

Ueber Fluorescenz.

Von

E. Lommel.

(Vorgetragen am 23. Juli 1877.)

In der Sitzung vom 17. Juli vorigen Jahres habe ich einige bis dahin noch nicht untersuchte fluorescirende Substanzen beschrieben, welche mit dem Naphthalinroth und Chlorophyll die Eigenschaft theilen, dass bei ihnen auch brechbarere Strahlen ihres Fluorescenzlichts durch weniger brechbare des erregenden Lichtes hervorgerufen werden. Nachdem ich bei dieser Untersuchung die Ueberzeugung gewonnen hatte, dass die bisherige Verkennung dieses namentlich beim Naphthalinroth so schlagend hervortretenden Sachverhalts in gewissen Mängeln der früher angewandten Beobachtungsmethoden ihren Grund hat, eine Ueberzeugung, welche ich in der Abhandlung »über die Intensität des Fluorescenzlichts« (Sitzungsber. vom 13. Nov. 1876) eingehender begründete, lag die Vermuthung nahe, dass auch unter den schon länger bekannten fluorescirenden Substanzen noch manche sich finden mögen, welche ein ähnliches, bisher übersehenes, Verhalten zeigen. Ich habe daher alle fluorescirenden Körper, welche mir zu Gebote standen, nach der in der erstcitirten Abhandlung (das. I. 3) beschriebenen Methode untersucht. Es ergab sich, dass jene Eigenschaft keineswegs so selten ist, als ich bisher anzunehmen geneigt war; dass sämmtliche von mir untersuchte fluorescirende Substanzen sich in die drei Classen einordnen, welche ich am Schlusse der oben citirten Abhandlung aufgestellt habe; dass endlich diese Classen auch durch ihr sonstiges optisches Verhalten und namentlich durch ihre Absorptionserscheinungen sich als natürliche Gruppen kennzeichnen. Durch diese Classification, nach welcher ich die von mir untersuchten Körper aufzählen will, wird die Uebersicht über die so ausserordentlich mannigfaltigen Erscheinungen ungemein erleichtert.

I. Classe. Körper, bei welchen jeder erregungsfähige homogene Lichtstrahl das ganze Fluorescenzspectrum hervorruft: Fluorescenz erster Art.

	Beginn der Fluorescenz im Spectrum.	Spectrum des Fluores- cenzlichts.
1. Chlorophyll	28	26—40
2. Naphthalinroth	41	27—60
3. Brasileïn mit Soda	47	29—65
4. Purpurin mit Alaun	47	26—68
5. Safflorcarmin	48	32—69
6. Eosin	50	28—77
7. Purpurin, ätherische Lösung	55	30—75
8. Fluoresceïn	59	30—88
9. Uranglas	75	35—86

Innerhalb dieser sowie der folgenden Classen sind die Substanzen nach dem Beginn der Fluorescenz im projecirten Spectrum, welcher in der zweiten Columne angegeben ist, geordnet die dritte Columne enthält die Grenzen des Spectrums des Fluorescenzlichts. Die Zahlen beziehen sich auf die Bunsen'sche Scala.

Das Verhalten des Chlorophylls, Naphthalinroths und Eosins habe ich schon früher besprochen; in Bezug auf die übrigen Stoffe, welche bereits von Hagenbach untersucht worden sind, kann ich mich auf wenige Bemerkungen beschränken.

Unter der Bezeichnung »Brasileïn« oder »oxydirtes Brasilin« erhielt ich von meinem Collegen Herrn Prof. Hilger eine graue krystallinische durch Einwirkung von Jod auf Brasilin dargestellte Substanz, deren gelbrothe alkoholische Lösung mit grüngelber Farbe fluorescirt. Diese Fluorescenz gehört der dritten Classe an und soll daher weiter unten beschrieben werden. Auf Zusatz von Soda wurde die Flüssigkeit dunkelroth, ihre Fluorescenz gelb, und sie erwies sich nun in optischer Hinsicht als identisch mit Hagenbachs »oxydirtem Brasilin.«

Die beiden Purpurin-Lösungen habe ich als zwei besondere Substanzen aufgeführt, da sie sich hinsichtlich ihrer Absorption und Fluorescenz wesentlich unterscheiden und daher zu vermuthen ist, dass hier zwei Körper von verschiedener chemischer Constitution vorliegen, in der ätherischen Lösung etwa das Purpurin an sich, in der Alaunlösung eine Verbindung desselben.

Die alkoholische Lösung des Safflorcarmins, welche ich

mir verschaffen konnte, fluorescirte selbst nach Zusatz von Essigsäure nur schwach; seine Zugehörigkeit zur I. Classe wurde gleichwohl mit Sicherheit constatirt.

Durch die Lichtfülle und Ausdehnung, mit welcher das stärker brechbare Fluorescenzlicht bei Erregung mit weniger brechbaren Strahlen auftritt, ist das Fluorescein besonders ausgezeichnet, und eignet sich daher neben Naphthalinroth und Eosin ganz besonders zum Nachweis dieser Erscheinung.

Ich war überrascht zu finden, dass auch das schon mehrfach untersuchte Uranglas die Stokes'sche Regel nicht befolgt; die Erscheinung ist hier allerdings, da das fluorescirende Spectrum und dasjenige des Fluorescenzlichts nur ein schmales Gebiet mit einander gemein haben, weniger auffallend, aber doch ganz unverkennbar.

II. Classe. Körper, bei welchen jeder erregungsfähige Lichtstrahl nur diejenigen Strahlen des Fluorescenzspectrum hervorrufft, welche eine geringere oder höchstens gleichgrosse Brechbarkeit besitzen als er selbst: Fluorescenz zweiter Art.

	Beginn der Fluorescenz im Spectrum	Spectrum des Fluores- cenzlichts
1. Thiomelansäure	31	30—117
2. Sandarak	34	25—132
3. Kienrussauszug mit Schwe- felkohlenstoff	37	33—112
4. Kienrussauszug mit Ter- pentinöl	49	34—120
5. Kienrussauszug mit Aether	52	35—123
6. Phosphorsäureäther des Thymols	53	25—155
7. Sulfoanthracensäure	63	30—140
8. Diphenylamin	65	36—113
9. Malzzucker	68	29—120
10. Curcumatinctur	69	32—93
11. Quassiatinctur	71	34—135
12. Stechapfelsamenauszug	79	34—121
13. Morin-Thonerde-Lösung	85	37—106
14. Sandelholzauszug mit Soda	85	29—120
15. Guajak	86	33—150

	Beginn der Fluorescenz im Spectrum.	Spectrum des Fluores- cenzlichts.
16. Salpetersaures Uran	87	31— 97
17. Farbloses Glas	89	30—130
18. Anthracen, alkoholische Lösung	90	31—160
19. Schwefelsaures Chinin	109	32—140
20. Petroleum	110	33—149
21. Fraxin	115	32—128
22. Aesculin	116	35—135
23. Sulfochloranthracensäure	136	32—150
24. Bichloranthracen	141	35—158
25. Flussspath	142	32—148

Die Mehrzahl dieser Stoffe wurde bereits von Hagenbach untersucht, mit dessen Beobachtungen die meinigen im Wesentlichen übereinstimmen, so dass ich hinsichtlich der Einzelheiten nur auf die bekannte Arbeit dieses Physikers hinzuweisen brauche. Drei davon sind aber neu, und sollen zunächst in Kürze beschrieben werden.

Phosphorsäureäther des Thymols erhielt ich von Herrn Dr. von Gerichten. Die gelbbraune Flüssigkeit, welche, ohne Absorptionsstreifen erkennen zu lassen, den brechbareren Theil des Spectrums absorhirt, fluorescirt sehr stark, im Tageslicht mit grünlichgrauer, im concentrirten Sonnenlicht mit fast weisser Farbe. Das continuirliche Spectrum des Fluorescenzlichts reicht von 25 bis 155 und besitzt von 30 bis 150 eine fast gleichbleibende Lichtstärke, so dass das Maximum, welches etwa bei 70 liegen mag, schwierig anzugeben ist. Im projecirten Spectrum beginnt die Fluorescenz mit orangegelber Farbe bald hinter D (bei 53), welche von b an in ein schmutziges Grüngelb, von F an in Bräunlichgrün, zwischen F und G in schmutziges Bläulichgrün allmählig übergeht; von G an wird der Farbenton bläulichgrau und bleibt so bis weit ins Ultraviolett. Die Fluorescenz ist stark von F bis H, am stärksten etwas vor G.

Die Sulfoanthracensäure, welche ich Herrn Prof. Hilger verdanke, stellt eine schwarzbraune Flüssigkeit dar, welche schon im concentrirten Zustand sehr stark granblau fluorescirt. Das Fluorescenzspectrum erstreckt sich von 30 bis 140, zeigt zwei Maxima der Lichtstärke bei 60 und 105 und dazwischen von 80 bis 90 ein wenig ausgeprägtes Minimum. Wird das Spectrum auf

die Flüssigkeit projicirt, so sieht man die Fluorescenz schwach bei 63, deutlich bei E beginnen; ihr Anfangs zimmetfarbener Ton geht gegen G hin in schmutziges Grünlich über; von G an wächst die Lichtstärke rasch und erreicht mit weisslich blauer Farbe ein Maximum ungefähr bei 145; der letztere Farbenton erhält sich von hier an mit abnehmender Intensität noch weit bis ins Ultraviolett. Diesem Verhalten entspricht eine energische Absorption der brechbareren Strahlen, welche ohne dass ein Absorptionsstreifen wahrnehmbar wäre, bei wachsender Verdünnung immer mehr gegen das violette Ende zurückweicht.

Unter der Bezeichnung Sulfochloranthracensäure erhielt ich von Herrn Prof. Haas in Stuttgart schon vor mehreren Jahren eine dunkel schwarzbraune Flüssigkeit, welche concentrirt im Tageslicht gar keine, im Sonnenlicht nur eine äusserst schwache Fluorescenz erkennen lässt. Setzt man aber nur einige Tropfen davon einem Liter Wasser zu, so leuchtet die nun fast farblose Flüssigkeit prachtvoll mit gesättigt blauem Fluorescenzlicht, dessen Spectrum, von 32 bis 150 sich erstreckend, die folgenden Maxima und Minima der Lichtstärke aufweist:

	Maxima	Minima
I.	55	
II.	74	65
III.	93	85
IV.	112	104
V.	134	125

Von diesen Maximis ist das IV. am intensivsten, dann folgen der Lichtstärke nach das II., I., III., V. Die Maxima und Minima sind übrigens nicht so scharf ausgeprägt wie beim Bichloranthracen. Im projicirten Spectrum beginnt die Fluorescenz erst bei 136, erreicht etwas vor H ihre grösste Intensität, erstreckt sich noch sehr weit ins Ultraviolett und zeigt in ihrer ganzen Ausdehnung einen blauen Farbenton. Entsprechend diesem Verhalten ist eine starke Absorption der brechbareren Strahlen, jedoch kein Absorptionsstreifen, wahrzunehmen.

Zu erwähnen ist ferner noch die Fluorescenz des farblosen Glases, aus welchem die im Handel vorkommenden sog. Spiritusflaschen verfertigt sind. Dasselbe fluorescirt im concentrirten Sonnenlicht mit schön hellgrüner Farbe, deren Spectrum von 30—130 reicht, jedoch nur von 35—80 eine ziemlich grosse Lichtstärke mit dem Maximum bei 68 besitzt, von 80 an aber

äusserst schwach ist. Im Spectrum beginnt die Fluorescenz schwach bei 89 und erreicht ein Maximum bei G. Ist daher die zu beobachtende Flüssigkeit in einer solchen Flasche enthalten, so kann die Fluorescenz der Glaswand erst dann einen Einfluss üben, wenn die erregenden Strahlen brechbarer sind als F. In diesem Falle, sowie bei Erregung mit weissem Sonnenlicht, wurde die zu untersuchende Flüssigkeit stets in einen Trog mit Bergkrystallwänden gebracht.

Zu dieser Classe gehören, nach gewissen weiter unten zur Sprache kommenden Analogien zu schliessen, ohne Zweifel noch folgende von Hagenbach untersuchte Körper, welche mir nicht zu Gebote standen: Salpetersaures Chrysanilin, Amid der Phtalsäure, Extract des Samens von *Peganum Harmala*, Amid der Terephtalsäure, Griessholzaufguss, Bisulfanthrachinon.

III. Classe. Körper, deren Fluorescenzspectrum aus zwei Theilen besteht, deren einem die Fluorescenz erster Art, dem andern die Fluorescenz zweiter Art eigen ist: Zusammengesetzte Fluorescenz.

	Beginn der Fluorescenz im Spectrum.	Spectrum des Fluores- cenzlichts.
1. Chamaeleingrün	28	28—42; 49—165
2. Chamaeleinblau	35	23—45; 45—60; 60—150
3. Orseille	38	30—54; 54—83
4. Chamaeleinroth	40	30—58; 63—120
5. Lacmus	44	32—55; 55—79
6. Fluoranilin	46	30—64; 64—110
7. Brasileïn	47	29—65; 65—80

Die fett gedruckten Zahlen geben die Grenzen des Theils des Fluorescenzspectrum an, welcher der Stokes'schen Regel nicht gehorcht. Von diesen Substanzen sind die drei Chamaeleinfarbstoffe von mir, Orseille, Lacmus und Fluoranilin von Hagenbach bereits früher untersucht worden. Hinsichtlich des Fluoranilin's, das ich der Güte des Herrn Prof. Hilger verdanke, weichen meine Beobachtungen von denjenigen Hagenbachs insofern ab, als ich das Fluorescenzspectrum nach der brechbareren Seite weiter ausgedehnt und mit einem vierten blauen Maximum versehen fand. Es ergaben sich nämlich für das Fluorescenzspectrum folgende Zahlen:

Beginn 30	
Maxima	Minima
I. 43	
II. 56	50.
III. 75	64.
IV. 97	88.
Ende 110.	

Das Minimum bei 64 bildet die Grenzscheide zwischen den beiden sich verschieden verhaltenden Theilen des Spectrums, von welchen der zweite bei Erregung mit weissem Licht weitaus lichtschwächer ist als der erste. In diesem Falle ordnen sich die Maxima ihrer Lichtstärke nach in die Reihenfolge II, I, IV, III. Durch blaue und violette Strahlen dagegen wird der zweite Theil des Fluorescenzspectrums stärker erregt als der erste. Den drei Absorptionsstreifen bei 60, 75 und 108, deren erster am schärfsten ausgeprägt ist, entsprechen im projecirten Spectrum drei Maxima der Fluorescenz, wovon das erste das lichtstärkste ist. Die Anfangs gelbe Farbe des fluorescirenden Spectrums verwandelt sich bei 100 plötzlich in Hellgrün, welches bald in Bläulichgrün übergeht und diesen Ton bis ins Ultraviolett beibehält.

Das Fluorescenzspectrum des schon oben erwähnten Brasileïns (oxydirten Brasilins) besteht aus zwei Theilen, welche durch ein Minimum bei 65 von einander getrennt sind; der erste von 29 bis 65 reichende Theil zeigt zwei Maxima bei 39 und 58, dazwischen ein wenig ausgeprägtes Minimum bei 50; der zweite Theil erstreckt sich von 65 bis 80 und hat seine grösste Lichtstärke bei 70. Auf Zusatz von Soda verschwindet dieser zweite Theil, während der erste bestehen bleibt (s. oben „Brasileïn mit Soda“), und die bisher grüngelbe Farbe des Fluorescenzlichts geht in gelb über; durch Zusatz von Ammoniak dagegen wird der zweite sowohl als der erste Theil verstärkt, die Fluorescenz wird olivengrün und erreicht an Kraft diejenige des Eosins. Die gelbrothe alkoholische Lösung des unveränderten Brasileïns zeigt einen Absorptionsstreifen bei 65 und eine starke Absorption des violetten Endes; durch Ammoniak wird die gesammte Absorption verstärkt und dunkelrothe Färbung bewirkt; durch Soda wird der Absorptionsstreif verstärkt, die Absorption im Violett aber geschwächt und eine mehr purpurrothe Färbung herbeigeführt. Das fluorescirende Spectrum zeigt ein orange-gel-

bes **Maximum** bei 65, hinter **E** wird die Fluorescenz schwächer und nimmt einen mehr chocoladefarbenen Ton an.

Ueberblicken wir nun die Reihe der aufgezählten Substanzen, so begegnen wir nicht weniger als 15 verschiedenen Körpern, welche sich sei es ganz (die 9 Körper der I Classe), sei es theilweise (die 6 ersten Körper der III. Classe; das Brasileïn ist nicht mitgerechnet, weil seine Fluorescenz erster Art in der I. Classe bereits mitgezählt ist) der Stokes'schen Regel entziehen. Zahlreicher sind allerdings die Körper der II. Classe, welche dieser Regel unbedingt gehorchen. Indem wir das Verhalten unserer drei Classen auch in anderen Beziehungen genauer vergleichen, gelangen wir noch zu folgenden Sätzen:

1) Zur ersten Classe gehören nur Körper mit sehr starken Absorptionsstreifen, von welchen einer selbst bei grosser Verdünnung, wenn die Absorption in den übrigen Theilen des Spectrums nicht mehr wahrnehmbar ist, noch sichtbar bleibt. Dem entsprechend sind diese Substanzen lebhaft und intensiv gefärbt (grün, roth, orange, gelb).

Diesem absoluten Maximum der Absorption entspricht im fluorescirenden Spectrum das absolute Maximum der Fluorescenz.

2) Zur zweiten Classe gehören alle fluorescirende Substanzen, die nur eine einseitige Absorption des brechbareren Endes des Spectrums zeigen. Sie erscheinen daher gelb, braun oder farblos, letzteres nämlich dann, wenn nur das äusserste Violett und das Ultraviolett der Absorption unterliegen.

Zu dieser Classe gehören allerdings auch Körper (die Kienrussauszüge), welche Absorptionsstreifen besitzen, denen zugleich Maxima der Fluorescenz entsprechen. Diese Absorptionsstreifen erscheinen aber als breite verwaschene Bänder, sogenannte Schatten, und sind keine absolute Maxima. Sie verschwinden nämlich bei wachsender Verdünnung sehr bald, noch ehe die Absorption des Violett aufhört wahrnehmbar zu sein.

Das salpetersaure Uran zeigt eine Anzahl sehr scharf ausgeprägter Absorptionsstreifen, welche jedoch zur Fluorescenz in keiner Beziehung stehen. Auch das zur ersten Classe gehörige Uranglas zeigt im Roth und Gelb Absorptionsstreifen, welche mit seiner Fluorescenz nichts zu thun haben.

Die grüne Farbe des Flusspaths von Alston Moor ist durch

ein Absorptionsband im Roth bedingt, welches zur Fluorescenz ebenfalls keine Beziehung hat.

3) Zur dritten Classe gehören, wie zur ersten, nur Körper mit starken Absorptionsstreifen und lebhafter Färbung (grün, blau, violett, roth, orange).

Die Fluorescenz erster Art scheint demnach mit der Existenz eines solchen hervorragenden Maximums der Absorption und Fluorescenz in causalem Zusammenhang zu stehen.

4) Das fluorescirende Spectrum der Körper erster Classe ist überall gleichfarbig, abgesehen von jenen leichten Aenderungen der Nüance, welche durch die von der Substanz auf ihr eigenes Fluorescenzlicht ausgeübte Absorption bedingt sind. An den schwächer fluorescirenden Stellen findet nämlich ein verhältnissmässiges Zurücktreten der stärker absorbirbaren Strahlen des Fluorescenzlichtes, welche bei allen hierher gehörigen Körpern zugleich auch die brechbareren sind, und in Folge dessen eine Vertiefung der Nüance statt.

5) Das fluorescirende Spectrum der Körper zweiter Classe ist ungleichfarbig mit allmählicher Aenderung des Farbentons, und wird erst gleichfarbig von jener Stelle an, wo das Spectrum des Fluorescenzlichts endigt.

Es kann jedoch auch hier das fluorescirende Spectrum dem freien Auge als überall gleichfarbig erscheinen. Diess ist der Fall, wenn die Spectren der erregenden und erregten Strahlen nur wenig über einander greifen (Morin-Thonerde-Lösung, salpetersaures Uran), oder wenn die Fluorescenz erst im Blau oder Violett beginnt (wie bei den Nummern 19—25 dieser Classe).

6) Das fluorescirende Spectrum der Körper dritter Classe besteht aus zwei Theilen, einem (weniger brechbaren) in seiner ganzen Erstreckung gleichfarbigen, und aus einem (brechbareren) anders gefärbten mit allmählicher Farbenänderung, welcher erst gleichfarbig wird von der Stelle an, wo das Gesamtspectrum des Fluorescenzlichtes aufhört. An der Grenze beider Theile tritt ein nahezu plötzlicher Farbenwechsel ein.

7) Die Körper dritter Classe verhalten sich wie Mischungen aus einer Substanz erster und einer solchen zweiter Classe.

Die Orseille- und Lacmusauszüge kennzeichnen sich schon

dadurch als Mischungen aus zwei fluorescirenden Substanzen, dass je nach dem Lösungsmittel bald die eine bald die andere Fluorescenz stärker hervortritt, wodurch das Aussehen der Gesamtfluorescenz geändert wird. Aus zwei verschiedenen Lacmussorten erhielt ich durch Alkohol Auszüge, von denen der eine im Tageslicht orange, der andere grüngelb fluorescirt; ihre Fluorescenzspectren zeigen aber keinen Unterschied, als dass der zweite gelbgrüne Theil bei letzterem verhältnissmässig stärker ausgebildet ist. Auch das Fluoranilin dürfte als eine Mischung zweier fluorescirender Substanzen zu betrachten sein. Dass das Brasileïn eine solche ist, wird durch den Umstand wahrscheinlich gemacht, dass die Fluorescenz zweiter Art durch Zusatz von Soda vernichtet, durch Zusatz von Ammoniak aber verstärkt wird, während diejenige erster Art bestehen bleibt. Ob die Chamaeleïnfärbstoffe wirklich chemische Individuen sind, wie es allerdings den Anschein hat, müsste durch eine genauere Untersuchung derselben erst noch entschieden werden.

Wäre einmal unzweifelhaft nachgewiesen, dass alle diese Körper aus zwei fluorescirenden Stoffen gemischt sind, so könnte man überhaupt diese dritte Classe streichen und die getrennten Substanzen in die beiden ersten Classen einreihen. Da jedoch diese Trennung noch nicht durchgeführt ist, und die Möglichkeit, dass ein einheitliches Molekül beide Arten von Fluorescenz zugleich besitze, nicht von vornherein zurückgewiesen werden kann, so glaubte ich diese Classe bis auf weiteres noch aufrecht halten zu müssen.

Durch künstliche Mischung von Substanzen erster und zweiter Classe lassen sich Fluorescenzen dritter Classe in grosser Mannigfaltigkeit nach Belieben herstellen. Man erzielt auf diese Weise oft wunderbare Farbeffekte, welche sich durch Zusatz stark gefärbter nicht fluorescirender Substanzen noch überraschender gestalten.

Man sieht nun auch, dass noch andere zusammengesetzte Fluorescenzen, als diejenigen unserer dritten Classe, möglich sind und sich künstlich hervorbringen lassen; nämlich, sofern wir uns auf nur zwei fluorescirende Stoffe beschränken, durch Mischung zweier Substanzen erster Classe, und durch Mischung zweier Substanzen zweiter Classe. Eine Mischung ersterer Art (z. B. von Naphthalinroth mit Fluoresceïn oder mit Eosin) ist bei der spectralen Untersuchung leicht als solche zu erkennen; ihr Fluores-

cenzspectrum besteht nämlich aus zwei durch ein Minimum getrennten Theilen, deren keiner der Stokes'schen Regel gehorcht, wovon jedoch der zweite (nur dem Fluoresceïn oder Eosin angehörige) brechbarere Theil verschwindet, sobald das einfallende homogene Licht bis zu der diesen letzteren Stoffen zukommenden unteren Grenze der Erregbarkeit herabgegangen ist. Eine Mischung aus zwei Substanzen zweiter Classe dagegen wird nicht leicht als solche erkannt, da sie sich selbst wie ein Körper zweiter Classe verhält. Es ist möglich, dass unter den in der zweiten Classe aufgezählten Körpern sich solche Mischungen aus zwei oder mehreren bisher noch nicht getrennten Stoffen befinden. Das verschiedene Verhalten der Kienrussauszüge würde sich z. B. sehr leicht durch die Annahme erklären, dass im Kienruss zwei oder mehrere fluorescirende Substanzen zweiter Classe enthalten sind, welche von den verschiedenen Lösungsmitteln in verschiedenem Verhältniss aufgenommen werden.

Für die zuletzt besprochenen beiden Arten zusammengesetzter Fluorescenz eigene Classen aufzustellen, hielt ich nicht für gerechtfertigt, da für die erstere Art die Natur selbst bis jetzt kein Beispiel darbietet, die letztere Art aber durch optische Mittel als zusammengesetzt nicht zu erkennen ist.

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 Fluorescenz. 196-203](#)