

Über die Zerstreung der Elektrizität durch das Licht

Mathias Cantor.

Aus dem physikalischen Institute der Universität Tübingen.

§. 1. Die Wirkung, welche ultraviolette Strahlen nach Herz¹ auf die disruptive, nach Hallwachs² auf die continuirliche Entladung der Elektrizität ausüben, ist zwar vielfach studirt worden, doch ist es nicht gelungen eine Erklärung dieser Erscheinungen aufzufinden.

Lenard und Wolf³ haben zwar versucht dieselben zurückzuführen auf die von ihnen entdeckte Zerstäubung, welche Metalle durch das Licht erleiden, doch hat Schuster⁴ darauf hingewiesen, dass ihre Schlüsse nicht einwandfrei seien.

Auch steht das Ausbleiben einer Zerstäubung bei unelektrisirtem Zink, ebenso wie das Eintreten derselben bei negativ geladenem Quecksilber mit dem lichtelektrischen Verhalten dieser Metalle im Widerspruch, da gerade am ersteren Hallwachs die lichtelektrische Ladung entdeckt hat, während das Quecksilber nach Elster und Geitel lichtelektrisch unempfindlich ist.

Hiernach scheint die Zerstäubung nicht im nothwendigen Zusammenhang mit dem elektrischen Phänomen zu stehen.

Herz, Wied. Ann. 31. S. 983, 1887

Hallwachs, Wied. Ann. 33, S. 301, 1888.

Lenard und Wolf, Wied. Ann. 37, S. 433, 1889.

⁴ Schuster, Proc. Roy. Soc. 47, p. 526, 1890.

Elster und Geitel, Wied. Ann. 38, S. 497, 1889.

Schuster¹ vertritt die Ansicht, dass das elektrische Verhalten sowohl glühender als auch belichteter Elektroden durch chemische Prozesse bedingt werde. Die von Schuster mitgetheilten Beobachtungen Stantons würden dies auch für glühende Elektroden bestätigen, aber die Versuche von Stoletow² scheinen es auszuschliessen, dass die lichtelektrischen Erscheinungen durch chemische Wirkungen vermittelt würden. Schuster glaubt zwar den Versuchen Stoletow's keine derartig entscheidende Bedeutung beimessen zu müssen; indessen haben diese durch Breisig³ eine so vollständige Bestätigung gefunden, dass vorerst die Annahme Schusters nicht zulässig erscheint.

§. 2. Unter diesen Umständen war es von Interesse zu untersuchen, ob eine, dem thermoelektrischen Thomson-Effecte analoge Potentialdifferenz zwischen belichtetem und nicht belichtetem Metall besteht. Denn die beobachteten Erscheinungen hätten auf eine derartige Potentialdifferenz wohl zurückgeführt werden können.

Auch durch die Untersuchungen von Righi wurde diese Frage veranlasst. Righi⁴ hat nämlich aus seinen Versuchen geschlossen, dass durch die Strahlung zwei verschiedene Metalle auf das gleiche Potential gebracht werden und hierauf eine Methode zur Bestimmung der Contact-Potentialdifferenzen gegründet, dabei aber eine etwaige Potentialdifferenz zwischen belichtetem und nicht belichtetem Metalle ausser Acht gelassen. Nun hatte aber Righi⁵ selbst beobachtet, dass ein Elektrometer, dessen Quadranten mit einer Kupferplatte und einem Kupfergitter verbunden waren, einen Ausschlag zeigte, wenn die Platte durch das Gitter hindurch belichtet wurde.

Wenn die Strahlung bloss einen Ausgleich der Potentiale bewirkte, so hätte wohl das Elektrometer in Ruhe bleiben sollen, da Platte und Gitter anfangs zur Erde abgeleitet waren, also von vorneherein gleiches Potential besaßen. Eher konnte

Schuster, l. c.

Stoletow, C. R. 107, S. 91, 1888.

Breisig, Dissertation, Bonn, 1891.

⁴ Righi, Journal de Physique VII, p. 153, 1888.

Righi, C. R. 107, S. 559, 1888.

dieser Versuch so gedeutet werden, dass zwischen einem belichteten und nicht belichteten Metalle eine Potentialdifferenz bestünde.

§. 3. Zur Beantwortung dieser Frage schien mir das Elektrometer von Christiansen¹ besonders geeignet. Bei demselben wird die Drehung beobachtet, welche ein kleiner Plattencondensator im elektrischen Felde erfährt, wenn seine Belegungen auf die zu messende Potentialdifferenz geladen werden.

Nach Christiansen kann man nun die Contactpotentiale ermitteln, indem man statt des Condensators eine aus zwei verschiedenen Metallen gebildete Doppelplatte benützt.

Denkt man sich die Doppelplatte ersetzt durch eine einfache, so sollte diese, wenn zwischen belichtetem und nicht belichtetem Metall eine Potentialdifferenz besteht, so wie eine aus zwei verschiedenen Metallen bestehende Doppelplatte eine Drehung im elektrischen Felde erfahren, sobald sie von einer Seite her belichtet wird.

§. 4. Da es mir vorerst nicht um Messung, sondern um qualitative Feststellung zu thun war, so konnte ich dem Elektrometer folgende bequemere und dabei empfindlichere Einrichtung geben:

An einer bifilaren Aufhängung von 80 *cm* Länge, deren Fäden oben 0·6 *mm*, unten 1·5 *mm* Abstand hatten, hing ein Cylinder aus dem zu untersuchenden Metall. Die cylindrische Form empfahl sich statt der anfänglich benützten Platten, weil dadurch die Störungen infolge der Luftströmung vermieden wurden.

Die Cylinder waren 60 *mm* lang und hatten 8—10 *mm* Durchmesser. Sie trugen an beiden Enden Drähte; der obere war mit einem leichten Spiegel versehen, der untere stand durch einen feinen Platindraht in leitender Verbindung mit Schwefelsäure, welche zur Erde abgeleitet wurde. Durch diese Ableitung wurde der Einfluss etwaiger statischer Ladungen eliminirt. Das elektrische Feld wurde wie bei Christiansen durch zwei grosse Messingplatten, welche einen Abstand von etwa 20 *mm*

hatten, hergestellt. Die Platten konnten mit den Polen einer constanten Batterie von 100 Volt Spannung verbunden werden. Der Apparat befand sich in einem Kasten, welcher mit Stanniol überzogen und mit der Erde leitend verbunden war. In dem Kasten war ein Gipsfenster eingelassen, durch welches der aufgehängte Cylinder belichtet werden konnte.

Vor das Fenster kam ein zur Erde geleitetes Messingnetz. Als Lichtquelle diente eine Bogenlampe. Es wurden nun Cylinder von Aluminium, Zink, Messing, vergoldetem Messing untersucht, aber bei keinem wurde durch Belichten eine Drehung hervorgerufen.

§. 5. Ganz anders verhielt sich ein Kupfercylinder. Bei diesem konnten sehr bedeutende und regelmässige Drehungen beobachtet werden, so oft das Licht der Lampe auf ihn fiel. Diese Ausschläge commutirten sich mit dem Felde, sie entstanden sogleich beim Einfallen des Lichtes, verschwanden aber nicht ganz vollständig, wenn die Belichtung unterbrochen wurde, vielmehr zeigte sich durch wiederholtes Belichten eine kleine dauernde Verschiebung der Ruhelage. Die Richtung der Drehung ergab die belichtete Seite +elektrisch gegen die unbelichtete.

Die sonderbare Ausnahmstellung des Kupfers klärte sich auf, als bei einem zweiten Cylinder aus demselben Metall die Drehung ausblieb. Beim Vergleich der beiden Cylinder zeigte nämlich der erste — mit welchem schon durch längere Zeit experimentirt worden war — an der dem Lichte zugewendeten Seite Anlauffarben, während der zweite, welcher keine Drehung ergeben hatte, blank geblieben war.

Als nun der letztere durch Erhitzen mit einer dünnen Oxydschicht überzogen wurde, so trat, gerade so wie beim ersten Cylinder, die Drehung beim Belichten im elektrischen Felde ein.

Wenn nun auch durch die Oxydation allein die lichtelektrischen Erscheinungen keineswegs vollständig zu erklären sind, so schien mir doch die Beobachtung so unzweifelhaft den Einfluss der durch die Belichtung veranlassten chemischen Prozesse darzuthun, dass ich vorerst letztere näher zu untersuchen beschloss.

§. 6. In dieser Richtung lagen die oben erwähnten Versuche von Stoletow und von Breisig vor, welche einen chemischen Einfluss gänzlich auszuschliessen schienen. Denn nach Allem, was wir von dem Verhalten der Gase wissen, ist deren Reaktionsfähigkeit im trockenen Zustande ausserordentlich verschieden von der im feuchten.

Wenn eine chemische Reaction zwischen der belichteten Platte und dem umgebenden Gas Ursache der lichtelektrischen Erscheinung ist, so muss man erwarten, dass diese wenn schon nicht völlig unterdrückt, doch wenigstens beträchtlich abgeschwächt wird, sobald trockene statt gewöhnlicher feuchter Luft die Platte umgibt.

Stoletow und Breisig aber fanden übereinstimmend, dass zwischen feuchter und trockener Luft kein merklicher Unterschied sich ergäbe. Auch vom Ausschluss des Sauerstoffes hätte man eine Abschwächung erwarten dürfen, während nach den genannten Autoren die Erscheinung im Wasserstoff wesentlich ebenso verläuft, wie in der Luft.

Indess schien mir in den erwähnten Versuchen nicht genügend dem Umstande Rechnung getragen, dass schon sehr kleine Mengen der wirksamen Gase die elektrischen Erscheinungen hervorrufen könnten, etwa so wie dies beim Leuchten des Phosphors der Fall ist, wozu bekanntlich die geringste Spur Sauerstoff genügt und dabei dennoch das Leuchten wesentlich an die Oxydation des Phosphors geknüpft ist. Von dieser Analogie geleitet habe ich neuerdings den Einfluss der umgebenden Gase auf die lichtelektrischen Erscheinungen untersucht.

§. 7 Dabei bediente ich mich der Anordnung von Stoletow. Eine volle und eine durchlochte Platte aus demselben Metall waren in einer Entfernung von 1—2 *mm* einander gegenüber gestellt; sie wurden mit den Polen einer Batterie von 25 Grove verbunden. Im Stromkreis befand sich ein Thomson-Galvanometer, welches für einen Strom von $3 \cdot 10^{-10}$ Amp. einen Scalentheil Ausschlag gab. Die Platten waren in eine Glasglocke eingeschlossen, die durch einen Deckel mit eingekittetem Quarzfenster verschraubt werden konnte. Durch zwei Glasröhren, wovon die eine zwischen den beiden Platten, die andere am

Halse der Glocke mündete, konnte dieselbe mit verschiedenen Gasen gefüllt werden. Als Lichtquelle diente eine Bogenlampe, deren positive Kohle durch eine Messingstange ersetzt war. Dieses Licht erwies sich fast ebenso reich an wirksamen Strahlen, als das Zinklicht, und erzeugt weniger Zinkrauch.

Dem Trocknen und Reinigen der Gase wurde besondere Aufmerksamkeit gewidmet:

Das zu trocknende Gas passirte erst eine mit concentrirter Schwefelsäure gefüllte Sprengel'sche Flasche, sodann ein langes mit Phosphorsäureanhydrid gefülltes Rohr. Fast ebenso wirksam erwies sich eine sehr lange Röhre, welche mit concentrirter Schwefelsäure benetzte Glasperlen enthielt.

Stickstoff wurde nach der Vorschrift von Bötticher¹ aus Natriumnitrit entwickelt, dann über verdünnter Natronlauge in einem Gasometer aufgefangen. Beim Einfüllen in den Apparat wurde das Gas zuerst durch starke Natronlauge, dann in die Trockengefäße, endlich über eine glühende, vorher reducirte Kupferspirale geleitet.

Der Wasserstoff wurde elektrolytisch entwickelt und mit einer starken, alkalischen Lösung von Pyrogallussäure gewaschen. Zwei Stunden lang vor und während der Beobachtung wurde ein ziemlich kräftiger Strom des betreffenden Gases durch den Apparat geleitet.

§. 8. Zuerst untersuchte ich den Einfluss der Feuchtigkeit und des Sauerstoffgehaltes der Luft. Der Apparat wurde in der angegebenen Weise mit dem trockenen Gase gefüllt und in diesem der Ausschlag beim Belichten ermittelt; sodann wurde das Gas durch gewöhnliche, feuchte Luft verdrängt und wieder der beim Belichten entstehende Strom beobachtet. Meine Vermuthung fand denn auch eine vollständige Bestätigung, indem sich ein sehr beträchtlicher Einfluss des Wasser- und Sauerstoffgehaltes ergab.

Dies zeigen die folgenden Zahlen, welche die Ausschläge des Galvanometers angeben, die beim Belichten eintreten. Dabei war immer die volle Platte mit dem negativen Pol der Batterie verbunden.

¹ Michaelis, Lehrbuch der anorg. Chemie.

Zink	{ in getrockneter Luft	13 Skalentheile,
	{ in gewöhnlicher, feuchter Luft .	45
Zink	{ in getrocknetem Stickstoff	6 Skalentheile,
	{ in gewöhnlicher, feuchter Luft	35
Zink	{ in getrocknetem Wasserstoff	17 Skalentheile,
	{ in gewöhnlicher, feuchter Luft.	45
Kupfer	{ in getrocknetem Wasserstoff	18 Skalentheile,
	{ in gewöhnlicher, feuchter Luft	52
Blei	{ in getrocknetem Wasserstoff	4 Skalentheile,
	{ in gewöhnlicher, feuchter Luft .	18

Ohne darauf Rücksicht zu nehmen, dass die Versuche noch lange nicht die äusserste Grenze der Reinheit erreicht haben — dies war schon durch die Grösse und den ungenügenden Verschluss meines Apparates nicht möglich — berechtigen doch die gefundenen Zahlen wohl zu dem Schlusse:

»Dass die lichtelektrischen Erscheinungen durch chemische Prozesse bedingt werden. Diese müssen aber auch durch die Belichtung veranlasst, müssen photochemische Prozesse sein.«

§. 9. Alsdann aber muss man erwarten, dass starke photochemische Effecte auch mit intensiven lichtelektrischen Wirkungen verbunden sind.

Die Versuche haben nun in der That eine vollständige Bestätigung dieser Voraussicht ergeben, indem Platten⁴ welche mit dünnen Schichten von lichtempfindlichen Verbindungen bedeckt waren, sich auch lichtelektrisch sehr empfindlich erwiesen.

Die Versuche wurden in der Weise ausgeführt, dass die Stärke des actinoelektrischen Stromes beobachtet wurde, zuerst mit den blanken Metallen, dann nachdem diese der Einwirkung von Brom, Jod, Schwefelwasserstoff ausgesetzt worden waren.

Durch diese Behandlung wurden die Metalle mit dünnen Schichten der betreffenden lichtempfindlichen Salze bedeckt.

Die starke lichtelektrische Wirkung dieser Schichten zeigen die folgenden Zahlen, welche die beim Belichten entstehenden Ausschläge angeben. Das Vorzeichen bezieht sich auf den Pol der Batterie, welcher mit der vollen Platte verbunden war. Die Gase wurden bei diesen Versuchen nicht getrocknet.

Messing in Luft	$\left. \begin{array}{l} + 11 \\ - 32 \end{array} \right\}$
Geschwefeltes Messing in Luft	$\left. \begin{array}{l} + 30 \\ - 303 \end{array} \right\}$
Kupfer in Luft	$\left. \begin{array}{l} + 22 \\ - 32 \end{array} \right\}$
Bromirtes Kupfer in Luft	$\left. \begin{array}{l} + 11 \\ - 104 \end{array} \right\}$
Jodirtes Kupfer in Luft	$\left. \begin{array}{l} + 35 \\ - 130 \end{array} \right\}$
Jodirtes Kupfer in Wasserstoff.	$\left. \begin{array}{l} + 145 \\ - 205 \end{array} \right\}$
Geschwefeltes Kupfer in Wasserstoff	$\left. \begin{array}{l} + 40 \\ - 430 \end{array} \right\}$
Blei in Luft.	$\left. \begin{array}{l} + 0 \\ - 16 \end{array} \right\}$
Geschwefeltes Blei in Luft	$\left. \begin{array}{l} + 8 \\ - 55 \end{array} \right\}$

Die Discussion dieser Zahlen möchte ich für eine spätere Gelegenheit mir vorbehalten, da ich die Versuche nach verschiedenen Richtungen hin zu ergänzen gedenke.

Der photochemische Charakter der lichtelektrischen Erscheinungen scheint mir indessen schon aus dem hier Mitgetheilten ersichtlich zu sein.

Es wird ja ohne Zweifel sehr schwierig sein, die den lichtelektrischen Wirkungen zugehörigen chemischen Prozesse festzustellen. Dies ist aber darin begründet, dass schon der Umsatz ungemein geringer Mengen genügt, um diese Er-

scheinungen hervorzurufen. Im gewissen Sinne stellen eben diese selbst Reactionen der Stoffe dar, welche ähnlich wie die spectralanalytischen die gewöhnlichen chemischen Reactionen an Empfindlichkeit ausserordentlich übertreffen.

Herrn Prof. Braun bin ich zu grossem Danke verpflichtet für das Interesse, welches er dieser Arbeit gewidmet, und die Freundlichkeit, mit welcher er mir die Mittel für dieselbe zur Verfügung gestellt hat.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1893

Band/Volume: [102_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Cantor Mathias

Artikel/Article: [Über die Zerstreung der Elektrizität durch das Licht. 1188-1196](#)