eosin beobachten; im fluorescirenden Spectrum des ersteren erscheinen nämlich die hellsten Stellen, welche den Maximis der Absorption entsprechen, leuchtend orangegelb, die weniger hellen dagegen mehr röthlich, weil hier die stärker absorbirbaren gelben und grüngelben Strahlen in geringerem Verhältniss vertreten sind. Ebenso zeigen im fluorescirenden Spectrum des Eosins die Maxima eine hell erbsengrüne, die minder lichtstarken Stellen eine mehr bräunlichgrüne Färbung.

9. Wenn die Concentration zunimmt, so wachsen k, k′ und k″ gleichzeitig in dem nämlichen Verhältniss. Wir schreiben daher jetzt den obigen Quotienten in folgender Form:

$$\frac{a'}{a''} \cdot \frac{\int_0^R \frac{e^{-\nu(k+k')r}}{(r_0+r)^2}\,dr}{\int_0^R \frac{e^{-\nu(k+k'')r}}{(r_0+r)^2}\,dr}.$$

Ist darin $\nu = 0$, so ist das Verhältniss der beiden Integrale gleich der Einheit, mit wachsendem ν aber nähert es sich dem Werthe $\frac{k+k''}{k+k'}$, und nimmt sonach fortwährend ab. Die Far-

1) Sitzungsberichte vom 17. Juli 1876.

benmischung des Fluorescenzlichts ändert sich also mit wachsender Concentration derart, dass die stärker absorbirbaren Bestandtheile immer mehr gegen die minder absorbirbaren zurücktreten. Auch diese Folgerung wird durch die Erfahrung bestätigt: die Fluorescenzfarbe des Naphthalinroths z. B. zieht sich bei concentrirtern Lösungen immer mehr in's Röthliche, diejenige des Eosins in's Olivengrüne.

10. Nehmen wir ferner an, dass sich r_0 in μr_0 ändere, so haben wir, wenn $\mu r'$ statt r eingeführt wird:

$$\int_0^R \frac{e^{-(k+k')r}}{(\mu r_0 + r)^2}\, dr = \frac{1}{\mu} \int_0^{\frac{R}{\mu}} \frac{e^{-\mu(k+k')r'}}{(r_0+r')^2}\, dr'$$

und demnach

$$\frac{\int_0^R \frac{e^{-(k+k')r}}{(\mu r_0 + r)^2}\, dr}{\int_0^R \frac{e^{-(k+k'')r}}{(\mu r_0 + r)^2}\, dr} = \frac{\int_0^{\frac{R}{\mu}} \frac{e^{-\mu(k+k')r}}{(r_0+r)^2}\, dr}{\int_0^{\frac{R}{\mu}} \frac{e^{-\mu(k+k'')r}}{(r_0+r)^2}\, dr}.$$

Man sieht daraus, dass das Verhältniss der beiden Integrale, welches $= 1$ ist für $\mu = 0$, bei wachsendem μ ähnlich wie im vorigen Fall abnimmt bis $\frac{k+k''}{k+k'}$, und erkennt somit, dass das Fluorescenzlicht bei Beobachtung aus grösserer Entfernung eine andere Farbenmischung zeigt, in welcher die absorbirbareren Strahlen in geringerem Verhältniss vertreten sind.

11. Bisher wurde angenommen, dass das Fluorescenzlicht auf demselben Wege zurückkehre, auf welchem das erregende Licht eindrang, oder dass Beleuchtung und Beobachtung von derselben Seite aus erfolge. Dieser Fall ist realisirt bei Hagenbach's erster Methode [1]), oder überhaupt wenn die von vorn

1) Pogg. Annal. Bd. CXLVI. S. 67.

oder von oben beleuchtete Substanz auch von vorn oder oben betrachtet wird.

Ist aber die Beobachtungsrichtung derjenigen der einfallenden Strahlen gerade entgegengesetzt, wie bei der von Herrn Lubarsch[1]) angewendeten Methode des „fluorescirenden Oculars", wo eine strahlende Schicht, deren Dicke R sei, sich zwischen der Lichtquelle und dem Beobachter befindet und demnach von hinten betrachtet wird, so hat das erregende dünne Strahlenbündel bis zu dem in der Tiefe r gelegenen Volumenelement in der Substanz den Weg R — r zurückzulegen. In dem Ausdruck F für die Intensität des Fluorescenzlichts muss demnach jetzt im Exponenten unter dem Integralzeichen die Grösse k den Factor R — r statt r erhalten, und der Ausdruck lautet jetzt

$$F_1 = \omega\omega' a\alpha k \int_0^R \frac{e^{-k(R-r)-k'r}}{(r_0+r)^2}\, dr.$$

Da F_1 stets kleiner ist als F, so ist die Intensität des Fluorescenzlichts, welche zur Beobachtung gelangt, geringer als wenn man die nämliche Schicht von vorn beobachtet. Auch lässt sich zeigen, dass, wenn $k' > k''$,

$$\frac{\int_0^R \frac{e^{-k(R-r)-k'r}}{(r_0+r)^2}\, dr}{\int_0^R \frac{e^{-k(R-r)-k''r}}{(r_0+r)^2}\, dr} < \frac{\int_0^R \frac{e^{-(k+k')r}}{(r_0+r)^2}\, dr}{\int_0^R \frac{e^{-(k+k'')r}}{(r_0+r)^2}\, dr},$$

d. h. dass bei dieser Art zu beobachten die stärker absorbirbaren Bestandtheile des Fluorescenzlichtes verhältnissmässig mehr geschwächt sind als im vorhergehenden Fall. Diese Methode ist daher, namentlich wenn es sich um die Wahrnehmung gerade dieser Bestandtheile handelt, eine unvortheilhafte.

12. Wenn überhaupt der Weg, den die Strahlen des Fluorescenzlichtes nach dem zu beleuchtenden Flächenelemente ω' einschlagen, abweicht von der Richtung der erregenden Strahlen, so ist die Lichtmenge, welche das Volumenelement dv nach dem Flächenelemente ω' sendet, ausgedrückt durch

---

1) Pogg. Annal. Bd. CLIII. S. 420.

$$dF = \omega' a \alpha k \frac{e^{-kr'-k'r}}{(r_0+r)^2} \cos\varphi \, dv,$$

worin r′ die Weglänge bedeutet, welche das zum Elemente dv gelangende dünne Strahlenbündel des erregenden Lichts innerhalb der Substanz zu durchlaufen hat, r den Weg des von dv ausstrahlenden Fluorescenzlichts innerhalb und r_0 ausserhalb der Substanz bis zum Flächenelement ω', und φ den Winkel, den die letztere Richtung mit der Normale dieses Flächenelementes bildet, wobei jedoch von den Effecten der Lichtbrechung abgesehen werden soll. Dieser Ausdruck würde, um die Beleuchtung des Flächenelementes ω' zu erhalten, über sämmtliche fluorescirende Volumenelemente zu integriren sein. In dieser Allgemeinheit gehört die Aufgabe zu den verwickeltsten photometrischen Problemen.

13. Wir begnügen uns hier damit, den Fall zu betrachten, dass die Beobachtungsrichtung zu derjenigen der erregenden Strahlen senkrecht stehe, indem wir zugleich blos die in der Beobachtungsrichtung, d. i. auf der Normale des Flächenelements ω' gelegenen fluorescirenden Volumenelemente berücksichtigen. Alsdann ist der Ausdruck

$$dF = \omega' a \alpha k \frac{e^{-kr'-k'r}}{(r_0+r)^2} \, dr \, dr' \, dz$$

worin r und r′ als rechtwinklige Coordinaten, und zwar r′ als gegebene Function von r, zu betrachten sind, während z die dritte zur Ebene der r und r′ senkrechte Coordinate vorstellt, nach r von r = 0 bis r = R zu integriren. Wir haben demnach, wenn wir den dem Elemente ω' zugewendeten Querschnitt $dr' \, dz$ der Volumenelemente mit ω bezeichnen:

$$F_2 = \omega \omega' a \alpha k \int_0^R \frac{e^{-kr'-k'r}}{(r_0+r)^2} \, dr \, .$$

Wäre z. B. der Grundriss des fluorescirenden Volumens ein rechtwinkliges Dreieck, dessen eine Kathete R mit der Beobachtungsrichtung, die andere demnach mit der Richtung der erregenden Strahlen zusammenfällt, und das seine Spitze mit dem Winkel β dem Beobachter zuwendet, so hat man $r' = r \operatorname{tg}\beta$, und

$$F_2 = \omega \omega' a \alpha k \int_0^R \frac{e^{-(k \operatorname{tg}\beta + k')r}}{(r_0+r)^2} \, dr$$

ist die Beleuchtung, welche das Flächenelement ω' von den längs der Kathete R gereihten Volumenelementen empfängt. Dieser Ausdruck stimmt für $\beta = 45°$ mit dem Ausdruck F, welcher für die Beobachtung von vorn gilt, vollkommen überein; für $\beta < 45°$ ist er grösser, für $\beta > 45°$ kleiner als dieser.

Dieser Fall des keilförmigen Volumens, und zwar mit veränderlichem Winkel β, ist angenähert verwirklicht in derjenigen Beobachtungsmethode, welche ich bei meinen Untersuchungen über Fluorescenz in Anwendung gebracht habe. Die fluorescirende Lösung befindet sich nämlich in einer cylindrischen Flasche von weissem Glase; das erregende Licht fällt, durch eine Linse concentrirt, auf denjenigen Quadranten der Flasche, welcher sowohl der Lichtquelle als dem zur Seite aufgestellten Beobachter zugewendet ist, und der auf der Flüssigkeit erscheinende fluorescirende kleine Lichtfleck oder vielmehr das zu ihm gehörige keilförmige Volumenstückchen wird durch das Spectroskop, dessen Spaltrohr senkrecht zur Richtung der erregenden Strahlen steht, beobachtet. Lässt man das Lichtbündel immer mehr seitwärts gegen den Beobachter zu, also immer schiefer auf die Flaschenwand treffen, so wird der Winkel β des Keiles immer grösser; eine merkliche Verminderung der Intensität des Fluorescenzlichts, wie sie oben für den Ausdruck F_2 signalisirt wurde, tritt jedoch hiebei nicht ein; jener Ausdruck bezieht sich nämlich nur auf die in der Beobachtungsrichtung selbst gelegenen Volumenelemente, während in Wirklichkeit auch die übrigen Elemente des Keils Licht nach dem Spectroskopspalt senden; da nun das Volumen des Keilchens mit wachsendem β zunimmt, so wird die vermöge des Ausdrucks F_2 eintretende Intensitätsminderung durch die grössere Anzahl der wirksamen Theilchen mehr oder weniger compensirt. Dagegen bleibt eine andere durch den Ausdruck F_2 angezeigte Wirkung der Vergrösserung des Winkels β bestehen. Da nämlich $k \operatorname{tg} \beta$ mit wachsendem β zunimmt, während k' ungeändert bleibt, so tritt der bereits oben (8) betrachtete Fall ein, und wir erkennen, dass das Verhältniss der stärker absorbirbaren Bestandtheile des Fluorescenzlichts zu den minder absorbirbaren um so grösser wird und das beobachtete Fluorescenzspectrum dem typischen um so näher kommt, je schiefer die einfallenden Strahlen auf die Flaschenwand treffen. Ausserdem besitzt diese Methode den sehr wesentlichen Vortheil,

dass man den Spalt des Spectroskops der fluorescirenden Substanz sehr nahe bringen kann, ein Umstand, der nicht nur zur Vergrösserung der absoluten Intensität des Fluorescenzlichts, sondern auch auf dessen Farbenmischung in gleich günstigem Sinne wirkt, wie der vorhin erwähnte. Diese Beobachtungsmethode zeichnet sich also dadurch aus, dass sie die Wahrnehmbarkeit der durch Absorption am meisten geschwächten Bestandtheile des Fluorescenzlichts, welche bei andern Methoden der Beobachtung so leicht entgehen, möglichst erhöht. —

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Physikalisch-Medizinischen Sozietät zu Erlangen

Jahr/Year: 1875-1878

Band/Volume: 9

Autor(en)/Author(s): Lommel Eugen von

Artikel/Article: Ueber die Intensität des Fluorescenzlichts. 1-13