©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Über Fluoreszenz und lichtelektrische Wirkungen.

Von

Prof. Dr. Egon Ritter v. Schweidler.

Vortrag, gehalten den 12. Februar 1908.

(Mit Experimenten.)

Mit 2 Abbildungen im Texte.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Meine Damen und Herren!

In einleitenden Betrachtungen über die Grundbegriffe der Optik pflegt man die Körper, welche Licht in unser Auge gelangen lassen, in zwei Hauptgruppen einzuteilen: in selbstleuchtende und in beleuchtete. So einfach es nun auf den ersten Blick erscheint, diese Unterscheidung zu treffen zwischen Körpern, die z. B. infolge hoher Temperatur glühen und daher als Selbstleuchter aufzufassen sind, und solchen, die nur im Lichte einer fremden Lichtquelle sichtbar sind, im dunklen Raume aber selbst kein Licht aussenden, so gibt es doch eine Klasse von Körpern, die eine Mittelstellung zwischen den beiden Hauptgruppen einnehmen und je nach dem Standpunkte der Beurteilung als selbstleuchtende oder als bloß beleuchtete aufgefaßt werden können: die fluoreszierenden Körper.

Ein Würfel aus Uranglas, in den intensiven weißen Lichtkegel gestellt, der von der Kondensorlinse des Projektionsapparates ausgeht, scheint, von der Seite gesehen, in apfelgrüner Farbe zu leuchten (Demonstration). Die nächstliegende Annahme wäre es nun, daß hier durch unregelmäßige Reflexion an Trübungen des Glases das

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Licht diffus nach allen Seiten zerstreut wird und infolge der grünen Eigenfarbe dieser Glassorte, also durch Absorption im Glase, entsprechend gefärbt wird. Ähnlich sehen wir ja die Bahn eines intensiven Lichtbündels in Luft, die durch Staub oder Nebel getrübt ist, in trübem Wasser u. dgl. Daß aber diese Annahme hier unzulässig ist, ergibt sich erstens daraus, daß der Glaswürfel, im durchfallenden Lichte gesehen, ganz klar erscheint, zweitens daraus, daß, ebenfalls im durchfallenden Lichte, seine Farbe eine gelbliche, nicht aber apfelgrüne ist. Die Farbe des „Fluoreszenzlichtes" (grün) stimmt also weder mit der Farbe der Beleuchtung (weiß), noch mit der vom Körper hindurchgelassenen Farbe (gelb) überein. Analoge Erscheinungen zeigen sich an einigen anderen fluoreszierenden Körpern (Demonstration).

Substanz	Farbe der Beleuchtung	Eigenfarbe der Substanz	Fluoreszenz
Fluoreszëin-Lösung . .	weiß	rot-gelb	grün
Chininsulfat-Lösung . .	weiß	wasserhell	himmelblau
Magdalarot-Lösung . .	weiß	rubinrot	gelbrot

Auch die Fluoreszëin-Lösung, die in konzentrierter Form rotgelb erscheint, kann soweit verdünnt werden, daß die Lösung im durchfallenden Lichte wasserhell erscheint, während das grüne Fluoreszenzlicht sichtbar bleibt (Demonstration, daß eine konzentrierte Lösung sukzessive auf $^1/_{100}$, $^1/_{10000}$, $^1/_{100000}$, $^1/_{1000000}$ ihrer ursprünglichen Konzentration verdünnt wird, wobei das Fluores-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

zenzlicht, wenn auch in abnehmender Stärke, sichtbar bleibt).

Einen weiteren Beweis, daß bei fluoreszierenden Körpern die ihnen eigentümliche Fluoreszenzfarbe in anderer Weise entsteht wie die gewöhnlichen Absorptionsfarben, liefert auch ihr Verhalten gegen sogenannte Farbenfilter, d. i. färbige Glasplatten, die nur Licht bestimmter Farbe hindurchlassen. Wird z. B. weißes Licht durch Brechung in einem Prisma in ein Spektrum zerlegt, das als farbiges Band auf einem weißen Schirme erscheint, so ist es gleichgültig, an welcher Stelle zwischen Lichtquelle und Auge ein rotes Glas eingeschaltet wird; stets bleibt dann vom Spektrum nur der rote Teil sichtbar, weil eben nur die roten Strahlen das „Farbenfilter" passieren können, alle anderen darin absorbiert werden. Ob diese Absorption vor der Zerlegung des weißen Lichtes, also durch Einschaltung der Platte zwischen Lichtquelle und Prisma, oder nach der Zerlegung, also durch Einschaltung zwischen Prisma und Auge, stattfindet, ändert nichts an dem Resultate.

Anders bei der Fluoreszenz. Eine grünblaue Glasplatte, zwischen Auge und fluoreszierendes Chininsulfat gebracht, läßt das Fluoreszenzlicht dieser Substanz teilweise passieren, so daß die Fluoreszenzerscheinung sichtbar bleibt; zwischen Lichtquelle und Lösung gestellt, schneidet dieselbe Platte das Fluoreszenzlicht ab; die Lösung erscheint in der blaugrünen Beleuchtung nicht anders wie gewöhnliches klares Wasser (Demonstration).

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Gerade umgekehrt wirkt dasselbe Farbenfilter bei Magdalarot: das gelbrote Fluoreszenzlicht ist nicht sichtbar durch die blaugrüne Platte, wenn diese zwischen Auge und Lösung gestellt wird; zwischen Lichtquelle und Lösung eingeschoben, läßt sie das Magdalarot in der blaugrünen Beleuchtung dasselbe gelbrote Fluoreszenzlicht aussenden wie in der weißen Beleuchtung ohne Farbenfilter (Demonstration).

Dies beweist, daß bei der Fluoreszenz nicht eine Farbe auftritt durch Zerlegung des weißen Lichtes in seine Bestandteile und Sonderung derselben durch Absorption, sondern daß vielmehr eine Umwandlung des Lichtes stattfindet. Der fluoreszierende Körper wird durch auffallendes Licht bestimmter Farbe zum Selbstleuchten angeregt und sendet Licht von der ihm eigenen Fluoreszenzfarbe aus, die im allgemeinen von der Farbe des einfallenden Lichtes ganz verschieden ist. Der fluoreszierende Körper ist also nicht selbstleuchtend, insoferne er nur im Lichte einer fremden Lichtquelle sichtbar ist, im dunklen Raume keinerlei Strahlen aussendet, insoferne selbstleuchtend, als er — angeregt durch einfallendes Licht — nun eigenes Licht aussendet, nicht bloß das einfallende durch Reflexion oder Brechung in anderer Richtung weiterleitet.

Wir haben also zu unterscheiden zwischen dem einfallenden Lichte, das die Fluoreszenz erregt, und dem Fluoreszenzlichte selbst. Nicht alle Farben, die im weißen Lichte enthalten sind, sind gleich geeignet, Fluoreszenz zu erregen. Rotes Licht (durch Vorschalten einer roten

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Glasplatte vor der Lichtquelle erzeugt) erregt an keiner der früher verwendeten Substanzen Fluoreszenz; grünes Licht (durch grüne Glasplatte) erregt Fluoreszenz beim Magdalarot, nicht aber bei den anderen, blaues Licht endlich bei allen hier vertretenen Körpern (Demonstration). Die fluoreszenzerregende Wirkung kommt also im allgemeinen den brechbareren (kurzwelligen) Strahlen in stärkerem Maße zu als den weniger brechbaren (langwelligen) Strahlen.

Die sogenannten ultravioletten Strahlen, die noch brechbarer sind als das violette Licht, für das Auge unsichtbar sind, durch ihre Wirkung auf die photographische Platte aber nachgewiesen werden können, sind ebenfalls stark fluoreszenzerregend.

Wir wenden uns nun einem anderen Erscheinungsgebiete zu, das zunächst mit der Fluoreszenz keinerlei Zusammenhang zeigt: der Wirkung des Lichtes auf elektrische Entladungen.

H. Hertz hat bei seinen Experimenten über die Erzeugung elektrischer Wellen eine störende Nebenerscheinung genauer untersucht und dann als Beeinflussung einer Funkenentladung durch auftreffendes Licht erkannt. Zur Demonstration dieser Wirkung verwende ich hier eine Funkenstrecke, bestehend aus zwei Zinkkugeln, die gegeneinander verschiebbar sind und mit den Klemmen eines kleinen Ruhmkorffschen Induktoriums verbunden sind. Wird dieses in Betrieb gesetzt, so tritt zwischen den Zinkkugeln eine Funkenentladung auf, aber höchstens bis zu einer Funkenlänge von etwa 5—6 *mm*. Werden die Ku-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

geln etwas weiter voneinander entfernt, so erlischt der Funkenstrom. Lasse ich nun das Licht der Bogenlampe auf die Zinkkugeln fallen, so setzt der Funkenstrom wieder ein; durch Abblenden des Lichtes mittels eines undurchsichtigen Kartonblattes erlischt er abermals. Das auf die Zinkkugeln fallende Licht befördert also die Funkenentladung, läßt sie noch auftreten bei einer Schlagweite, die ohne Mitwirkung des Lichtes von der Stromquelle nicht mehr durchschlagen werden kann.

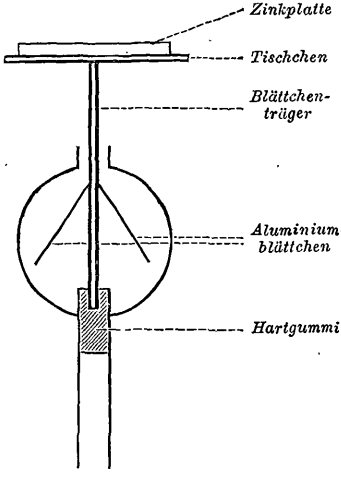

Fig. 1.

Wird an Stelle des undurchsichtigen Kartonblattes eine Platte von klarem Fensterglas abwechselnd zwischen Bogenlampe und Funkenstrecke gebracht und wieder entfernt, so wirkt sie in derselben Weise; eine Quarzplatte dagegen schneidet die die Entladung befördernden Strahlen nicht ab (Demonstration).

Die Einwirkung auf die Funkenentladung kommt also nicht allen Lichtstrahlen gleichmäßig zu, sondern nur jenen, die vom farblosen Glase absorbiert, von Quarz

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

aber durchgelassen werden. Dies sind offenbar die ultraviolletten Strahlen, von denen das eben erwähnte Verhalten gegen Glas und Quarz bekannt ist.

Eine andere Form der Wirkung des Lichtes wurde von Hallwachs entdeckt; folgender Versuch diene zu ihrer Demonstration (vgl. Fig. 1).

Direkt auf den Blättchenträger eines Elektroskops, dessen Ladung durch die Spreizung der dünnen Aluminiumblättchen angezeigt wird, ist ein horizontales Tischchen aufgesetzt; auf dieses wird eine frisch amalgamierte Zinkplatte gelegt. Das aus Blättchenträger, Blättchen, Tischchen und Zinkplatte bestehende System ist durch einen Hartgummipfropfen isoliert; nach positiver oder negativer Ladung des Systems nimmt daher der Ausschlag der Blättchen nur unmerklich langsam ab, während sie bei ableitender Berührung, z. B. mit der Hand, sofort zusammenfallen.

Wird nun die Zinkplatte mittels eines Stückes brennenden Magnesiumbandes beleuchtet, so hat dies keinen Einfluß, wenn das Elektroskop positiv geladen wurde; bei negativer Ladung aber fallen die Blättchen mit merklicher Geschwindigkeit zusammen; es wird also infolge der Belichtung eine negative, nicht aber eine positive Ladung der Zinkplatte in die umgebende Luft zerstreut; man nennt diese „lichtelektrische Zerstreuung negativer Ladungen“ auch nach ihrem Entdecker kurz „Hallwachseffekt“.

Nicht alle Lichtstrahlen sind fähig, diesen Hallwachseffekt hervorzurufen; das Licht einer Glühlampe z. B.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

wäre wirkungslos; wieder sind es die ultravioletten und teilweise noch die sichtbaren violetten und blauen Strahlen, die sich wirksam erweisen; aus diesem Grunde wurde auch zur Beleuchtung brennendes Magnesium verwendet, da dieses Licht an solchen Strahlen reich ist.

Wie Elster und Geitel fanden, gibt es einige Metalle, die auch durch sichtbares Licht ohne Mitwirkung ultravioletter Strahlen eine kräftige lichtelektrische Zerstreuung zeigen, z. B. Kalium. Die sogenannte lichtelektrische Kaliumzelle nach Elster-Geitel besteht aus einem kugelförmigen Glasballon, in dem metallisches Kalium die eine Hälfte der Innenwand bedeckt; durch einen das Glas durchsetzenden Platindraht ist das Kalium nach außen hin mit einem Elektroskop in leitende Verbindung zu setzen. Ein zweiter Platindraht bildet die andere Elektrode für die Entladung, die in der Zelle entstehen soll. Da das Kalium in Luft oxydieren würde, ist der Glasballon statt mit Luft, mit verdünntem Wasserstoff gefüllt. Die ganze Zelle ist in eine Metallbüchse eingebaut, die bloß zwei mit Hartgummipfropfen verschlossene Öffnungen besitzt zur isolierten Durchführung der Zuleitungen zu den Elektroden. Der Kaliumfläche gegenüber befindet sich in der Metallbüchse eine kreisförmige Öffnung, die durch einen gut passenden Deckel lichtdicht verschlossen werden kann (vgl. Fig. 2).

Wird die Kaliumelektrode mit dem Elektroskop verbunden, die zweite Elektrode zur Erde abgeleitet, so erhält sich die Ladung des Elektroskops — ohne Rücksicht auf ihr Vorzeichen — so lange der Deckel geschlossen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

bleibt. Wird der Deckel abgehoben und die Kaliumfläche durch eine Glühlampe belichtet, so erhalten wir die gleiche Erscheinung wie früher bei der Zinkplatte: eine positive Ladung bleibt unbeeinflußt, eine negative wird rasch entladen, daher rasches Zusammenfallen der Elektroskopblättchen.

Werden nun statt des Deckels verschieden gefärbte Glasplatten über die Öffnung gelegt, so zeigt sich folgendes:

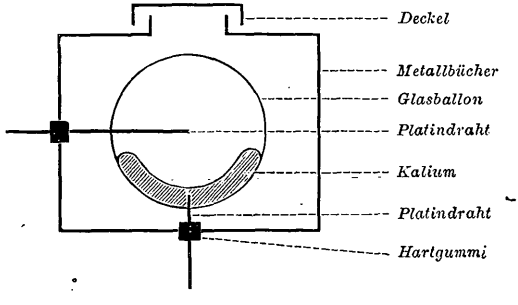

Fig. 2. Kaliumzelle.

bei rotem Glase findet keine Entladung statt, bei gelbem eine langsame, bei grünem eine etwas raschere; bei blauem Glase ist die Entladung fast ebenso rasch wie im direkten Lichte ohne Farbenfilter (Demonstration). In diesem Falle sind also Strahlen des sichtbaren Lichtes wirksam gewesen, besonders das blaue Licht, nur Rot war unwirksam.

Versuche von Lenard, deren genauere Besprechung hier zu weit führen würde, haben gezeigt, daß die licht-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

elektrische Entladung nichts anderes als ein spezieller Fall der Kathodenstrahlung ist. Bei elektrischen Entladungen, die unter Anwendung von Stromquellen hoher Spannung in sehr verdünnten Gasen erzeugt werden, ist die negative Elektrode oder Kathode Ausgangspunkt von Strahlen, die demzufolge Kathodenstrahlen genannt werden. Diese Strahlen sind direkt nicht sichtbar, rufen aber bei vielen Körpern durch ihr Auftreffen Fluoreszenz hervor (Demonstration von zwei Entladungsröhren mit der Kathode gegenüberstehenden Substanzen, die bei Eintreten der Entladung hell aufleuchten).

Über die Natur dieser Kathodenstrahlen waren längere Zeit zwei Theorien im Kampfe: die Undulations- oder Äthertheorie, die sie analog wie das Licht als wellenartigen Vorgang im Äther ansah, und die Emissions- oder Korpuskulartheorie, die sie zurückführte auf die geradlinige Bewegung kleiner Körperchen („Korpuskel"), welche von der Kathode weggeschleudert werden.

Die genauere Untersuchung der Kathodenstrahlen und ihrer Eigenschaften (magnetische Ablenkbarkeit etc.) entschied zugunsten der letzteren Theorie. Zugleich ergab sich aber ein überraschendes Resultat bezüglich der Masse und Geschwindigkeit der Korpuskeln. Diese beiden Größen lassen sich nämlich aus der Ablenkung berechnen, die die Kathodenstrahlen in einem magnetischen Felde erfahren. Die Geschwindigkeit der Korpuskeln ist enorm groß, etwa 10.000 *km* in der Sekunde, ihre Masse dagegen etwa 1500 mal kleiner als die des Wasserstoff-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

atomes, des kleinsten und leichtesten aller Atome unter den bekannten Elementen. Diese Korpuskel, die außerdem eine negative elektrische Ladung besitzen, bezeichnet man als Elektronen.

Die lichtelektrische Zerstreuung besteht nun nach Lenard darin, daß unter dem Einflusse auftreffenden Lichtes von manchen Körpern (Zink, Kalium u. a.) solche Elektronen mit großer Geschwindigkeit ausgesendet werden.

Die Elektronen spielen aber auch in anderen Erscheinungsgebieten eine wichtige Rolle, so z. B. bei der Strahlung der radioaktiven Stoffe und bei optischen Erscheinungen. Man faßt heute die Elektronen als einen Bestandteil der früher für unteilbar angesehenen Atome auf. Freie Elektronen, die zwischen den Molekülen eines Metalles sich bewegen, sind nach der modernen Theorie die Ursache der Elektrizitätsleitung der Metalle. Gebundene Elektronen, die den Verband, welchen ein Molekül bildet, nicht verlassen können, aber innerhalb des Komplexes der das Molekül zusammensetzenden Teilchen Schwingungen ausführen, beeinflussen das optische Verhalten (Brechung, Farbenzerstreuung, Absorption des Lichtes) der verschiedenen Körper.

Die anfangs besprochenen Fluoreszenzerscheinungen werden nun darauf zurückgeführt, daß durch die Schwingungen des einfallenden Lichtes die gebundenen Elektronen mancher Körper in besonders heftiges Mitschwingen versetzt werden, so daß sie selbst Ausgangspunkte einer neu erzeugten Lichtstrahlung, des Fluoreszenzlichtes, werden.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die beiden Erscheinungsgruppen, die wir heute betrachtet haben, die Fluoreszenz und die lichtelektrischen Wirkungen, sind also in ihrem Wesen nahe verwandt: Auslösung heftiger Schwingungen gebundener Elektronen durch das Licht im einen Falle, Auslösung einer geradlinigen Fortbewegung bei den freien Elektronen mancher Metalle im anderen Falle.

Nur an diesem einen Beispiel sollte gezeigt werden, wie die moderne, noch mitten in voller Entwicklung stehende Elektronentheorie zwischen ganz verschiedenartigen Naturerscheinungen Zusammenhang und Wesensgleichheit aufdeckt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: 48

Autor(en)/Author(s): Schweidler Egon Ritter von

Artikel/Article: Über Fluoreszenz und lichtelektrische Wirkungen. 351-364