verschiedenen Methoden erhaltenen Werthe muss die von Stohmann gefundene Verbrennungswärme:

51,39 cal. sein,

woraus sich die Bildungswärme zu:

210,78 cal.

berechnet, als fehlerhaft bezeichnet werden.

Ich betrachte es als ein Hauptresultat dieser stellenweise recht mühsamen Experimentaluntersuchung, dass sich durchweg, soweit eine directe Vergleichung möglich war, eine Bestätigung der Thomsen'schen Versuchsdaten ergeben hat. Ich gestehe, dass ich dieses Resultat bei der vollendeten experimentellen Sicherheit und Umsicht des verdienstvollen dänischen Forschers vorhergesehen habe, und ich wäre erfreut, wenn diese bescheidene Untersuchung dazu beitrüge, die heftige Polemik, die man gegen seine Resultate beliebte, auf ihr richtiges Maass zurückzuführen, soweit sie sich auf die directen Versuchsergebnisse bezog.

Graz, im März 1889.

V. Zerstöuben der Körper durch das ultraviolette Licht; von Philipp Lenard und Max Wolf.

(Hierzu Taf. V Fig. 3.)

1. Hertz' Entdeckung einer Wirkung des ultravioletten Lichtes auf die Schlagweite electrischer Funken¹⁾ folgte eine Reihe von Untersuchungen, in denen diese Wirkung näher studirt wurde. Es fand sich, dass das Licht nicht auf das Gas zwischen den Electroden und nicht auf die Anode, sondern blos auf die Kathode wirkt (E. Wiedemann und Ebert)²⁾, dass es also den Uebergang von negativer Electricität in die Luft veranlasst, wo er sonst nicht stattgefunden hätte. Man fand, dass auch negative Electricität von geringer Spannung durch ultraviolette Bestrahlung in die Luft entladen wird

1) Hertz, Wied. Ann. **31.** p. 983. 1887.

2) Wiedemann u. Ebert, Wied. Ann. **33.** p. 241. 1888.

(Hallwachs)¹⁾ und sich nach den Leitern der Umgebung be-
gibt. So kam man dazu, aus zwei durch Luft getrennten Me-
tallen, deren eines bestrahlt wurde, eine „photoelectrische Zelle“
zusammenzusetzen (Stoletow).²⁾

Der letzte Fortschritt wurde von Hallwachs³⁾ und Righi
gemacht, welche fanden, dass auch ein unelectrischer Körper
durch blosse Bestrahlung zur Kathode wird, d. h. dass er nega-
tive Electricität von sich abgibt und also selbst positiv elec-
trisch zurückbleibt. Righi hat diese Wirkung einer sehr ge-
nauen Untersuchung unterworfen, und man findet in seiner
Abhandlung⁴⁾ auch die gesammte Literatur sorgfältig zusam-
mengestellt. Er fand, dass ein Körper, der durch das ultra-
violette Licht negative Electricität abgibt, dabei zurückgestossen
wird, während die von ihm abfliegenden Träger der negativen
Electricität längs der Kraftlinien nach den Leitern der Um-
gebung ziehen. Ueber die Natur dieser abgehenden Träger
der Electricität sagt Righi: „Aus noch unbekannten Gründen
veranlasst das ultraviolette Licht, wenn es auf ein Metall fällt,
die Gastheilchen nächst dessen Oberfläche, oder die an dieser
adhärirenden Gastheilchen, sich mit negativer Ladung zu ent-
fernen, den Leiter positiv electrisch zurücklassend.“

2. Wir hatten uns, insbesondere aus Nahrwold's vor-
sichtigen Untersuchungen⁵⁾, die Meinung gebildet, Gase könnten
niemals electrisch geladen werden, und auch kein Theilchen
derselben wäre im Stande, irgend eine Quantität Electricität
aufzunehmen. So oft in einer Gasmasse eine electrische La-
dung gefunden wurde, liess sich nachweisen, dass sie Staub
enthielt, und es war nicht möglich, eine Ladung anders hinein-
zubringen, als indem man Staub in dieselbe brachte. Staub
kann electrisirt werden, ein Gas nicht.

So kamen wir dazu, zu denken, das was von dem ultra-
violetten Lichte veranlasst würde, ein bestrahltes Metall mit
negativer Ladung zu verlassen, müsse das zerstäubte Metall

1) Hallwachs, Wied. Ann. **33**. p. 301. 1888.

2) Stoletow, Compt. rend. **106**. p. 1149. 1888.

3) Hallwachs, Wied. Ann. **34**. p. 731. 1888.

4) Righi, Mem. della Reale Acad. di Bologna. (4) **9**. p. 369. 1888.

5) Nahrwold, Wied. Ann. **31**. p. 448. 1887 u. **35**. p. 107. 1888.

sein, oder mit anderen Worten: das ultraviolette Licht zerstäube die Körper.

Unsere Vermuthung wurde durch die folgenden Versuche bestätigt.

3. Um das Weggehen von Metalltheilchen durch die ultraviolette Bestrahlung nachzuweisen, versuchten wir zuerst, dünne Metallschichten auf Glas in einer Bogenlampe längere Zeit zu beleuchten, um ein Dünnerwerden an den bestrahlten Stellen zu erzielen; das in der Durchsicht hätte wahrgenommen werden können. Eine Gewichtsabnahme nachzuweisen, konnten wir in einigermassen annehmbaren Zeiträumen nicht erwarten.

Wir klebten Goldblatt (etwa $70 \cdot 10^{-6}$ mm dick) mit einem zähen Fett auf Glas, beschatteten es an einigen Stellen durch in 2 mm Abstand übergelegte und mit dem Goldblatt leitend verbundene Stanniolstege und verschlossen das Ganze durch einen Gypsdeckel staubdicht. Ein zweites ähnliches Goldblatt war mit einem Glimmer bedeckt, welcher in einem Ausschnitt eine Quarzplatte trug, unter der sich wieder eine durch Stanniol beschattete Stelle befand. Ebenso waren noch viel dünnere, niedergeschlagene Gold- und Silberschichten hergerichtet. Eine versilberte Platte war ferner zur Hälfte galvanisch verkupfert. Die Grenze zwischen Kupfer und Silber war genau markirt, und der davorstehende Quarz war so gerichtet, dass die Grenze zwischen Quarz und Glimmer gerade auf die von Kupfer und Silber projecirt wurde, das Silber also kein Ultraviolett erhalten konnte. Endlich war eine kreisförmige Goldplatte auch durch Glimmerblatt mit Quarzfenster bedeckt. Drähte, welche das Ganze zusammenhielten, gingen über den Quarz hinweg und beschatteten diesen an einzelnen Strichen.

Bei allen diesen Apparaten waren nach der Belichtung in der Bogenlampe, die ca. 50 Stunden dauerte, im wesentlichen zwei verschiedene Wirkungen zu bemerken: 1) Dort, wo die Schichten ultraviolettes Licht erhalten hatten, war im reflectirten Lichte ein Matt- oder Rauherwerden der Oberfläche zu constatiren, die Quarze und Stege also abgebildet. Im durchgehenden Lichte sah man nichts verändert. Dort, wo die Schichten kein ultraviolettes Licht erhalten hatten (es waren auch Glasstege angebracht), war kein Rauherwerden der Oberfläche eingetreten, sondern sie hatte ihr ursprüngliches Aus-

sehen bewahrt. Bei der kreisförmigen Goldplatte waren die Stellen, wo der Quarz selbst durch die Drähte von aussen beschattet war, als unverändert gebliebene Striche abgebildet, während die übrigen Theile mit Staub bedeckt waren. 2) Die Grenze zwischen Kupfer und Silber war etwas gewandert, und zwar hatte sich das bestrahlte Kupfer auf die Seite des unbestrahlten Silbers hinübergezogen.

Aus diesen Beobachtungen liess sich noch kein unmittelbarer Schluss ziehen; wir werden aber im Folgenden sehen, dass sich diese zwei Wirkungen nothwendig ergeben mussten.

4. Wir schlugen einen anderen Weg ein und suchten den Staub der bestrahlten Körper direct auf seinem Wege durch die Luft nachzuweisen, und dazu verwandten wir als handlichstes Reagenzmittel auf feinen Staub den Aitken-Helmholtz'schen Dampfstrahl.¹⁾

Unsere Lichtquelle hierbei bildeten bei den meisten Versuchen die Funken eines grossen Ruhmkorff-Inductors zwischen spitzen Zinkelectroden. Der Unterbrecher gab 32 Funken in der Secunde; zwei grosse Leydener Flaschen von zusammen 0,01 Mikrofarad Capacität waren eingeschaltet, und es wurde volle Schlagweite von 12 mm angewandt. Den primären Strom lieferten sechs Bunsenelemente. Wir haben aber eine Reihe unserer Versuche auch mit electricischem Lichte zwischen Zink und Kohle (nach Righi²⁾) ausgeführt, resp. wiederholt, welches eine mächtige ultraviolette Lichtquelle abgibt, während das gewöhnliche electriche Licht (ca. 65 Volt Klemmspannung in jedem Falle) ärmer an ultravioletten Strahlen als das Funkenlicht ist. Magnesiumlicht enthält noch weniger dieser Strahlen. Das Funkenlicht enthält verhältnissmässig am wenigsten längere Wellen und ist dadurch sehr vorthellhaft, indem es weder das Auge blendet, noch nahestehende Apparate durch Strahlung erwärmt.

Die Lichtquelle befand sich immer vor einem genügend grossen Zinkschirm, in dessen Mitte ein Loch von 3 cm Durchmesser ausgeschnitten war, das wir durch verschiedene Quarzlin sen oder Platten, resp. Gyps staubdicht verschlossen, und

1) Aitken, Trans. Roy. Soc. Edinburgh. **30**, p. 337. 1881. — R. v. Helmholtz, Wied. Ann. **32**, p. 1. 1887.

2) Righi, l. c. p. 379.

durch welches das Licht zu den zu bestrahlenden Körper aus-
trat. Bei Benutzung der Inductionsfunken bedeckten wir die
Oeffnung ausserdem öfters noch mit einem Drahtgitter (wie
der Schirm zur Erde abgeleitet), um uns zu überzeugen, ob
etwa durch die Oeffnung dringende electriche Oscillationen
von Einfluss waren, konnten aber nie etwas bemerken.

Zum Vergleiche der ultravioletten Intensitäten der ver-
schiedenen Lichtquellen stellen wir den Hallwachs'schen
Versuch¹⁾ mit denselben an. Eine blankgeputzte Zinkscheibe
von 8 cm Durchmesser war verbunden mit Goldblattelectroskop
und demselben ein Ausschlag von etwa -1000 Volts gegeben.
Folgendes sind im Mittel die Zeiten, innerhalb deren sich dieser
Ausschlag durch die Belichtung der Zinkplatte auf -200 Volts
verringerte.

Zinkplatte in 30 cm Abstand von d. Lichtquelle.	Gew. Kohlenbogen	17.2
" " " " " "	Zink-Lichtbogen	2 3
" " " " " "	Funkenlicht	10 7
" " 10 cm " " "	"	1 9

Mit dem Funkenlichte konnten wir einer viel kleineren unelec-
trischen Zink- oder Kupferplatte in 30—40 cm Abstand in
einigen Secunden eine mit Säulenelectroskop stark bemerkbare
positive Ladung ertheilen.

5. Bei unseren ersten Versuchen mit dem Dampfstrahl
stiessen wir auf eine unerwartete Erscheinung. Befand sich
nämlich hinter dem Zinkschirme mit dem Quarzfenster nichts
als der Dampfstrahl, so erfolgte bei Belichtung Staubanzeige
in demselben. Dieselbe wurde gänzlich verhindert durch Ab-
schneiden des ultravioletten Lichtes mittelst eines zwischen
Lichtquelle und Quarz geschobenen Glas- oder Glimmerstreifens.
Es wurde also hier irgend ein Körper durch das ultraviolette
Licht zerstäubt. Ob der Dampfstrahl vom Lichte getroffen
wird oder nicht, war gleichgültig.

Wir versuchten nun, diesen Staub in einem grossen Glas-
ballon, wie Aitken und Kiessling²⁾, nachzuweisen. Dazu
war in den Hals des Ballons ein Kautschukstopfen eingesetzt,

1) Hallwachs, Wied. Ann. **33**. p. 301. 1888.

2) Aitken, l. c. — Kiessling, Abhandl. d. Naturw. Vereins
Hamburg-Altona. **8**. Abth. I. 1884.

der eine weite Oeffnung zum Einlassen des Lichtes und zwei engere für zwei Glasröhren besass. In der weiten Oeffnung steckte ein kurzes Glasrohr, das an seinem inneren Ende luftdicht eine Quarzlinse angekittet trug. Durch die Röhren der engen Oeffnungen konnte man durch den Ballon Luft saugen, die vorher ein Wattefilter passirt hatte, und also ihn staubfrei machen. Im Ballon befand sich stets etwas Wasser. Um den Balloninhalt auf Staub zu prüfen, konnte man mit einer kleinen Druckpumpe staubfreie Luft hineinpresseu und dann durch plötzliches Ausziehen eines Hahnkegels die Luft sich wieder ausdehnen lassen; der Wasserdampf der so übersättigten Luft condensirt sich dann an etwa vorhandenen Staubkernen und macht sie als Nebel sichtbar.

Nachdem der Ballon durch genügend langes Durchsaugen vollkommen staubfrei gemacht worden war, bedeckten wir die Oeffnung, durch die das Funkenlicht in den Ballon treten konnte, mit einer Glasplatte und liessen nun 10 m lang vor derselben die Inductionsfunken überspringen. Der Ballon erwies sich danach noch als vollkommen staubfrei. Nun wurde die Glasplatte, die bisher das ultraviolette Licht abhielt, weggenommen und das Licht 10 m lang wieder auffallen gelassen. Wurde jetzt der Ballon auf Staub geprüft, so zeigte sich starker Nebel. War bei diesem Versuche der Ballon durch einen zwischengesetzten Zinkschirm mit Gitter vor den electrischen Schwingungen geschützt, so war das Resultat dasselbe. (Wir prüften den Ballon vier Stunden nach diesem Versuche nochmals und fanden noch viel Staub darin.) In diesem Versuche wurde nichts an der inneren Oberfläche des Ballons vom Licht getroffen, ausser der Quarzlinse und der benetzten hinteren Glaswand des Ballons. Es erwies sich später, dass mit Wasser benetzte Körper keinen Staub abgeben, ausserdem zeigte eine noch näher der Lichtquelle als diese Glaswand im Ballon isolirt angebrachte Zinkplatte bei Bestrahlung durch die Quarzlinse kaum Spuren des Hallwachs'schen Effectes, sodass das ultraviolette Licht durch den gesättigten Dampf wohl ziemlich absorbirt war. Die Staubabgabe, die sich als Wirkung des ultravioletten Lichtes gezeigt hatte, konnte also blos von der inneren Quarzoberfläche ausgegangen sein. Ultraviolett durchstrahlter Quarz zerstäubt also an seiner hinteren Fläche.

Die Quarzlinse war in jedem Fall vorher mit Alkohol sorgfältig gereinigt, und es war darauf geachtet, dass sie sich nicht mit Feuchtigkeit beschlug.

Unter diesen Umständen konnten wir die Staubabgabe bestrahlter Körper im Ballon nicht untersuchen und kehrten daher zum Dampfstrahl zurück.

6. Wir haben den Weg, den der Staub vom Quarze aus nimmt, durch einige Versuche verfolgt. Eine Quarzplatte war staubdicht auf das Loch einer kreisförmigen Pappe gekittet und dieser Pappschirm so hinter den schützenden Zinkschirm gestellt, dass der Quarz dem Schirm abgewandt war und durch das Loch des Zinkschirmes bestrahlt werden konnte. Diese Anordnung trafen wir, um den Quarz von den im Zinkschirm verlaufenden electrischen Schwingungen (man konnte Funken von 1 mm Länge aus ihm ziehen, trotzdem er zur Erde abgeleitet war) zu entfernen und zugleich den Funkenstaub vom Dampfstrahl abzuhalten. Wurde der Quarz nun belichtet, so reagirte der Dampfstrahl überall hinter¹⁾ den Schirmen in der Umgebung des Quarzes. Ein Glasplättchen, ein wenig grösser als der Quarz, hinter diesen angelegt, verhinderte das Staubabgeben gänzlich.

Je weiter der Dampfstrahl vom Quarz entfernt war, um so später begann er nach Eintreten der Belichtung zu reagiren, und um so länger zeigte er nach Beendigung der Belichtung noch Staub an. Indem wir den Dampfstrahl hart am Schirm hinführten, fanden wir z. B. folgende Zeiten (Mittel):

Entfernung vom Quarz nach links	Zeit bis zum Eintritt d. Reaction	Dauer der Nachwirkung
0 cm	0,3	0,5
2	0,3	0,6
5	0,6	1,0
8	1,4	2,4
13	2,4	3,4
20	5,6	8,8
26	9,4	12,4

Indem wir den Dampfstrahl an verschiedene Orte hinter dem Schirm brachten, bemerkten wir oft deutlich die Richtung, von der her der Strahl zu reagiren begann. So reagirte er z. B. an einem Punkte unmittelbar hinter¹⁾ dem Quarz im

1) Siehe die Richtungen: links, vorn u. s. w. in der Fig. 3.

ersten Moment blos an der dem Quarz zugekehrten Seite. Befand er sich links von dieser Stelle und weiter vom Schirm entfernt, so reagierte er von der rechten Seite her, und befand er sich links, nahe am Schirm, so trat die Reaction von der dem Schirm abgekehrten Seite ein. Daraus war zu entnehmen, dass sich der Quarzstaub erst vom Quarz entfernte und dann erst seitlich in krummlinigen Bahnen gegen den Zinkschirm hin umbiegt. Diese Bahnen erinnern an den Verlauf der Kraftlinien, die von einem an der Stelle des Quarzes befindlichen electrischen Körper nach dem zur Erde abgeleiteten Zinkschirm gehen; sie werden nach den obigen Zahlen mit Geschwindigkeiten von 4—10 cm/sec durchlaufen.

Durch einen zwischen Quarz und Dampfstrahl passend eingeschobenen schmalen Glasstreifen konnten die Bahnen des Quarzstaubes abgeschnitten und der Dampfstrahl vor dem Staub geschützt werden. Dies Mittel wandten wir in allen späteren Versuchen an, um unabhängig vom Quarzstaub das Zerstäuben anderer Körper durch die Bestrahlung nachweisen zu können.

Die erste der bei unseren Versuchen mit den dünnen Schichten (3.) gefundenen zwei Wirkungen ist damit durch den Quarzstaub völlig erklärt.

Vielleicht steht die Wirkung des ultravioletten Lichtes auf einen so wenig absorbirenden Körper mit dem von Warburg und Tegetmeier¹⁾ fast erwiesenen Vorhandensein einer kleinen Menge von kieselsaurem Natron im Quarz in Zusammenhang. Diese glasartige Verbindung absorbiert wohl Ultraviolett, ihre Molecüle, die sich im Quarz wie in einer Lösung vertheilt befinden, müssten daher durch die Bestrahlung in Bewegung gesetzt werden und könnten sich so sehr wohl als Staub aus dem Quarz entfernen. Dass Spuren absorbirender Körper in einer grossen Menge indifferentem Lösungsmittel vertheilt, durch Bestrahlung in heftige Schwingungen versetzt werden können, beweisen die phosphorescirenden Körper, von denen in vielen Fällen nachgewiesen worden ist, dass sie solche äusserst verdünnte Gemenge sind.

Wir haben seither den von der Quarzplatte abgehenden

1) Warburg und Tegetmeier, Gött. Nachr. Mai 1888. p. 210.

Staub kurz „Quarzstaub“ genannt, ohne natürlich damit etwas über seine Zusammensetzung aussagen zu wollen.

Es fiel uns auf, dass die Quarze, je länger sie schon bestrahlt waren, desto weniger unsere späteren Versuche mit dem Dampfstrahl durch ihren Staub störten. Als wir die Quarzlinse, nachdem sie am Ende unserer Versuche stundenlang in kleiner Entfernung dem Funkenlicht ausgesetzt gewesen war, wieder an den Ballon brachten, konnten wir in der That nicht mehr annähernd so viel Staub bekommen, wie vorher. Diese Abnahme würde im Obigen auch erklärt sein.

Parallel und senkrecht zur Axe geschnittene Quarze gaben in gleicher Weise Staub ab. Auch Gyps zerstäubte stark.

7. Um das Zerstäuben der Metalle nachzuweisen, benutzten wir die Anordnung der Fig. 3. Vor dem Schirm *Z* mit dem Quarzfenster *Q* stand die Lichtquelle *L*, dahinter zunächst der vor dem Quarzstaub schützende Glasstreifen *G*, von dem in der Figur nur die schmale Kante sichtbar ist, dann der Dampfstrahl *D* und endlich die zu bestrahlende Metallplatte *P* an isolirendem Stiele befestigt und verbunden mit einem Goldblattelectroskop *E*. Gewöhnlich war dies mit einer grossen Leydener Flasche (oder einer Zamboni'schen Säule) in Verbindung, sodass die Ladung, wenn negativ, trotz ultravioletter Belichtung constant blieb.

Der Dampfstrahl übte gar keine ableitende Wirkung aus. Er erhielt durch ein nahestehendes Fenster von rechts helles Tageslicht, während das Auge (*a*) von links nach einem an dem Rande des Fensters aufgehängten schwarzen Tuch visirte. Die empfindlichste Stelle des Dampfstrahls, d. i. wo er sich über der Ausströmungsöffnung eben zu verbreitern beginnt, wurde in die Höhe der ultraviolett belichteten Stelle der Metallplatte gebracht.

Liessen wir nun das ultraviolette Funkenlicht auf eine gut geschmirgelte und sorgfältig abgestaubte kreisförmige Zinkplatte *P* von 8 cm Durchmesser fallen — sie sei negativ electrisirt —, so trat starke Staubreaction im Dampfstrahl ein, indem er sein durchsichtiges, duftiges Aussehen verlor und dicht und weiss wurde.

Die Wirkung des Zinkstaubes auf den Dampfstrahl ist bedeutend stärker als die des Quarzstaubes. Beim Bogenlicht

zeigte sich dieselbe Erscheinung. Hier besonders war es sehr schön zu beobachten, wie der Dampfstrahl von der Seite der Zinkplatte her zu reagiren anfangt, bis sich die Wirkung nach kurzer Zeit über den ganzen Dampfstrahl verbreitete.

Eine zwischen Lichtquelle und Zinkplatte eingeschobene Glas- oder Glimmerplatte hob die Wirkung wieder vollkommen auf, gerade so, wie wenn die Zinkplatte selbst entfernt wurde. Ebenso verschwand die Wirkung im Moment, in dem die Zinkplatte zur Erde abgeleitet wurde. Mit positiver Ladung der Zinkplatte war auch nie Staubreaction zu erhalten. Je stärker die negative Ladung, desto stärker war die Staubreaction.

Trennten wir die negativ electrische Zinkplatte und das Electroskop von der Electricitätsquelle, so konnten wir, indem wir die Spannung durch die Belichtung continuirlich abnehmen liesen, verfolgen, bis zu welchem Potential noch Wirkung auftrat. Wir konnten noch bei -300 Volts eine deutliche Staubwirkung sehen. Ueber ± 4000 Volts Spannung wandten wir nie an, meist sehr viel geringere.

Möglicherweise hätte die Staubreaction bei negativ electrischer Platte dadurch hervorgerufen sein können, dass die Wege des Quarzstaubes durch die Ladung der Platte nach dem Dampfstrahl gelenkt wurden. Wir befestigten deshalb auf der bestrahlten Fläche der Zinkplatte ein dünnes Glimmerblatt, welches dieselbe ganz bedeckte, und wiederholten den Versuch bei negativ electrischer Zinkplatte. Dann zeigte sich keine Staubreaction. Dieser Versuch beweist nicht nur, dass der Staub vom Zink herrührte, sondern auch, dass Glimmer bei Bestrahlung keinen wahrnehmbaren Staub abgibt. Glas zeigt ebenfalls keine Staubabgabe. Ebenso gab mit Fett oder Wasser bedecktes Zink keine Wirkung. Durch eine so dünne Wasserschicht musste das Ultraviolett (vgl. die Versuche von Bichat und Blondlot¹⁾) bis zum Zink gelangt sein; aber die Wasserschicht hielt den Zinkstaub zurück.

8. Wie mit Zink, versuchten wir die Wirkung des ultravioletten Lichtes auf eine Reihe anderer negativ electrischer Metalle.

Zink, Quecksilber (Kupferplatte, vollkommen mit Queck-

1) Bichat und Blondlot, Compt. rend. 106. p. 1349. 1888.

silber bedeckt), Platin, Messing, Kupfer, Zinn, Blei, Eisen, Gold, Silber zerstäubten alle, und soweit hier eine Schätzung möglich ist, in dieser Reihenfolge, sodass die besser reagirenden zuerst genannt sind.

Alle Metalle waren blank geschmirlgelt und gut abgestaubt. Beim Platin versuchten wir, ob längeres heftiges Glühen im Gebläse die Wirkung verminderte; es war aber nicht der Fall. An keinem dieser Metalle konnten wir, wenn sie positiv geladen waren, eine Zerstäubung bemerken. Nur bei Anwendung des Zinkbogenlichtes gaben Gold und Silber positiv electrisch (+ 1000 Volts) der der Platte zugekehrten Seite des Dampfstrahles einen weissen Saum, welcher aber ziemlich unsicher auftrat.

9. Bei sehr empfindlichem Dampfstrahl konnten wir auch die Zerstäubung an unelectrischen Metallen nachweisen. Am stärksten zeigte dieselbe bei Funkenlicht eine dünne Kupferplatte von 5 cm Durchmesser. Auch hier wurde die Controle mit dem aufgesetzten Glimmerblatt ausgeführt, welche die Wirkung verhinderte, ebenso wie das Abschneiden des ultravioletten Lichtes mit Glas. Es war sehr nöthig, dem Kupfer eine völlig blanke Oberfläche zu geben; wurde unsere Platte nur durch eine Flamme gezogen, sodass eine kaum merkliche Oxydirung entstand, so zerstäubte sie erst dann wieder, nachdem sie frisch geschmirlgelt (und gereinigt) war.

Hier wurden noch einige bemerkenswerthe Beobachtungen gemacht. Wurde die Scheibe von links nach rechts¹⁾ an dem Dampfstrahl vorbei langsam durch den ultravioletten Lichtkegel durchgeschoben, so zeigte sich die stärkste Wirkung schon, wenn auch nur ein kleiner Theil des rechten Randes der Scheibe beleuchtet war. In dieser Stellung stand der Dampfstrahl ungefähr vor der Mitte der Kupferscheibe. War die Platte so weit geschoben, dass das Licht nur noch auf den folgenden (linken) Rand der Scheibe fiel, so war keine Wirkung mehr zu bemerken. Dies Verhalten deutet darauf hin, dass der Staub vom belichteten Theile aufsteigend sich zum unbelichteten hinbewegte²⁾, wobei er also in der ersten Stellung

1) Siehe die Richtungen: links, vorn u. s. f. in der Fig. 3.

2) Vgl. unser zweites Resultat mit den dünnen Schichten (3.).

durch den Dampfstrahl gehen musste, in der letzten nicht. Mit grossen (unelectrischen) Kupferplatten konnten wir keine Wirkung sehen, vermuthlich deshalb, weil der Staub sich alsbald über einen zu grossen Raum verbreitete. — Diese Erscheinungen deuten darauf hin, dass der Staub die Platte electricisch verlässt und dann, indem er von derselben angezogen wird, sich zum unbelichteten Theile derselben hinbewegt.

Auch Eisen und Gold schienen im Funkenlichte unelectrisch ziemlich zu zerstäuben, während Zink, Zinn und Blei keine Wirkung zeigten.

Im Zinkbogenlichte dagegen sahen wir bei unelectrischem Silber und Gold sehr starke Wirkung, und wieder war dieselbe Eigenthümlichkeit, wie oben bei Kupfer, zu beobachten. Zink gab auch hier keine Wirkung.

10. Es erschien uns anfangs sehr zweifelhaft, ob das Ultraviolett auch eine Flüssigkeitsoberfläche zu zerstäuben im Stande sei. Da jedoch auch bei einigen stark absorbirenden Flüssigkeiten die electricische Wirkung des ultravioletten Lichtes nachgewiesen worden ist (Stoletow¹⁾ und Wiedemann und Ebert²⁾), so versuchten wir sie auch auf Zerstäubung, indem wir, wie es Stoletow gethan, Filtrirpapierscheiben auf eine Metallscheibe legten, sodass sie die letztere vollkommen überdecken, und sie dann mit den betreffenden Flüssigkeiten so stark tränkten, dass diese abtropften. Wir konnten so den Flüssigkeitsoberflächen leicht eine electricische Ladung ertheilen. Die Isolation war immer vollkommen, wenn nicht Feuchtigkeit an den isolirenden Halter der Metallplatte kam.

Dass das Filtrirpapier selbst keinen Staub abgab, überzeugten wir uns vorher.

Concentrirte wässrige Fuchsinlösung gab negativ electricisch (—2500 Volts) vortreffliche Staubwirkung. Unelectrisch und positiv electricisch gab Fuchsin keinen Staub ab.

Concentrirte wässrige Methylviolettlösung zeigte auch negativ electricisch ganz vortreffliche Staubwirkung im Ultraviolett.

Wasser gab keine Wirkung, auch mit Zinkbogenlicht nicht, gleichgültig ob electricisch oder unelectrisch.³⁾ Ebenso gaben

1) Stoletow, *Compt. rend.* **106.** p. 1593. 188.

2) E. Wiedemann u. Ebert, *Wied. Ann.* **35.** p. 211. 1888.

3) Einigemal brachten wir an den vor Quarzstaub schützenden Glas-

Nigrosin in concentrirter etwas alkoholischer und in ganz verdünnter Lösung, sowie Eosin in concentrirter Lösung keine wahrnehmbare Zerstäubung.

Bei solchen Versuchen überzeugten wir uns immer von der Empfindlichkeit des Dampfstrahls dadurch, dass wir eine Kupfer- oder Zinkscheibe, die an einem seitlich an ihnen angebrachten Stiel gehalten wurden, für einen Moment auf die bestrahlte Flüssigkeitsscheibe auflegten, und nahmen nur dann ein negatives Resultat an, wenn bei dieser Controle starke Staubwirkung auftrat. War das nicht der Fall, so mussten wir die Versuche unterbrechen und den Raum einige Zeit lüften, worauf wieder volle Empfindlichkeit eintrat.

Frische Luft ist die Hauptbedingung für eine brauchbare Empfindlichkeit des Dampfstrahls. Auch die Temperatur ist von einigem Einfluss, wir fanden 18–25° C. als passend. Sehr störend wirkte beim Zinkbogenlicht der Zinkoxydrauch, der auch eine schmerzhaftige Augenentzündung hervorruft.

11. Mit denselben Lösungen auf Filtrirpapierscheiben, mit denen die Zerstäubungsversuche gemacht waren, stellten wir dann auch den Hallwachs'schen Versuch an. Entfernung der Scheibe von den Funken 30 cm. Wir geben die Zeiten (Mittel), in denen Platte und Electroskop von –1000 auf –200 Volts entladen wurden.

	Funkenlicht	Zinkbogenlicht
Fuchsin	94 ^s	16,4 ^s
Methylviolett	79	—
Wasser	∞	∞
Nigrosin	∞	—
Eosin	∞	—
Zink	11	2,3

Es zerstäubten also nur die Flüssigkeiten im Ultraviolett, die auch den Hallwachs'schen Effect gaben. Bemerkenswerth ist es, dass nur an der Oberfläche eben dieser beiden streifen ein Stanniolblättchen, welches entgegengesetzt der bestrahlten Platte electrirt wurde, in der Absicht an, den von der belichteten Platte abgehenden Staub nach dem Dampfstrahl zu concentriren. Hier erhielten wir mit Wasser eine sehr schwache, aber ganz regelmässige Staubwirkung, und zwar bei negativer wie positiver Electrirung. — Eine der Staubreaction ähnliche, aber sehr viel schwächere Wirkung trat bei feuchten, negativ electrischen Metallen, wenn sie bestrahlt waren, dann auf, wenn sie entladen wurden.

Flüssigkeiten Metallglanz (Oberflächenfarbe) zu sehen war. Jedoch wurde z. B. Nigrosin im Hertz'schen Versuch von Wiedemann und Ebert¹⁾ bei allerdings viel höheren Spannungen auch sehr wirksam gefunden.

12. Wir haben also nachgewiesen, dass Körper durch ultraviolette Bestrahlung zerstäubt werden. Metalle gut, Isolatoren schlecht oder unmerkbar; bei Metallen begünstigt negative Electricisirung die Erscheinung. Auch Flüssigkeiten geben Staub ab, wenn negativ electricisch.

Die Annahme, dass Theilchen des umgebenden Gases — d. h. eines Körpers, dem man noch nie eine electricische Ladung beibringen konnte — durch Licht veranlasst würden, mit negativer Ladung den Körper zu verlassen, ist dadurch überflüssig geworden, und man braucht nur anzunehmen, dass der von uns beobachtete Staub mit negativer Ladung den Körper verlässt, um durch die Zerstäubung im ultravioletten Licht auch dessen electricische Wirkungen verstehen zu können.²⁾

Auch in allen übrigen uns bekannten Fällen, wo ein Körper zerstäubt wird, geht der Staub mit negativer Electricität von ihm weg. So zeigte Nahrwold³⁾, dass der Staub eines durch Glühen zerstäubenden, reinen, zur Erde abgeleiteten Platindrahtes negativ electricisch ist. Wasserstaub, mechanisch durch Bewegung, z. B. in Wasserfällen, entstanden, wurde immer negativ electricisch gefunden.⁴⁾ Andere Wege, Körper ohne chemische Processe oder directe electricische Einwirkung fein zu zerstäuben, sind unseres Wissens nicht von einem derartigen Gesichtspunkt aus untersucht.

Es sei uns schliesslich gestattet, Hrn. Prof. Quincke für seine liebenswürdige Unterstützung, und Hrn. Carl Fuchs, der uns in seiner Eisenbahnwagenfabrik in aufopfernder Weise electricisches Licht zur Verfügung stellte, unseren herzlichsten Dank auszusprechen.

Heidelberg, Phys. Inst., März 1889.

1) Wiedemann u. Ebert, Wied. Ann. **35**. p. 212. 1888.

2) Angenommen, dass die Sonne eine ultraviolette Lichtquelle und negativ electricisch sei, so erscheint die Schweifbildung des Kometen in Zusammenhang mit dem Zerstäuben durch ultraviolettes Licht. Dass vom Kern ausgehender electricischer Staub sich in Form der Kometenschweife fortbewegen wird, hat schon Bessel berechnet.

3) Nahrwold, Wied. Ann. **35**. p. 107. 1888.

4) Riess, Reibungselectricität **2**. p. 525. 1853.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 3.

Fig. 8.

Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 10.

Fig. 9.