3. *Ueber die angebliche Zerstreuung positiver Electricität durch Licht;* *von J. Elster und H. Geitel.*

Die Frage, ob das Licht in gleicher Weise, wie es den Uebergang negativer Electricität aus einem Leiter in das umgebende Gas erleichtert, auch die Entladung der positiven beschleunigen kann, ist für die Auffassung des lichtelectrischen Vorganges nicht ohne Bedeutung.

Wenn sich nämlich diese Lichtwirkung auch für positive Electricität nachweisen liesse, so wäre zunächst der Gedanke nicht mehr haltbar, dass man es hierbei mit einer specifischen Kathodenerscheinung zu thun habe, aber auch die Vorstellung, dass der lichtelectrische Process auf der Ablösung der einen — gasförmigen — Belegung einer electrischen Doppelschicht beruhe, die sich an der Berührungsfläche des Leiters und des Gases fortwährend neu bilde, würde sich experimentell auf die Probe stellen lassen, da die Art der im Lichte entweichenden Electricität zugleich diejenige sein muss, die das Gas im Contacte mit dem Leiter selbst annimmt. Vom Standpunkte dieser Auffassung aus würde es daher nicht verständlich sein, wenn etwa ein und derselbe Leiter in derselben Atmosphäre im Lichte beide Electricitäten leichter abgäbe als im Dunkeln.

Nun zeigt die Erfahrung, während die Beleuchtung einer *negativ* geladenen Oberfläche bei passender Wahl des Lichtes und der bestrahlten Substanz eine lebhafte Zerstreuung der Electricität in das umgebende Gas zur Folge hat, dass die entsprechende Erscheinung für *positive* Electricität — wenn sie überhaupt vorhanden ist — viel geringfügiger sein muss. So haben die Hrn. Stoletow und Righi sichere Wirkungen ultravioletten Lichtes auf positiv geladene Flächen überhaupt nicht constatiren können und auch wir selbst konnten bis jetzt keinen Verlust positiver Electricität im Lichte beobachten, der nicht ausreichend durch die gewöhnliche Zerstreuung oder durch die im Folgenden näher zu besprechenden Fehlerquellen zu erklären gewesen wäre.

Vor kurzem ist aber eine Abhandlung des Hrn. E. Branly¹⁾ erschienen, in der die Beschleunigung der electricischen Zerstreuung durch ultraviolette Licht auch für positive Electricität behauptet wird. Wir haben die in dieser Arbeit beschriebenen Versuche wegen der Wichtigkeit ihres Ergebnisses wiederholt, und zwar sowohl in der Anordnung, die uns am meisten geeignet erschien, Störungen auszuschliessen, wie auch in der Weise, dass wir das Verfahren des Hrn. Branly in den wesentlichen Stücken nachahmten. Nachdem es uns nicht gelungen war, das Branly'sche Resultat zu bestätigen, prüften wir die bei negativer Electricisirung gegen gewöhnliches Licht so empfindlichen Alkalimetallelectroden darauf, ob vielleicht bei ihnen eine photoelectricische Entladung auch bei positiver Electricisirung nachweisbar wäre. Wir erlauben uns im Folgenden über die nach diesen beiden Richtungen ausgeführten Versuche zu berichten.

Die am nächsten liegende, auch von Hrn. Branly angewandte Methode, die Zerstreuung der Electricität im Lichte zu beobachten, besteht darin, dass man die zu untersuchende electricisirte Oberfläche leitend mit einem Electroskop verbindet und den in einer bestimmten Zeit durch das Licht bewirkten Electricitätsverlust nach der Abnahme der Divergenz der Blättchen beurtheilt. Dies Verfahren bringt indessen wegen der Höhe der angewandten Spannung die Schwierigkeit mit sich, dass das gesammte electricisirte Leitersystem vorzüglich isolirt sein muss, damit nicht schwache Lichtwirkungen durch den vom Lichte unabhängigen Electricitätsverlust verdeckt werden. Aber auch abgesehen davon kann eine weitere Störung dadurch verursacht werden, dass jedesmal, wenn der Beobachter mit dem Zeichen der electricischen Ladung wechselt, von den isolirenden Stützen aus ein Zurückströmen der Electricität stattfindet, die während des vorhergegangenen electricischen Zustandes auf diese übergegangen war.

Den bezeichneten Fehlerquellen weit weniger ausgesetzt ist die Anordnung, die Hr. A. Righi und wir selbst vielfach bei photoelectricischen Versuchen verwandten, besonders wenn es sich um den Nachweis geringer Wirkungen handelte. Bei

---

1) E. Branly, Compt. rend. 120. p. 829. 1895.

dieser befindet sich der electriche Messapparat sowie der mit ihm leitend verbundene beleuchtete Versuchskörper zu Anfang der Beobachtung auf dem Potentiale Null und die Stärke der Lichtwirkung wird an der Geschwindigkeit gemessen, mit welcher die Ausgleichung seines Potentials mit einem auf constanter Spannung gehaltenen Leiter sich vollzieht, der der beleuchteten Oberfläche in geringer Entfernung gegenübersteht.

Die Versuchsanordnung war im einzelnen die folgende.

Das ultraviolette Licht wurde durch die Entladungsfunken eines Condensators geliefert, der mit den Polen eines von 4—8 grossen Bunsenelementen getriebenen Inductoriums von 18 cm maximaler Schlagweite in Verbindung stand. Die Stromunterbrechung geschah mittels eines Wagner'schen Hammers mit Platincontacten, die Entladungsfunken des Condensators schlugen zwischen zwei etwa 2 mm entfernten Aluminiumdrähten über. Die galvanische Batterie, das Inductorium, die Funkenstrecke und alle zugehörigen Leitungen befanden sich im Freien vor dem geschlossenen Fenster des Beobachtungsraumes aufgestellt. Eine der Fensterscheiben war durch eine zur Erde abgeleitete Platte aus Eisenblech ersetzt, sie enthielt eine kreisförmige Oeffnung, in die eine Quarzlinse von 50 mm Durchmesser eingesetzt war. Da ihr nach aussen gelegener Brennpunkt mit der Funkenstrecke zusammenfiel, so trat das durch die Linse parallel gemachte ultraviolette Licht in das Beobachtungszimmer ein, während zugleich electrostatische Wirkungen des Inductoriums und der electricisirten Luft, die von der Funkenstrecke ausgehen konnte, innerhalb dieses Raumes ausgeschlossen waren. In diesem stand senkrecht zu dem Strahlencylinder etwa 25 cm von dem Fenster entfernt ein Drahtnetz aus Eisen von etwa 1 mm Maschenweite und diesem parallel in 2—4 mm Abstand die isolirte Platte des zu untersuchenden Stoffes. Von dieser führte ein Draht zu einem Quadrantelectrometer (Empfindlichkeit: 1 Volt = 23 Scfh.), während das Drahtnetz durch eine Batterie von mehreren hundert Zink-Salmiaklösung-Kohleelementen auf eine Spannung von etwa 525 Volt geladen wurde. Je nachdem das Drahtnetz positiv oder negativ electriche war, musste sich die ihm parallele Platte mit negativer oder positiver Electricität beladen. Wurde nun die Erdleitung des Electrometers aufgehoben, so liess sich,

sobald ein Electricitätsübergang zwischen Drahtnetz und Platte erfolgte, die Potentialänderung der letzteren am Electrometer ablesen. Es ist zu beachten, dass bei positiver Ladung des Drahtnetzes die zu prüfende Platte negative Electricität an ihrer Oberfläche enthält, dass also, wenn diese rein metallisch war, im ultravioletten Lichte ein reichliches Ueberfließen der Electricität von ihr aus gegen das Drahtnetz, also eine entsprechende positive Ladung der Platte zu erwarten war. Wir verwandten zu den Versuchen eine Scheibe von amalgamirtem Zink, ferner solche Stücke von Zinkblech, die mit einer dünnen Schicht Paraffin oder Talg überzogen waren, sowie eine mit Talg überzogene Holzplatte. Nach Hrn. Branly sollen nämlich solche mit Paraffin oder Talg überzogene Flächen einen stärkeren Verlust an positiver Electricität als an negativer im Lichte zeigen.

Wir beobachteten die in einer Minute erfolgende Ablenkung der Electrometernadel bei positiver und negativer Ladung des Drahtnetzes sowohl im Dunkeln als bei der Belichtung durch die Funken. Der Wagner'sche Hammer war so eingestellt, dass er bei Stromschluss von selbst in Thätigkeit trat, es war daher nur nöthig, den Strom eine Minute lang geschlossen zu halten. Die Ergebnisse einer Messungsreihe sind in folgender Tabelle zusammengestellt. Die Zahlen geben die in Volt gemessene Aenderung des Potentials der Platte innerhalb des Zeitraumes einer Minute an, sie sind als Mittelwerthe aus je zwei Ablesungen gebildet.

	Amalgamirte Zinkplatte		Paraffinirte Zinkplatte		Mit Talg überzogene Zinkplatte		Mit Talg überzogene Holzplatte	
	dunkel	bel.	dunkel	bel.	dunkel	bel.	dunkel	bel.
Netz positiv } Netz negativ }	+0,40	+138 (+123)	+0,54	+0,69	+0,79	+0,38	+0,58	+0,52
	-0,16	-0,40	-0,22	-0,16	-0,09	-0,06	-0,52	-0,52

Wie nach der obigen Bemerkung zu erwarten war, gibt sich auch in dieser Versuchsreihe zuerst die bekannte hohe lichtelectrische Zerstreuung von einer negativ geladenen Platte amalgamirten Zinks aus zu erkennen.

Wir mussten darauf verzichten, diese eine volle Minute lang dem Lichte zu exponiren, da der Ausschlag des Electrometers mit Spiegel und Scala nicht mehr zu messen gewesen wäre. Deshalb wurde nur 5" lang beleuchtet und der erhaltene Ausschlag — auf Volt reducirt — mit 12 multiplicirt.¹⁾ Abgesehen von dieser unzweifelhaften und bekannten Lichtwirkung lassen die Zahlen keine weitere erkennen. Es wurden zwar Ablenkungen der Electrometernadel sowohl im Dunkeln wie im Lichte beobachtet, die aber in keinem Falle den Betrag eines Volt erreichen und durch ihre Unbeständigkeit auf eine unregelmässige, wohl durch den Staub der Luft vermittelte Uebertragung der Electricität des Drahtnetzes auf die Platte schliessen lassen. Nur an zwei Stellen ist diese schwache Electricitätsübertragung im Lichte um ein geringes grösser beobachtet als im Dunkeln, nämlich bei negativ geladenem Drahtnetze gegenüber der Platte von amalgamirtem und bei positivem gegenüber dem paraffinirten Zink. Will man in diesem Falle einen Beleg für eine Lichtwirkung sehen, so würde allein der erste Fall für eine photoelectrische Zerstreuung *positiver* Electricität in Anspruch genommen werden können. Aber auch hier ist eine ausreichende Deutung darin zu finden, dass das von der blanken Oberfläche des amalgamirten Zinks reflectirte ultraviolette Licht die ihr zugewandte Seite des Drahtnetzes trifft und von dieser aus einen Uebergang *negativer* Electricität zur Platte bewirkt, sodass also in diesem Falle die lichtelectrische Zerstreuung nicht von der positiv geladenen Zinkplatte, sondern von dem negativen Drahtnetze ausgeht.

---

1) Eine genauere Berechnung der Potentialänderung für 1' Expositionsdauer wäre nach der Formel: $V - v_1 = V \cdot e^{-kJt_1}$ auszuführen, in der V das Potential der ladenden Batterie, v_1 das der beleuchteten Platte, k eine Constante, J die Lichtintensität und t_1 die Expositionszeit bedeutet. Hieraus würde für zwei Expositionszeiten t_1 und t_2 und die zugehörigen Potentiale v_1 und v_2 folgen:

$$\log \left(\frac{V - v_2}{V} \right) = \frac{t_2}{t_1} \cdot \log \left(\frac{V - v_1}{V} \right),$$

woraus sich v_2 leicht berechnen lässt. Im vorliegenden Falle würde sich die (oben eingeklammerte) Zahl $v_2 = +123$ Volt ergeben.

Wir werden noch eine Versuchsanordnung anzugeben haben, bei der diese Wirkung des reflectirten Lichtes mit vollkommener Deutlichkeit hervortritt. Im übrigen ergeben die Beobachtungen, dass gefettete und paraffinirte Oberflächen keine photoelectrische Empfindlichkeit erkennen lassen; auf keinen Fall ist für diese die Zerstreuung bei positiver Ladung grösser gefunden worden als bei negativer oder bei Ausschluss des Lichtes.

Die zwar kleinen bei Lichtabschluss erhaltenen Ablenkungen des Electrometers, die aber immer im Sinne der Ladung des Drahtnetzes ausfielen, zeigen, dass das Instrument für solche Versuche, in denen eine dünne Luftlamelle einem Potentialgefälle von über 100 Volt pro Millimeter ausgesetzt ist, zu grosse Empfindlichkeit hat. Wir haben dieselben Versuche deshalb auch mittels des weit weniger empfindlichen Aluminiumblattelectroskops angestellt und konnten dabei die Spannung des Netzes, sowie die Expositionszeiten mehr als doppelt so gross wählen. Aber auch dann zeigte sich eine Electricitätsübertragung im Lichte nur, wenn das Netz *positiv* geladen war. So stieg die Spannung einer amalgamirten Zinkplatte in diesem Falle in 5'' auf 400 Volt, die einer oxydirten in 2' auf 190 Volt, während für gefettete oder paraffinirte Zink- oder Holzplatten das Potential — unabhängig vom Zeichen der Electricität des Drahtnetzes — dauernd auf Null verblieb.

Das Ergebniss dieser Versuche hatte uns zu der Ueberzeugung gebracht, dass bei den Versuchen des Hrn. Branly eine unbemerkte Fehlerquelle wirksam gewesen sein müsse. Um über diese eine gegründete Vermuthung zu gewinnen, haben wir, soweit dies nach seinen Angaben möglich war, die von ihm angewandte Anordnung in ihren wesentlichen Theilen zusammengestellt. Die Funken des Inductors sprangen innerhalb eines zur Erde abgeleiteten Kastens aus Eisenblech, der auf einer Seite ein Quarzfenster trug. Diesem gegenüber stand mit dem Aluminiumblattelectroskop verbunden die isolirte und electrisirte Platte. Da ein Drahtnetz in die Bahn der Lichtstrahlen nicht eingeschaltet war, so musste die von der Platte etwa entweichende Electricität sich in die Luft zerstreuen oder zum Theil auf die zugewandte Seite des Eisenkastens übergehen und von da zur Erde abfliessen.

So lange die Platte fern (etwa 50 cm) von dem Quarzfenster aufgestellt war, beobachteten wir auch bei dieser Anordnung eine Zunahme der electricischen Zerstreuung im Lichte nur bei negativen Ladungen. Rückt man sie aber bis auf wenige Centimeter dem Fenster, also auch dem Kasten nahe, so kann es kommen, dass, wenn ihre Oberfläche mit Talg oder Paraffin bestrichen ist, nun eine positive Ladung im Lichte schneller abnimmt als eine negative. Doch ist, wie in dem oben besprochenen analogen Falle, zu bedenken, dass die positive Ladung der Platte auf der zugewandten Seite des Eisenkastens negative Electricität durch Influenz ansammelt; wird daher diese Fläche von dem an der Fettschicht reflectirten ultravioletten Lichte getroffen, so muss von ihr aus ein Uebergang negativer Electricität zur Platte erfolgen und den Anschein erwecken, als habe von der letzteren aus eine licht-electrische Zerstreuung positiver Electricität stattgefunden. Zur Evidenz wird diese Vermuthung dadurch erhoben, dass die Erscheinung sich jetzt als von der Natur der Oberfläche des *Kastens* abhängig erweist. Wird diese mit blankem Metalle, etwa Stanniol, überzogen, so nimmt die Electricitätsübertragung stark zu und wird auffallend gross, wenn ein Stück amalgamirten Zinklechs darauf gelegt wird.

Da Hr. Branly über die Entfernung der belichteten Platte von dem Quarzfenster des Metallkastens keine Angaben macht, so möchten wir es für nicht unwahrscheinlich halten, dass sie zu klein gewählt war, und dass die von ihm gefundene Zerstreuung positiver Electricität im ultravioletten Lichte durch die täuschende Wirkung des an der Oberfläche der electricisirten Scheibe reflectirten Lichtes zu Stande gekommen ist.

Wir glauben auf Grund der mitgetheilten Versuche aussprechen zu dürfen, dass eine Zunahme der Zerstreuung positiver Electricität durch Bestrahlung der electricischen Fläche mit ultraviolettem Lichte nicht als erwiesen betrachtet werden kann.

Nun konnte die auffallende Unfähigkeit der Alkalimetallflächen, eine negative Ladung im gewöhnlichen Lichte festzuhalten, den Gedanken erwecken, dass an ihnen eine etwaige Lichtwirkung auch bei positiver Electricisirung am ehesten zu erwarten wäre. Wie wir schon in einer früheren Arbeit¹⁾

1) J. Elster u. H. Geitel, Wied. Ann. **43**. p. 236. 1891.

erwähnten, lassen evacuirte Glaskugeln, deren eine Electrode aus einem Alkalimetall, deren andere aus Platin gebildet ist, in mehr oder minder deutlicher Weise einen photoelectrischen Strom auch dann zu Stande kommen, wenn sie *umgekehrt* angeordnet sind, d. h. wenn die Alkalimetallfläche den *positiven* Pol bildet. Doch waren wir schon damals zu der Ueberzeugung gekommen, dass in diesem Falle die lichtelectrische Wirkung ihren Sitz nicht an der Alkalimetallfläche, sondern an der Platinelectrode hat. Es bildet sich auf dieser durch Condensation aus den Alkalimetalldämpfen eine Oberflächenschicht, von der aus im Lichte negative Electricität zur Anode überfliesst. Durch Ausglühen des Platindrahtes mittels des galvanischen Stromes konnten wir diese Schicht verflüchtigen und dadurch die photoelectrische Zelle — in dieser umgekehrten Lage — für kurze Zeit unempfindlich gegen Licht machen.

Als wir diesen Versuch neuerdings mit besseren Hilfsmitteln und grösster Vorsicht wiederholten, fanden wir, dass auch *nach* dem Ausglühen des Drahtes noch ein geringer Rest von Lichtempfindlichkeit bestehen blieb, der vielleicht aus einer Zerstreuung positiver Electricität an der Alkalimetallfläche entspringen konnte. Es schien uns wichtig, den Ort dieser Lichtwirkung, ob Anode oder Kathode, unzweifelhaft festzustellen.

Zunächst gingen wir von der Erfahrung aus, dass der gewöhnliche, durch die Beleuchtung der Kathode eingeleitete Strom von der Stellung der Polarisationssebene des erregenden Lichtes gegen die Kathodenfläche abhängt.¹⁾ Es wäre zu erwarten, dass eine etwa an der Anode durch das Licht hervorgerufene Entladung ebenfalls in irgend einer Weise durch die Richtung der Lichtschwingungen gegen die Anodenfläche bedingt sein würde. Die in diesem Sinne angestellten Versuche ergaben indessen ein negatives Resultat; liessen wir auf die aus der flüssigen Natrium-Kaliumlegirung gebildete Anode einen Lichtstrahl durch ein Nicol'sches Prisma fallen und veränderten die Stellung der Polarisationssebene durch Drehung des Nicols, so erwies sich die photoelectrische Zerstreuung als von dem Azimuth des Lichtes unabhängig.

---

1) Vgl. J. Elster u. H. Geitel, Wied. Ann. **52**. p. 440. 1894.

Es muss bemerkt werden, dass bei der hier angewandten „umgekehrten“ Anordnung der Zelle die Stromstärke auch in starkem Lichte viel zu klein ist, um selbst an dem sehr empfindlichen Galvanometer, das wir zur Messung der photoelectrischen Ströme verwenden, einen brauchbaren Ausschlag zu geben. Wir wählten daher dieselbe Methode, die wir bei den Versuchen mit ultraviolettem Lichte angewandt hatten, d. h. wir verbanden die Alkalimetallfläche mit dem positiven Pole der oben genannten Batterie und die gegenüberstehende Platinelectrode mit dem Quadrantelectrometer. Der Durchgang der Electricität durch die Zelle verrieth sich dann durch die stetige Zunahme der Ablenkung der Electrometernadel. Will man eine feste Einstellung des Instrumentes erzielen, so zweigt man von der Zuleitung zum Electrometer eine durch einen sehr grossen Widerstand (einen Graphitstrich auf isolirender Unterlage) vermittelte Erdleitung ab.

Spricht nun schon die Thatsache, dass die Richtung der Lichtschwingungen gegen die Anodenfläche für die Electricitätsübertragung gleichgültig war, dafür, dass der Sitz der photoelectrischen Wirkung nicht an dieser zu suchen ist, so kommt noch hinzu, dass diese ganz beträchtlich zunimmt, wenn der als *Kathode* dienende Platindraht direct vom Lichte getroffen wird. Sie bleibt sogar in gleicher Intensität bestehen, wenn selbst das Alkalimetall aus der Zelle durch Hinüberfliessenlassen in die Nebenkugel¹⁾ entfernt wurde. Da reiner Platindraht im Vacuum keine photoelectrische Wirkung im gewöhnlichen Lichte zeigt, so kann ihm diese nur durch die Berührung mit dem Alkalimetall oder dessen Dämpfen mitgetheilt sein. Wie man sieht, nöthigt das Ergebniss auch dieser Versuche wieder zu der Ueberzeugung, dass das Licht nicht die Alkalimetallanode, sondern die durch eine Oberflächenschicht empfindlich gemachte Platinkathode beeinflusst hat, und es wäre zu erwarten gewesen, dass die Zelle durch Ausglühen der letzteren ihrer Empfindlichkeit in „umgekehrter“ Lage zu berauben sein musste.

Dieser Erwartung widersprach aber, wie bemerkt, auffallenderweise noch der Versuch. Es blieb daher nur noch

---

1) Die Form der Zellen ist aus der Figur Wied. Ann. 42. p. 564. 1891 zu ersehen.

die Annahme übrig, dass auch die innere Glaswand der Zelle, bei der Berührung mit Alkalimetalldämpfen, sich mit einer Schicht überzieht, welche im Lichte negative Electricität entweichen lässt. Um auch diese Fehlerquelle zu beseitigen, kam es darauf an, die gesammte Wandung der Zelle auf demselben Potential wie die Alkalimetallanode zu halten, sodass von ihr aus kein Gefälle des Potentials gegen diese hin vorhanden sein konnte. Wir erreichten dies dadurch, dass wir sie aussen mit einer Schicht niedergeschlagenen Silbers überzogen; nur ein kleiner Raum um die Einschmelzstellen des zu einer Schleife gebogenen Kathodendrahtes sowie eine für den Eintritt des Lichtes bestimmtes Fenster blieben frei.

Luden wir nun die Alkalimetallfläche und mit ihr die Glaswand der Zelle *positiv* und leiteten die Drahtschlinge zur Erde ab, so zeigte sich unmittelbar nach dem Ausglühen des Drahtes *kein* Electricitätsverlust im Lichte, selbst nicht, wenn ein Sonnenstrahl durch das Fenster in der Silberschicht eintrat. Erst nach einiger Zeit, sobald die Drahtschlinge nach dem Erkalten wieder Alkalimetalldampf condensirt hatte, wurde die photoelectrische Entladung mit zunehmender Deutlichkeit bemerkbar.

Es führen demnach die Versuche mit gewöhnlichem Lichte an Alkalimetallflächen im Vacuum zu demselben Resultate, wie die mit ultraviolettem Lichte in freier Luft, *dass nämlich die photoelectrische Wirkung hierbei auf die Kathode beschränkt ist.*

Wir kommen gern der Verpflichtung nach, mit Dank die Unterstützung hervorzuheben, die uns bei dieser Arbeit durch die Ueberweisung von Geldmitteln aus dem *Elizabeth Thompson Science Fund* in *Boston* zu Theil geworden ist.

Wolfenbüttel, im October 1895.