Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Zur Erklärung der Lichtenbergischen Figuren.

Von **Dr. Edmund Reitlinger**,
Universitätsdocenten der Physik.

§. 1. Die nach Lichtenberg benannten elektrischen Staubfiguren zeigen eine charakteristische Formverschiedenheit je nach der angewandten Elektricitätsart. Die positiv elektrische Figur endigt stets in Zacken und Strahlen, die negative mit runden strahlenlosen Zügen. Diese Formverschiedenheit der Staubfiguren einigermassen zu erklären, wurde theils durch unbegründete Erfindungen der Phantasie, theils durch Hypothesen, die sich vermöge einer experimentellen Prüfung widerlegen lassen, versucht. Zu den ersten müssen wir es rechnen, wenn de Luc in der negativen Figur ein Fortrücken der eigenen Elektricität der isolirenden Platte, in der positiven die Verbreitung der auf die Platte gebrachten fremden Elektricität sah; ferner, wenn die Anhänger der Franklin'schen Theorie in der negativen Figur das Bestreben einer elektricitätsleeren Stelle sich zu füllen, in der positiven das Überlaufen einer mit Elektricität überfüllten Stelle zu erkennen glaubten. Wie wenig begründet die letztere Erklärung war, zeigen die neuesten Unitarier, welche die negative Elektricität für das Fluidum halten und nun in der negativen Figur das Überlaufen einer mit Elektricität überfüllten Stelle, in der positiven das Bestreben einer elektricitätsleeren Stelle sich zu füllen erblicken. Tremery glaubte den Lullin'schen Versuch und die Staubfiguren durch die Annahme zu erklären, dass die Luft bei gewöhnlichem Drucke die positive Elektricität leichter leite, als die negative; aber Biot hat durch genaue Versuche gezeigt, dass die Leitung durch die Luft für beide Elektricitäten gleich ist. Die Annahme, dass die isolirende Platte selbst für jede Elektricitätsart ein eigenes Leitungsvermögen besitze, ward durch Riess vermöge der

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

elektrischen Staubbilder widerlegt [1]). Elektrische Staubbilder nennt nämlich Riess die Abbildungen von elektrisirten Münzen und Stempeln, welche auf Harz durch Influenzelektricität erzeugt werden. Wird positive Elektricität dem Stempel mitgetheilt, so ist das mit dem Villarsy'schen Gemenge aus Schwefel und Mennig [2]) bestäubte Bild roth, dagegen gelb, wenn der Stempel negativ elektrisirt wird. Die grosse Schärfe dieser Staubbilder widerlegt aber die oben angeführte Annahme; denn würde die eine Elektricitätsart von der isolirenden Platte besser geleitet als die andere, so hätte ein solcher Unterschied in verzerrten Dimensionen der Bilder bemerkbar sein müssen. Ja, diese Schärfe gestattet auch nicht, die Staubfiguren zu Eigenschaften der beiden Elektricitätsarten als solcher zu machen, wie es in neuerer Zeit geschah, der positiven Elektricität die Eigenheit zu geben, strahlenförmige, der negativen scheibenförmige Staubfiguren auf dem Harze zu bilden. Denn wären die Staubfiguren Eigenthümlichkeiten der beiden Elektricitätsarten, so müsste sich auch bei Erzeugung von Staubbildern die Neigung zu denselben zeigen, was aber nach der ausführlichen Darstellung von Riess nicht geschieht [3]). Riess schliesst das eben mitgetheilte Raisonnement mit den Worten: „Dadurch eben erscheinen mir die Staubbilder von so grosser Wichtigkeit, weil sie die scheinbare Beleuchtung der Staubfiguren, mit der man, so nothdürftig sie war, sich bisher begnügt hat, aufheben, diese Figuren in ein völliges Dunkel zurückwerfen und die Lösung des Räthsels an einem anderen Orte als bisher zu suchen nöthigen".

Gegen Ende der citirten Abhandlung wendet sich Riess nochmals zur Betrachtung der Formverschiedenheit der Staubfiguren mit den Worten: „Ich habe nun einige Muthmassungen mitzutheilen über einen bereits erwähnten Gegenstand, der, von höchstem Interesse für die ganze Elektricitätslehre, bisher in tiefes Dunkel gehüllt geblieben ist" [4]). Im darauffolgenden §. 29 beweist Riess den Satz: Elektrische Staubfiguren entstehen nur dann, wenn Elektricität durch

---

[1]) Riess, über elektrische Figuren und Bilder §. 15. In den Abhandlungen der Kön. Akademie der Wissenschaften zu Berlin für 1846, physikalische Classe S. 1—50. Vom §. 5 bis Schluss abgedruckt: Poggendorff's Annalen Bd. 69, S. 1—44.

[2]) Riess l. c. §. 3.

[3]) Riess l. c. §. 15.

[4]) Riess l. c. §. 28.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

eine discontinuirliche Entladung an eine isolirende Platte gekommen ist. Durch diesen Satz hatte der berühmte Physiker die Bahn zur richtigen Erkenntniss der Staubfiguren gebrochen. Die Vorstellung jedoch, die sich Riess von der Art macht, wie die discontinuirliche Entladung die Formverschiedenheit verursache, fand ich durch meine Versuche widerlegt, wie ich im §. 6 dieser Abhandlung ausführlich auseinandersetzen werde. Die Abhandlung von Riess begründete in überzeugender Weise, dass Staubfiguren nur dann entstehen, wenn die Elektricität durch eine discontinuirliche Entladung auf eine Platte gekommen ist. Das Bestreben eine ähnlich feste Überzeugung bezüglich der Wirkung der discontinuirlichen Entladung zu gewinnen, regte mich zu einer Reihe von Versuchen an, deren Resultate den Gegenstand dieser Abhandlung bilden.

§. 2. Lichtenberg widmete den im Jahre 1777 durch einen Zufall entdeckten Staubfiguren zwei in den beiden folgenden Jahren publicirte Abhandlungen [1]). Nach diesen erhielt er die Figuren am besten, wenn er auf eine Harzplatte eine mit einem Knopfe versehene Metallröhre stellte und durch einen Funken elektrisirte. Nach Fortnahme der Röhre zeigte die Platte, wenn Harzstaub auf dieselbe gebeutelt wurde, die der angewandten Elektricitätsart entsprechende Staubfigur. Erzeugt man in solcher Weise Staubfiguren mit Villarsyschem Gemenge, so bildet es einen wesentlichen Unterschied, ob man die Röhre mit der ableitenden Hand oder mit einer isolirenden Zange abhebt. Wird die positiv elektrische Röhre mit der Hand entfernt, so bildet der Schwefelstaub eine sonnenähnliche gelbe Figur mit vielen ausfahrenden Strahlen, in deren Innerem ein rother Kreis aus Mennig sichtbar ist; während die negativ elektrische Röhre in diesem Falle mehrere concentrische rothe Kreise erzeugt, die einen mit gelben Verästelungen ausgefüllten Raum umgeben. Hebt man die Röhre mittelst einer isolirenden Zange ab; so fehlt in der ersten Figur der rothe Kreis, in der zweiten die gelbe Verästelung. Bei der ableitenden Berührung wird eine der ursprünglich mitgetheilten entgegengesetzte Elektricität nach der Platte gezogen und breitet sich in ihrer charakteristischen Weise aus.

---

[1]) Novi Commentarii Soc. Gotting. T. 8, P. 1. p. 168. Commentationes Societ. Gotting. T. 1. P. 2, p. 65. De nova methodo naturam ac modum fluidi electrici investigandi commentatio prior. Gott. 1778, commentatio poster. Gotting. 1779.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Verbindet man eine isolirte Spitze mit dem äusseren Pole der Inductionsrolle eines gewöhnlichen Ruhmkorff-Apparates und berührt mit derselben einen Harzkuchen, während der Apparat in Wirksamkeit ist, so erhält man Staubfiguren. Ist der inducirende Strom so geschlossen, dass die Spannung der Spitze an einem genäherten Elektroskope positive Anzeigen gibt, so erhält man eine gelbe sonnenförmige Figur mit einem unbestäubten Kreise im Inneren, der einen kleineren rothen Kreis concentrisch umschliesst. Bei der entgegengesetzten Schliessung erhält man einen rothen Ring, der aussen noch von kurzen Strahlen umgeben ist und im Inneren eine gelbe von unbestäubten Rändern umgebene Figur besitzt, deren Strahlen sich theils in gerader Linie vom Centrum entfernen, theils von der geraden Linie abgelenkt das Centrum in sich erweiternden Kreisen umwinden. Was in den obigen Fällen die ableitende Berührung bei Bildung der Kerne bewirkt, das verursacht hier die Intermittenz des Stromes. Die schwache entgegengesetzte Elektricität des Schliessungsstromes kommt noch der durch die lange Inductionsrolle in den Strompausen zugeführten zu Hilfe. Reine positive und negative Figuren erhält man, wenn man die Drathspitze gerade so hoch stellt, dass nur mehr die durch den Öffnungsstrom erzeugte Spannungselektricität des Poles den Intervall überspringen kann, während sowohl die in den Pausen im unelektrischen Drathe inducirte als auch die dem Schliessungsstrome entsprechende Elektricität zurückgehalten wird. Diese Thatsache entspricht völlig der Theorie des Inductionsapparates, wie sie in der meisterhaften Abhandlung von Poggendorff [1]) entwickelt wurde und bestätigt gleichzeitig auf's Neue diese Theorie.

Bei positiver Elektricität erhält man einen gelben Stern mit aus dem Centrum nach allen Seiten geradlinig sich entfernenden Strahlen, deren gelber Staub nicht im Centrum selbst, sondern in einem das Centrum umschliessenden Kreise die grösste Dichtigkeit besitzt. Bei negativer Elektricität bekommt man eine rothe Scheibe, deren Staub auch nicht im Centrum, sondern in einem das Centrum umschliessenden Kreise am dichtesten gelagert ist. Lässt man die elektrische Einwirkung der Drathspitze eine gleiche Anzahl Secunden

[1]) Beitrag zur Kenntniss der Inductionsapparate und deren Wirkungen von J. C. Poggendorff. — Poggendorff's Annalen Bd. 94, p. 289 u. ff.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

dauern, so sind die einzelnen Dimensionen der mit dem Ruhmkorff-Apparate erhaltenen Figuren bei wiederholter Schliessung derselben Smee'schen Kette nahezu gleich. Dies veranlasste mich die durch den Ruhmkorff erzeugten Figuren bei den späteren messenden Versuchen zu benützen.

§. 3. Schon Lichtenberg theilt in seiner zweiten Abhandlung mit, dass er unter dem Recipienten der Luftpumpe Staubfiguren erzeugt habe. Er fand sowohl die positive als die negative Figur grösser geworden, die erstere jedoch mehr als die letztere und gleichzeitig schienen die Figuren nach seiner Meinung ähnlicher [1]). Riess citirt diese Stelle, ohne die Vergrösserung hervorzuheben [2]), wohl weil er annahm, Lichtenberg habe bei den damaligen Hilfsmitteln nicht beurtheilen können, ob Menge der Elektricität, Dauer der Einwirkung und andere ausser der Luftverdünnung mitwirkende Umstände gleich waren. Die Anwendung des Ruhmkorff-Apparates gestattet aber eine Beseitigung aller ähnlichen Bedenken. Riess stellte auch selbst einen Versuch mit Figuren unter der Glocke der Luftpumpe an. Indem er aber gleich eine starke Luftverdünnung anwandte, und den Funken einer Leidner Flasche überspringen liess, so vermochte er keine Figuren wahrzunehmen [3]). Ich liess mir einen Recipienten verfertigen, der, mit einer Stopfbüchse versehen, einen Messingstift von aussen vertical auf und ab bewegen liess. Eine Messingkugel, die das in der äusseren Luft befindliche Ende des Stiftes bildete, gestattete denselben zu elektrisiren. Der Recipient hatte noch eine mit einem Hahne luftdicht verschlossene Seitenöffnung, welche andere Gase als gewöhnliche Luft unter die Glocke zu bringen ermöglichte. Auf den Teller der Luftpumpe stellte ich einen Harzkuchen von 4 Zoll Durchmesser. Die abwärts gerichtete Spitze des Messingstiftes stand der Harzplatte gegenüber, indem sie dieselbe entweder berührte oder ihr nahe war. Die Messingkugel wurde mit dem äusseren Pole der Inductionsrolle eines Ruhmkorff-Apparates in Verbindung gesetzt. Nachdem die Luft im Recipienten auf den jedesmal gewünschten Grad der Verdünnung gebracht war, wurde der Ruhmkorff eine nach Secunden genau gemessene Zeit

[1]) Commentatio posterior p. 12.
[2]) Riess l. c. §. 30.
[3]) Riess l. c. p. 30.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

hindurch in Thätigkeit gesetzt. Hierauf wurde eine Staubfigur auf der aus dem Recipienten herausgenommenen Harzplatte durch Bestäubung mit Villarsy'schem Gemenge erzeugt. Die auf der Barometerprobe nicht ablesbaren höheren Barometerstände wurden aus der Anzahl der Kolbenstösse mittelst einer kleinen Rechnung abgeleitet [1]).

Bei den in solcher Weise angestellten Versuchen ergab sich nun das merkwürdige Gesetz: Sowohl die positive als negative Staubfigur vergrössert sich im luftverdünnten Raume in ihrem Umfange und allen einzelnen Theilen im umgekehrten Verhältnisse des Barometerstandes, oder anders ausgesprochen, im geraden Verhältnisse der Luftverdünnung. Bezeichnet man mit b den jedesmaligen Barometerstand, so drückt $\frac{1}{b}$ das Gesetz der Vergrösserung der Figur aus. Gleichzeitig ist keine Spur davon zu bemerken, dass die Figuren ähnlicher würden. Sie behalten völlig ihre charakteristischen Eigenthümlichkeiten.

In der folgenden Tabelle werde ich nicht willkürlich ausgesuchte, sondern die 3 ersten meiner Beobachtungsreihen zusammenstellen, um den Leser in die Lage zu versetzen, ein Urtheil zu fällen, ob ich zum Ausspruche des obigen Gesetzes nach den von mir gesehenen Thatsachen berechtigt war. Auf die 3 Theile der Figur, die ich gemessen, habe ich schon in §. 2 aufmerksam gemacht.

	28‴10‴8	20‴	15‴	10‴	5‴	2‴5	1‴5
1. Positive Figur:							
Rother Kreis	.	2‴15	3‴35	4‴3	8‴9	.	.
Unbestäubter Kreis . . .	.	3·3	5·2	7·0	.	.	.
Kreis gelber Strahlen . .	.	20·0	25·0	30·0	.	.	.
2. Positive Figur:							
Rother Kreis	2‴3	2·6	4·0	5·0	9·5	16‴0	20‴0
Unbestäubter Kreis . . .	3·2	4·2	4·8	6·5	12·0	21·0	.
Kreis gelber Strahlen . .	15·0	17·0	25·0	36·0	.	.	.
3. Negative Figur:							
Gelber Kern	1·0	1·2	1·5	2·2	3·8	7·5	11·0
Rother Kreis	5·2	7·0	9·0	15·0	30·0	.	.
Kreis von äusseren abgestumpften Strahlen . .	7·2	10·0	15·0	22·0	.	.	.

[1]) Ich hatte nach 25 Kolbenstössen 5″ Barometerstand, also q^{25}. $B = 5''$, wo B der Barometerstand der äusseren Luft in Zollen bedeutet. Daraus wurde q bestimmt,

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Die erste Horizontalzeile enthält die Barometerstände. Bedenkt man, dass diese grösstentheils nicht direct gemessen, sondern durch Kolbenstösse geschätzt wurden, so wird man mit Befriedigung sehen, dass das oben aufgestellte Gesetz sich in den beobachteten Zahlen so deutlich ausspricht. Ich habe die Linien nicht auf Zolle reducirt, damit die Übersicht erleichtert ist. Bei den positiven oder gelben Theilen der Figuren war eine geringere Genauigkeit möglich als bei den geschlossenen negativen oder unbestäubten Kreisen. Es musste aus verschieden langen Radien ein mittlerer Radius durch Schätzung gewählt werden. Eine besondere Eigenthümlichkeit zeigt der gelbe Kern der negativen Figur. Bei den Barometerständen über 5 Zoll bestand er aus einem kleinen Kreise mit hornförmig gebogenen Auswüchsen; man könnte die Gestalt am besten mit der eines Seekrabben vergleichen. Bei tieferen Barometerständen war er ein regelmässiger gelber Kreis.

Eine unbefangene Überlegung des in diesem Paragraphen aufgefundenen Gesetzes, welches eine so einfache Abhängigkeit der Grösse der Figur von der Luftverdünnung zeigt, rechtfertigt die Vermuthung, dass in der Luft sich bewegende elektrisirte Theilchen die Gestalt der Figuren erzeugen. Indem der bestäubte Harzkuchen die ihm mitgetheilten und vermöge seines isolirenden Vermögens an den Mittheilungsstellen haftenden Elektricitäten sichtbar macht, zeigt er die von ihm fixirten Bahnen der in der Luft bewegten elektrisirten dem Auge nicht wahrnehmbaren Theilchen. Die Gestalt der Figuren ist der verschiedenen Art zuzuschreiben, wie sich die elektrisirten Theilchen in der Luft vom Metallstifte aus auf dem Harzkuchen ausbreiten. Durch elektrische Lichterscheinungen hat man schon längst sichtbar gemacht, dass sich elektrische Theilchen verschieden bewegen, je nachdem sie von einem positiven oder negativen elektrisirten Leiter die Elektricität fortführen. Die Versuche dieses und der folgenden Paragraphen erweisen nun, dass die Lichtenbergischen Figuren nichts anderes sind, als eine andere Art, eine auch durch das elektrische Licht identisch wahrnehmbare Thatsache dem Auge darzustellen.

§. 4. Das Gesetz, welches die Vergrösserung der Lichtenbergischen Figuren in luftverdünnten Räumen ausdrückt, ist genau

und dann die Gleichung $q \propto B = b$, wo b der Barometerstand, x die Anzahl der Kolbenstösse bedeutet, mittelst Logarithmen gelöst.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

dasselbe, welches Snow Harris für die Vergrösserung der Schlagweite bei Luftverdünnung fand. Die Schlagweite des elektrischen Funkens und die Lichtenbergischen Figuren befolgen also genau dasselbe Zahlengesetz der Vergrösserung bei Verminderung des Barometerstandes. Es entspricht dies völlig dem am Schlusse des vorigen Paragraphen angedeuteten neuen Gesichtspunkte für die Lichtenbergischen Figuren. Da die Schlagweiten in verschiedenen Gasen verschieden sind, so kam ich nach einigem Nachdenken auf die Vermuthung, dass auch die Figuren in verschiedenen Gasen verschiedene Grösse und Form besitzen würden, und zwar erwartete ich, dass sie eben so, wie bei der Luftverdünnung im Verhältnisse der Schlagweiten grösser würden. Nach Versuchen Faraday's zeigt das Wasserstoffgas im Verhältnisse zur gewöhnlichen Luft die auffallendste Vergrösserung der Schlagweite. Ich wählte es sowohl aus diesem Grunde, als seiner bequemen Bereitung wegen, um die Richtigkeit der eben mitgetheilten Vermuthung zu prüfen.

Meine Hoffnung wurde durch getrocknetes Wasserstoffgas erfüllt. Es zeigte sich eine schon durch Augenmass deutlich wahrnehmbare Vergrösserung der Figur in allen Theilen. Liess man die Spitze des elektrisirten Stiftes circa $0''' 2$ oder mehr vom Harzkuchen abstehen, so verhielt sich in den meisten Fällen die Grösse der Figur in Wasserstoffgas zur Grösse der Figur in atmosphärischer Luft ziemlich genau wie 3:2. Doch wurde in einigen Fällen die Grenze des im vorigen Paragraphen ermittelten Gesetzes überschritten und in einem Falle fand ich das Verhältniss wie 2:1. Die angestellten Messungen wird folgendes tabellarische Beispiel genügen, anschaulich zu machen.

Positive Figur	in atmosphärischer Luft	in Wasserstoffgas
Innerer rother Kreis	$3'''0$	$4'''5$
Unbestäubter Kreis	4·7	6·6
Kreis gelber Strahlen . . .	12·5	21·5

So wie in diesem Beispiel fand ich die Dimensionsverhältnisse bei 2 Figuren, die bei $1'''$ Entfernung des Stiftes vom Harzkuchen und unverdünntem Zustande der Luft und des Gases erzeugt wurden.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Vergleicht man das erhaltene Grössenverhältniss mit dem Verhältniss der Schlagweiten, so fand Faraday das letztere in einer Versuchsreihe, wie 2:1[1]), in einer späteren wie 3:2[2]). Faraday erklärt jedoch selbst seine Beobachtungen nur in Feststellung des Grössenverhältnisses überhaupt, nicht aber auch im numerischen Werthe für genau verlässlich[3]). Man wird daher die Übereinstimmung der Beobachtungen Faraday's über die relative Schlagweite in Wasserstoffgas und atmosphärischer Luft mit meinen oben mitgetheilten Messungen über die Grösse der Lichtenbergischen Figuren in den zwei Luftarten befriedigend finden.

Die Lichtenbergische Figur in Wasserstoff ist aber nicht nur grösser als in atmosphärischer Luft, sondern regelmässiger, reicher und in ihren positiven Theilen ohne Vergleich verästelter. Die auffallend schön geformten gelben Verästelungen bieten einen prachtvollen Anblick dar. Faraday erwähnt die sehr schönen Verästelungen des elektrischen Büschels im Wasserstoffgas[4]). Es bilden also diese Verästelungen als charakteristische Eigenthümlichkeit des Wasserstoffgases ein Anzeichen mehr für die Verwandtschaft der elektrischen Lichterscheinungen mit den elektrischen Figuren, die sich für gewisse elektrische Lichterscheinungen im folgenden Paragraphen als Identität beweisen lassen wird.

Es bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung, in welch' hohem Masse die hier beschriebenen Versuche die am Schlusse des vorigen Paragraphen aufgestellten Gesichtspunkte bestätigen.

§. 5. Es lag nahe, eine scheinbare Erläuterung der Figuren durch Vergleichung mit dem Spitzenlichte zu versuchen. Die positive Figur sollte eine Projection des Lichtbüschels, die negative eine des Lichtsternes sein. Aber obwohl Riess diese Analogie mit Recht als nicht stichhältig bezeichnen konnte[5]), so kam sie doch der Wahrheit näher als irgend eine andere bis jetzt versuchte Erklärung. Es wird sich nämlich zeigen, dass die Formen der Lichtenbergischen Figuren wirklich mit Formen elektrischer Lichterscheinungen, wenn auch nicht mit den eben erwähnten völlig identisch sind.

---

[1]) Exp. Res. al. 1388.
[2]) Exp. Res. al. 1507.
[3]) Exp. Res. al. 1389.
[4]) Exp. Res. al. 1459.
[5]) Riess l. c. §. 10.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Die Lichtenbergischen Figuren entstehen, indem Elektricität von einer Metallspitze oder einem Metallringe auf Flächen überströmt. Sollen also elektrische Lichterscheinungen mit ihnen in der Form identisch sein, so müssen sie unter ähnlichen Bedingungen erzeugt werden. In der schon citirten meisterhaften Abhandlung über die Inductionsapparate machte bereits Poggendorff eine erste hierher gehörige Beobachtung bekannt. Eine Glasplatte lag auf einer Metallscheibe, die mit dem einen Pole des Inductionsapparates in Verbindung stand. Eine mit dem anderen Pole verbundene Drathspitze wurde der unbelegten Fläche des Glases genähert. War die Spitze bis auf einige Linien nahe gekommen, so ging ein ununterbrochener Strom schwach leuchtender Funken auf das Glas herab. „Nähert man die Spitze noch mehr, etwa bis zur Viertellinie", fährt Poggendorff in Beschreibung der Beobachtung fort, „so werden die Funken nicht nur heller, sondern zerstieben auch auf dem Glase nach allen Richtungen, dabei eine fein geäderte Figur bildend, ähnlich der Lichtenbergischen von positiver Elektricität. Es liess sich in der Gestalt dieser Figur kein Unterschied beobachten, die Spitze mochte positiv oder negativ sein. Nur schien bei Positivität der Spitze die Figur eine grössere Ausdehnung zu besitzen" [1]). Bei dieser Nähe der Spitzen hätte Poggendorff auch auf dem Harzkuchen die zwei gemischten Figuren, die beide mit positiven Zacken begrenzt sind, wie ich sie in §. 2 beschrieb, erhalten. Diese zackige Begrenzung beider Figuren in diesem Falle war aber wohl die Ursache, dass Poggendorff die bemerkte Ähnlichkeit nicht verfolgte.

In seiner „*Notice sur l'appareil de Ruhmkorff*" theilt du Moncel einen Versuch mit, der sich sowohl zur Begründung meines theoretischen Gesichtspunktes als zur Controle der Hypothese von Riess besonders verwendbar zeigte. Wenn du Moncel zwei mit den Polen seines Ruhmkorff-Apparates verbundene Drathspitzen einer Wasserfläche so weit näherte, dass ein continuirlicher Funkenstrom überging, so sah er an den Polen zwei der Grösse und Gestalt nach verschiedene Lichterscheinungen, die nach seiner beigefügten Abbildung gemischten Staubfiguren entsprechen. Du Moncel selbst bemerkt jedoch nichts über die Ähnlichkeit dieser Lichterscheinungen mit den

---

[1]) Poggendorff's Annalen Bd. 94, p. 324.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Lichtenbergischen Figuren, wie er überhaupt nichts Näheres über dieselben beifügt [1]).

Durch wiederholte Versuche war ich mit allen einzelnen Theilen der vom Ruhmkorff-Apparate erzeugten gemischten Staubfiguren, mit ihren je nach den Polen völlig charakterisirten Eigenthümlichkeiten und ihren relativen Grössen so vertraut geworden, dass ich nach dem ersten Blicke auf die von du Moncel seinem Buche beigegebenen Abbildungen die Identität der Gestalt dieser Lichterscheinungen mit den Lichtenbergischen Figuren erkannte. Indem ich jedoch du Moncel's Versuch wiederholte, sah ich, dass man bei glücklich gewählter Entfernung der Spitzen von der Wasserfläche den reinen Charakter positiver oder negativer Figuren auch in diesen Lichterscheinungen erhalten kann. Am negativen Pole sieht man einen kleinen Lichtkegel, der mit runder Basis auf der Wasserfläche aufsteht, am positiven Pole lebhaft niederfahrende, an verschiedenen Punkten eines kleinen Kreises das Wasser treffende Funken, die in fein geäderte Figuren zerstieben, welche astförmig sich radial vom Mittelpunkte des der Spitze gegenüberliegenden kleinen Kreises entfernen. Die Zacken der positiven Staublineamente waren unverkennbar. Ich habe diesen Versuch mit günstigem Erfolge auch bei einer Winter'schen Elektrisirmaschine wiederholt, wobei natürlich die zwei Conductoren die zwei Pole des Ruhmkorff-Apparates ersetzten.

Wollte man aber nicht für augenfällig verwandte Erscheinungen willkürlich verschiedene Ursachen statuiren, so blieb nun nichts Anderes übrig, als vorauszusetzen, dass sowohl bei diesen Lichterscheinungen als den Figuren die elektrisirten in der Luft bewegten Theilchen die Verschiedenheit der positiven und negativen Form bewirken, indem sie sich theils an der Harz- oder Wasseroberfläche lagern, theils diese bestreichen, und dass das Licht im einen, der Staub im anderen Falle nur verschiedene Mittel der Sichtbarkeit seien. Man wird sich um so mehr zu dieser Annahme gedrängt fühlen, als schon die vorigen zwei Paragraphen nachgewiesen haben, dass das Harz nur die Rolle spielt, die Elektricität zu fixiren, welche ihm in der Luft bewegte und an seiner Oberfläche hinstreichende Theilchen mittheilen.

---

[1]) Notice sur l'appareil de Ruhmkorff par le Vicomte Theodore du Moncel. 4. ed. Paris 1859.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

§. 6. Riess hat in den früher citirten Stellen alle älteren für die Formverschiedenheit der Staubfiguren aufgestellten Hypothesen widerlegt und die wichtige Wahrheit begründet: „Elektrische Staubfiguren entstehen nur dann, wenn Elektricität durch eine discontinuirliche Entladung an eine isolirende Platte gekommen ist". Im §. 31 der oft citirten Abhandlung stellt nun Riess eine Hypothese über die Art und Weise auf, wie die discontinuirliche Entladung die Formverschiedenheit der Staubfiguren bewirke. Riess beruft sich auf die bekannten Wirkungen einer discontinuirlichen Entladung auf ein flüssiges oder luftförmiges Medium. „Das Medium wird auf dem Wege der Entladung zusammengedrückt, zerissen und Theile desselben werden mit Heftigkeit nach allen Seiten geschleudert. Bei der Entladung zwischen einer Metallspitze und einer isolirenden Fläche lehren die Hauchfiguren, dass die fremde Schicht, welche die Fläche deckt, an vielen Stellen aufgerissen und entfernt wird; es werden daher Theile dieser Schicht mit Luft gemischt, bei der Entladung gegen die Fläche geworfen. Nehmen wir nun an", fährt Riess fort, „dass diese Schicht zum Theil aus condensirtem Wassergase bestehe, so folgt, dass bei der Bildung der Staubfiguren feuchte Luft gegen die isolirende Platte getrieben wird. Die Wirkung eines solchen Luftstromes auf die Platte ist aus Faraday's Versuchen zu entnehmen; als derselbe comprimirte, nicht getrocknete Luft gegen Holz- oder Messingstücke strömen liess, wurden diese negativ elektrisch. Die feuchte Luft verhielt sich ganz so wie feuchter Wasserdampf, mit welchem Faraday eine ausgedehntere Versuchsreihe anstellte, bei der 30 verschiedene Stoffe gebraucht wurden, unter welchen sich Metalle, Seide, Harze, Schwefel, Glas, Bergkrystall befinden. Alle diese Körper wurden durch den feuchten Dampfstrom, der sie bestrich, negativ elektrisch, so dass Wasser als der positivste aller Körper angesehen wird. Unter der obigen Annahme wird demnach jede Platte aus beliebigem Stoffe dadurch, dass eine discontinuirliche elektrische Entladung sie trifft, negativ elektrisch und die von der Entladung übrig bleibende Elektricität hat sich auf einer isolirenden Fläche zu verbreiten, die zugleich negativ elektrisch gemacht wird. Nothwendig wird die Verbreitung und davon abhängige Anordnung der überschüssigen Elektricität eine andere sein, wenn diese Elektricität positiv, als wenn sie negativer Art ist; sie wird sich im ersten Falle leichter und weiter verbreiten, als im letzten. Wir haben

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

gesehen, dass der von der positiven Figur auf der Fläche eingenommene Raum nahe siebenmal grösser ist, als der von der negativen eingenommene. Abhängig von dieser verschiedenen Ausbreitung der Elektricitäten ist die Formverschiedenheit beider Figuren; die zusammengedrückte abgerundete Form der negativen Staubfigur ist für sich klar, während die strahlige Form der positiven die Beachtung erfordert, dass bei ihr die secundär auf der Platte erregte Elektricität mit der sich darauf verbreitenden ungleichnamig ist, und von derselben neutralisirt wird."

Theils durch Vergleichung mit schon früher angeführten Versuchen, theils durch insbesondere zu diesem Zwecke angestellte Experimente überzeugte ich mich, dass der grosse Elektriker die neue Bahn, die discontinuirliche Entladung bei den Staubfiguren in Betracht zu ziehen, mit mehr Glück betreten als verfolgt hatte, und dass es völlig unmöglich ist, die eben mitgetheilte Erklärungsweise der Lichtenbergischen Figuren anzunehmen, wie ich es im Folgenden auseinandersetzen werde.

Die sämmtlichen, in den früheren Paragraphen mitgetheilten Versuche begründeten, dass die beim Versuche du Moncel's auf der Oberfläche von Wasser durch ihr Licht wahrnehmbaren Figuren mit den Lichtenbergischen identisch sind und sich von denselben nur durch eine verschiedene Art der Sichtbarkeit unterscheiden. Es bedarf aber keiner weiteren Auseinandersetzung, dass die oben mitgetheilte Erklärung der verschiedenen Ausbreitung der positiven und negativen Elektricität, wie sie Riess gab, bei Wasseroberflächen statt Harzplatten unmöglich ist. Dadurch erscheint mir eben du Moncel's Versuch von besonderer Wichtigkeit, dass er in so unmittelbarer Weise die Hypothese von Riess als unzulänglich erscheinen lässt.

Wenn ferner die Formverschiedenheit bei positiver und negativer Elektricität auf einer Schichte von condensirtem Wassergase beruhen würde, so hätten doch wohl bei folgendem Versuche die Figuren ähnlicher werden müssen. Ich verband den Zuleitungshahn meines Recipienten mit einer U-förmig gebogenen, mit Chlorcalcium gefüllten Röhre und stellte gleichzeitig ein Schälchen mit Chlorcalcium unter die Glocke. Ich exantlirte mit Sorgfalt und liess getrocknete Luft nachströmen, und erst nachdem ich dies mehrere Male wiederholt hatte, setzte ich den Ruhmkorff in Thätigkeit. Die

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

bestäubten Figuren waren so deutlich charakterisirt, als bei den besten Experimenten in gewöhnlicher Luft.

Ferner findet nach Versuchen Faraday's die oben von Riess bei seiner Hypothese in Anspruch genommene Entstehung von negativer Elektricität nicht Statt, wenn das Wasser nicht rein ist. Bei gewöhnlichem Wasser sowohl als namentlich bei Wasser, dem noch so wenig von einer Substanz beigemischt ist, welche das Wasser gut leitend macht, findet nach Faraday gar keine Erregung von Hydroelektricität Statt [1]). Wird aber dem Wasser Terpentinöl beigemischt, so findet sogar die entgegengesetzte Elektricitätserregung Statt, der geriebene feste Körper wird positiv. Um so zur Controle der Riess'schen Hypothese zu gelangen, bestrich ich Stellen eines grösseren Harzkuchens mit Brunnenwasser, verdünnter Schwefelsäure oder auch Terpentinöl. Natürlich musste ich die Stellen wieder trocknen, um überhaupt Figuren zu erhalten. War das Harz trocken genug, deutliche Figuren zu geben, so hatten sie trotzdem, dass die künstlich behandelte Stelle noch durch ihre Spiegelung erkennbar war, doch die charakteristische Formverschiedenheit für positive und negative Elektricität. Ist es aber schon gewöhnlich unwahrscheinlich, dass die Wassergasschichte auf Harz in dem von Faraday für Entstehung von Hydroelektricität geforderten Zustande der Reinheit sich befindet, so wird dies unter den angegebenen Umständen noch unwahrscheinlicher und eine mit nur wenig Terpentinöl untermischte Wassergasschichte hätte ja nach Faraday eine Verwechslung der beiden Elektricitäten bewirken sollen.

Berührt man mit dem Knopfe einer stark geladenen Leidner Flasche einen Harzkuchen und bestäubt ihn nach Abhebung des Knopfes, so hat man eine gelbe Sonne mit einer vom gelben positiven Staube vollständig bedeckten Kernscheibe. Wird der Knopf der Flasche aber vor dem Abheben kurze Zeit ableitend berührt, so ist ein rother negativer Kreis in dieser gelben Scheibe bemerklich. Hier hat sich also negative Elektricität auf eine völlig positive Fläche ausgebreitet und ward darum doch nicht strahlenförmig.

Endlich haben wir einen indirecten Grund gegen die aufgestellte Erklärung der Formverschiedenheit der Staubfiguren am Versuche von Riess, die Erklärung auch auf jene Erscheinung zu übertragen,

---

[1]) Exp. Res. al. 2090—2094.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

welche unter dem Namen des Lullin'schen Versuches bekannt ist. Bringt man eine Spielkarte in den Schliessungsbogen einer Franklin'schen Batterie oder auch eines Ruhmkorff-Apparates zwischen zwei Spitzen so an, dass die Spitzen beide Flächen der Karte berühren und in einer gewissen Distanz von einander stehen, so geht der Entladungsfunke stets über die Fläche, welche von der positiven elektrischen Spitze berührt wird und durchbohrt die Karte an einer, der negativen Spitze gegenüberliegenden Stelle. Man nehme an, meint Riess, dass in dem beschriebenen Versuche die ersten Partialentladungen an beiden Seiten stattfinden und durch ihre mechanische Wirkung die Flächen der Karte in der Nähe der Spitzen negativ elektrisch machen (natürlich durch Hydroelektricität), so werden die nächsten Entladungen von der Spitze aus, welche positive Elektricität abgibt, sich immer weiter auf der Kartenfläche gegen die negative Spitze hin verbreiten können, während an dieser die Entladungen auf einem kleinen Raum beschränkt bleiben [1]). Dass diese Erklärungsweise des Lullin'schen Versuches aber unzulässig ist, lässt sich leicht beweisen. Es ist nämlich leicht, den Versuch mit einem von einer Schichte flüssigen Terpentinöles bedeckten Kartenblatte zu machen. Wie schon erwähnt, würde nach Faraday die Elektricität der Fläche positiv sein müssen [2]). Es müsste also die Karte in diesem Falle der positiven Spitze gegenüber durchbohrt werden, wenn die obige Erklärungsweise von Riess für den Lullin'schen Versuch richtig wäre. Die Durchbohrung fand aber bei meinen mit dem Ruhmkorff-Apparate angestellten Versuchen ebenso wie beim gewöhnlichen Kartenblatte an der negativen Spitze Statt.

Man kann also die von Riess auf die hydroelektrische Wirkung der 1. Partialentladung gebauten Erklärungen der Formverschiedenheit der Figuren und des Lullin'schen Versuches nicht annehmen.

§. 7. Man kann Staubfiguren auch erzeugen, wenn man die Platte mit einem isolirenden nicht elektrisirten Pulver bedeckt, die Spitze einer Metallnadel normal auf die Platte setzt und die Nadel elektrisirt. Es geht dann ein Theil der mitgetheilten Elektricität auf das Pulver, ein anderer auf die Platte über, so dass beide gleichartig elektrisch werden und sich die Figur durch Abstossung bildet. Lich-

---

[1]) Riess l. c. §. 33.

[2]) Exp. Res. al. 2108—2112.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

tenberg nennt auf diese Art erzeugte Figuren vertiefte. Nach dem am Ende von §. 3 entwickelten Gesichtspunkt bietet das Verständniss dieser Figuren keine grössere Schwierigkeit als das der gewöhnlichen.

Nach einigem Gebrauche fand ich den Metallstift meiner Spitze mit Staub bedeckt, was mir anzuzeigen scheint, dass auch die bewegten elektrisirten Theilchen, welche die Figuren erzeugen, nicht blos von dem äussersten Endpunkte der Spitze, sondern theilweise auch von ihrem Stifte ausgehen.

Nähert man der mit Staub bedeckten Platte schon elektrisirte Spitzen, so sieht man bei glücklich gewählter Distanz, wenn die Spitze negativ ist, ein kreisförmiges Zurückdrängen des Staubes und wenn die Spitze positiv ist, ein heftiges Fortschleudern desselben in radialen geraden Linien. Im letzteren Falle beginnt das Fortschleudern an verschiedenen Punkten, die dem der Spitze gegenüber befindlichen Centralpunkte nahe liegen, und setzt sich wie ein Ziehen von Radien nach aussen fort. In beiden Fällen spricht der Augenschein für von der Spitze ausgehende, in der Luft sich verschiedenartig bewegende und daher auch den Staub in verschiedener Weise forttreibende elektrisirte Theilchen.

Die positive Figur gelingt in der Regel besser als die negative, wie es auch schon Riess bemerkte [1]). Sowohl dieser letzte Umstand als auch der erwähnte Augenschein bei Annäherung von schon elektrisirten Spitzen harmoniren sehr gut mit dem im nächsten Paragraphen zu entwickelnden allgemeinen Gesichtspunkte, daher ich diesen kurzen Paragraphen einer Erwähnung der vertieften Staubfiguren widmete.

§. 8. Woher kömmt es aber, dass die bewegten, elektrisirten Theilchen, welche von einem positiven Pole nach einer Fläche die Elektricität übertragen, eine strahlenförmige als Figur von Zacken begrenzte Ausbreitung annehmen, während die bewegten, elektrisirten Theilchen, welche von einem negativen Pole Elektricität an die Fläche überführen, eine Ausbreitung im Kreise auf derselben zeigen?

Plücker hat in einer seiner Abhandlungen über die Entladung in gasverdünnten Räumen, die die Aufmerksamkeit der modernen Physiker im höchsten Grade auf sich gezogen haben, einen grösseren Abschnitt den Spiralen des positiven Lichtes in solchen Räumen unter

[1]) Riess, die Lehre von der Reibungselektricität Bd. 2, p. 209.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

der Einwirkung des Magnetes gewidmet[1]). Indem er den Unterschied in der Einwirkung des Magnetes auf das von dem positiven Pole ausströmende Licht mit dieser Einwirkung auf das Licht am negativen Pole, wie sich derselbe aus seinen Beobachtungen ergab, in nähere, Erwägung zog, so kam er zur Annahme, dass das in der Nähe der positiven Elektrode befindliche Theilchen in einer geraden Linie nach der negativen Elektrode gerichtet sei, oder anders gesagt, eine eigene Bewegung in der Richtung des Stromes besitze[2]). Dagegen den an der negativen Elektrode befindlichen, elektrisch leuchtenden Theilchen glaubt er eine solche eigene von der Richtung des Stromes abhängige Bewegung absprechen zu müssen[3]).

Eine solche Annahme wird auch durch eine ganze Reihe bekannter Thatsachen plausibel gemacht. So sah Silliman beim Voltaischen Lichtbogen zwischen 2 Spitzen deutlich, wie die Materie vom positiven zum negativen Pole übergeführt wurde. Diese Überführung wurde seitdem von vielen Physikern studirt, und obwohl sich zeigte, dass auch von der negativen Spitze Materie abgerissen wird, so wird doch von der positiven Spitze viel mehr, nach van Breda circa 6mal so viel, repellirt und eine Überführung von Materie nach dem negativen Pole ist unverkennbar. Eine andere von Porret zuerst beobachtete, von Wiedemann, van Breda und Logemann näher studirte Erscheinung gehört wahrscheinlich auch hierher. Ich meine den mechanischen Transport einer einen Strom leitenden Flüssigkeit durch ein poröses Diaphragma in der Richtung des positiven Stromes.

Eine vollständige Aufzählung aller ähnlichen Erscheinungen kann hier nicht meine Aufgabe sein, und so möge nur noch eine Beobachtung von de la Rive erwähnt werden, die mir in ganz besonderer Weise die erwähnte Annahme Plücker's und ihren Zusammenhang mit der Erklärung der Lichtenbergischen Figuren aufzuhellen scheint. Wenn bei einer Art Voltaischen Lichtbogens, die eine Elektrode eine metallische Spitze ist und ihr eine Quecksilberfläche als Elektrode gegenübersteht, während ein sehr starker Strom durchfliesst, so ist die Lichtwirkung glänzend und gleichzeitig ist das Quecksilber in einem Zustande äusserster Bewegung, sich in

[1]) Pogg. Ann. Bd. 107, p. 88—113.
[2]) Pogg. Ann. Bd. 107, p. 104—106, §§. 162—163.
[3]) Pogg. Ann. Bd. 107, p. 89 unter §. 134, p. 110, §. 170.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Gestalt eines Kegels erhebend, wenn es positiv ist, und eine Vertiefung unter der positiven Spitze zeigend, wenn es negativ ist.

Legt man nun die Annahme zu Grunde, dass allgemein die von einer Spitze ausgehenden, die Elektricität übertragenden Theilchen eine eigene Bewegung in der Richtung dieser Übertragung besitzen, dass jedoch dergleichen bei den von einer negativen Spitze aus die Elektricität verbreitenden Theilchen nicht der Fall ist, so ergibt sich eine einfache Erklärung der Formverschiedenheit der Lichtenbergischen Figuren, nachdem im Früheren nachgewiesen wurde, dass dieselben von diesen übertragenden Theilchen herrühren. Indem nämlich das positive Theilchen mit seiner eigenen Bewegung von einer Spitze schief nach der Fläche fährt, streift es vermöge einer Zerlegung seiner Bewegung noch ein Stückchen an der Harzfläche radial von der Spitze als Centrum sich entfernend fort, während die negativ elektrisirten Theilchen, die keine eigene Bewegung besitzen, sich in einem Kreise von der Spitze aus expandiren.

Diese Erklärungsweise harmonirt auch vortrefflich mit der schon von Riess constatirten grösseren Ausdehnung der positiven Figur als der negativen. Sie wird auch insbesondere durch den unmittelbaren Anblick der reinen positiven und negativen Figur bestärkt, namentlich, wenn man den Umstand beachtet, dass bei der reinen positiven Figur der Spitze gegenüber sich die Richtungen der positiven Streifen oft kreuzen, und nicht regelmässig radial von einem der Spitze gegenüberliegenden Centrum entfernen, dieses jedoch bei allen Streifen, die von dem Centrum etwas entfernter liegen, wo also die Theilchen schiefer auf die Fläche auffahren, in völliger Regelmässigkeit stattfindet.

Nach dieser Annahme lässt sich aber auch die in §. 2 erwähnte eigenthümliche Form der positiven Centra bei negativen, gemischten Figuren begreifen. Da die concentrischen Kreise negativer Elektricität an Intensität abnehmen, so musste das radial sich entfernende Theilchen durch Wirkung lateral befindlicher intensiver negativer Elektricität vermöge der Zusammensetzung der Kräfte eben so von seiner geraden Bahn abgelenkt und in eine bogenförmige überführt werden, wie es der Anblick der Erscheinung darbot.

So hätten wir also gerade in den Lichtenbergischen Figuren die einfachste Weise, die eigenthümlichen Bewegungen der von einer positiven oder negativen Spitze Elektricität fortführenden

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Theilchen zu erkennen, die auch durch elektrische Lichterscheinungen sichtbar werden. Ob die Lichtenbergischen Figuren nach dieser Einsicht selbst wieder das Studium der Elektricität überhaupt und insbesondere der elektrischen Lichterscheinungen befördern werden, müssen wir der Zukunft überlassen zu constatiren.

Zum Schlusse sei es mir erlaubt, mit dem innigsten Danke der Liberalität zu gedenken, mit welcher Herr Regierungsrath Ritter von Ettingshausen, Director des physikalischen Institutes, meine Arbeit unterstützte. Auch Herrn Dr. Blaserna danke ich herzlich, dass er als Assistent des Institutes mir den Gebrauch der Apparate desselben erleichterte.

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: 1860

Band/Volume: 41

Autor(en)/Author(s): Reitlinger Edmund

Artikel/Article: Zur Erklärung der Lichtenbergischen Figuren. 358-376