

Sitzungsberichte

der

mathematisch - physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

Band X. Jahrgang 1880.

München.

Akademische Buchdruckerei von F. Straub.

1880.

In Commission bei G. Franz.

Herr Wilhelm von Bezold sprach:

„Ueber Lichtenberg'sche Figuren und elektrische Ventile.“

Vor Kurzem haben die Herren E. Mach und S. Doubrava zwei Abhandlungen veröffentlicht¹⁾, in welchen sie gegen meine Untersuchungen über Lichtenberg'sche Figuren mehrfache Einwände erhoben, die ich nicht als begründet anerkennen kann. Ich erlaube mir deshalb dieselben hier etwas näher zu beleuchten und zugleich noch einige bisher nicht veröffentlichte Versuche zu beschreiben, welche mir ebenfalls zu Gunsten meiner früher dargelegten Anschauungen zu sprechen scheinen.

Zunächst möchte ich den auf S. 3 der erstgenannten von beiden Herren gemeinschaftlich verfassten Abhandlung gemachten Vorwurf zurückweisen, als sei ich im Grunde genommen nicht über den von Herrn Reitlinger viel früher schon erreichten Standpunkt hinausgegangen. Selbst zugeben, dass die von mir nach Analogie mit Flüssigkeitsbewegungen versuchte Erklärung²⁾ für die Verschiedenheit der

1) Sitzungber. d. Wien. Acad. Jahrg. 1879. Abth. II. Sitzung vom 17. Juli; auch in Wiedemann's Ann. Bd. IX S. 61 ff. — ferner: Doubrava, Untersuchungen über d. beid. elektr. Zustände. Prag 1881 (?)

2) Poggd'ff. Ann. CXLIV S. 538 ff.

beiden Lichtenbergischen Figuren nur als eine Hypothese zu betrachten sei, und als solche wurde sie von mir auch ausdrücklich bezeichnet, so scheint mir doch die Herstellung der mannigfaltigen Figuren durch Combinationen einfacher Funkenentladungen mit Hülfe der Elektrisirmaschine ein nicht unwesentlicher Fortschritt im Vergleiche zu der Anwendung des Inductionsapparates, der in die Einzelheiten der Bildung keinen Einblick gewährt. Desgleichen dürften die consequente Verfolgung aller einzelnen Umstände, welche bei Entstehung dieser Figuren in Betracht kommen können, die nach den verschiedensten Richtungen hin angestellten Messungen, welche die Reitlinger'schen an Genauigkeit weit übertreffen, doch Arbeiten sein, welche unter allen Bedingungen einmal gemacht werden mussten und von jedem, der sich weiter mit diesem Gegenstande beschäftigen will, kaum unberücksichtigt bleiben können.

Dies vorausgeschickt, mögen nun einzelne Einwände einer genaueren Würdigung unterzogen werden.

Um den Leser rasch über meine früher ausgesprochene Ansicht zu orientiren sei bemerkt, dass ich Versuche angestellt habe mit Flüssigkeiten, bei welchen bald eine Bewegung von einem Centrum aus nach der Peripherie bald im umgekehrten Sinne rasch und vorübergehend eingeleitet wurde. Ich bediente mich dazu einer gallertartigen Masse wie man sie durch Aufquellen von Traganth in Wasser erhält. Spritzt man auf die Oberfläche einer solchen Masse Farbe, welche mit Weingeist und Ochsen-galle angemacht ist, in ganz feinen Partikelchen und saugt man nun z. B. in einer a. a. O. S. 540 angegebenen Weise etwas von der Oberfläche dieser Flüssigkeit auf, so ordnen sich die Farbtropfchen strahlenförmig an und man erhält ein Bild, welches der positiven Lichtenberg'schen Figur ausserordentlich ähnlich ist, lässt man dagegen aus dem in feiner Spitze endigenden Röhrechen etwas Flüssigkeit auf die Fläche austreten,

so schiebt diese die Farbpartikelchen vor sich her und die so entstehende Figur zeigt eine kreisrunde Begrenzung ganz ähnlich wie die negative Lichtenberg'sche.

Hiebei macht sich auch bei gleicher Störung des Gleichgewichtes der Grössenunterschied in demselben Sinne geltend, wie bei den Lichtenberg'schen Figuren.

Diese Versuche veranlassten mich zu der Aufstellung der Hypothese, dass man in den Lichtenberg'schen Figuren wesentlich die fixirten Bilder der durch die Entladung hervorgerufenen Bewegungen der Luft oder des Gases vor sich habe.

Herr *Mach* glaubt die Analogie zwischen diesen beiden Arten von Versuchen als eine sehr äusserliche bezeichnen zu sollen, eine Anschauung, die sich jedoch bei genauerer Betrachtung kaum aufrecht erhalten lässt.

So zeigen z. B. die beiden Arten von positiven Figuren, wenn man diese Bezeichnung anwenden will, die gleiche Art der Abhängigkeit von der Geschwindigkeit mit der ihre Bildung vor sich geht. Erzeugt man die Lichtenberg'schen Figuren unter ausschliesslicher Benutzung guter Leiter, so werden die Strahlen ganz geradlinig, sie verlaufen genau radial. Gerade so, wenn man den Saugversuch in der Flüssigkeit sehr rasch ausführt. Schaltet man bei der Herstellung der Lichtenberg'schen Figur sehr schlechte Leiter in den Schliessungsbogen ein, so krümmen sich die einzelnen Strahlen in höchst auffallender Weise, man erhält jene Figuren, welche *Reitlinger* mit Seekrabben verglichen hat. Dieselben Verkrümmungen bemerkt man bei der auf der Flüssigkeit gebildeten Figur, wenn das Saugen langsam von statten geht. Das ist doch ein Parallelismus in beiden Gruppen von Erscheinungen, der unwillkürlich auf den Gedanken führen muss, dass man es hier nicht bloss mit einer oberflächlichen Analogie zu thun habe.

Aehnlich verhält es sich, wenn man der Lichtenberg's-

schen Figur während ihrer Bildung Hindernisse in den Weg stellt. Scheidewände aus isolirendem Materiale senkrecht auf die zur Darstellung der Figuren dienende Hartgummiplatte aufgesetzt, weisen den Strahlen der positiven Figuren Wege an, die beinahe genau mit den Stromlinien zusammenfallen, die man in einer Flüssigkeitsplatte beim Saugen nach einer Spitze hin erhält.

Die Figuren 3 und 13 meiner oben citirten Abhandlung lassen dies in sehr anschaulicher Weise erkennen.

Vor Allem aber zeigen diese Figuren, dass die Strahlen der positiven Figur durchaus nicht immer den Kraftlinien entsprechen, da diese durch die aufgestellten Scheidewände keinenfalls in diesem Sinne modificirt werden können.

Ein anderer Einwand, welchen die Herren Mach und Doubrava gegen die Anschauung vorbringen, dass die Lichtenberg'schen Figuren wesentlich durch die Bewegung der Luft bedingt würden, besteht darin, dass die elektrischen Vorgänge, deren Bilder man in diesen Figuren vor sich habe, ungleich rascher sich abspielten, als dies von Luftbewegungen denkbar sei. Ein auf S. 340 meiner oben citirten Abhandlung angeführter Versuch beweist jedoch das Gegentheil, er lehrt vielmehr, dass die Bildung der Lichtenberg'schen Figuren bei Anwendung eines schlecht leitenden Schliessungsbogen sogar sehr langsam vor sich geht.

Dass sie aber auch bei Anwendung guter Leiter wenigstens in Luft von gewöhnlicher Dichte nicht sehr rasch erfolge, ergibt sich daraus, dass es nicht möglich war, durch benachbarte starke Elektromagnete eine andere Krümmung der Strahlen hervorzurufen (a. a. O. S. 534), dass sie mithin elektrodynamischen Einflüssen nicht zugänglich sind, während es leicht möglich ist, ihre Abhängigkeit von elektrostatischen nachzuweisen.

Es ist jedoch sehr wahrscheinlich, dass eine solche Einwirkung kräftiger Magnete bei Bildung der Figuren in ver-

dünnsten Gasen wohl merkbar sein wird, da ja die Lichterscheinungen in Geissler'schen Röhren demselben so sehr unterworfen sind. Leider mangelt mir im Augenblicke die Zeit, die Untersuchung nach jener Seite hin auszudehnen.

Alle die bisher berührten Einwände beziehen sich nur auf die von mir entwickelten theoretischen Anschauungen, beziehungsweise Hypothesen. An einer anderen Stelle wird auch die Richtigkeit eines der mitgetheilten Versuche in Zweifel gezogen. Hier handelt es sich jedoch im Wesentlichen um ein Missverständniss.

Es betrifft dies den von mir angestellten Umkehrungsversuch im Charakter der Figuren, auf den ich eben durch die Analogie mit Flüssigkeitsbewegungen geführt worden war. Ich bediente mich dabei eines auf die Ebonitplatte geklebten Stanniolringes, den ich mit dem Zuleiter in Verbindung setzte, während die Ableitung im Centrum oder bei Platten ohne untere Belegung auch unterhalb des Centrums auf der anderen Plattenfläche vorgenommen wurde. Bei jeder dieser Anordnungen ergab sich, dass unter Benutzung des Ringes als Zuleiter für die negative Elektrizität die Figur sich verhältnissmässig stark nach innen entwickelte, und einen strahligen Charakter hatte, während die positive kleinere Ausdehnung zeigte und in vielen Fällen vollkommen kreisförmige Begrenzung.

In der ersten von den beiden Herren gemeinschaftlich verfassten Abhandlung wird gegen die Beweiskraft dieses Versuches der Umstand angeführt, dass die Strahlen der negativen Figur, von denen ich gesprochen habe, eigentlich nur als langgestreckte durch die gegenseitige Einwirkung benachbarter Figuren in gewissem Sinne plattgedrückte negative Figuren zu betrachten seien.

Ich kann diesen Einwurf, welcher sich offenbar auf Fig. 11 meiner Abhandlung bezieht, nicht als ganz unbeeinträchtigt zurückweisen, aber bleibt er denn auch bei dem

Versuche, wie ihn Fig. 10 der genannten Abhandlung versinnlicht stichhaltig? Und wie es zu erklären, dass bei Anwendung positiver Elektrizität, die letztere nur so schwer in's Innere des Ringes sich verbreitet und bei richtig gewählten Schlagweiten in diesem Falle vollkommen kreisrunde Begrenzungen erzielt werden? Mit denselben Schlagweiten, welche bei negativer Elektrizität die Figur 10 liefern, erhält man unter Anwendung positiver Elektrizität einen einfachen Ring, der nur an Breite den Stanniolring ein wenig übertrifft.

Dieser Versuch ist es, den ich vor allen anderen für die Richtigkeit meiner Anschauungen in Anspruch nehmen möchte.

Die Wiederholung desselben ist jedoch Herrn Doubrava nicht gelungen. Der Grund dafür ist ein sehr einfacher. Erstens hat er nur einen Ring auf die Ebonitplatte gelegt, statt ihn vorsichtig auf dieselbe zu kleben, ein Verfahren, das von vorneherein die Versuche unrein machen musste, vor Allem aber hat er dabei ganz falsche Dimensionen des Ringes in Anwendung gebracht.

Ich benutzte Ringe von etwa 3 Centimeter Durchmesser und Schlagweiten von wenigen Millimetern, Herr Doubrava nimmt einen solchen von 10 Centimeter Durchmesser, während seine Schlagweiten wenigstens der Abbildung nach ungefähr die gleichen gewesen sein dürften. Bei solchen Dimensionen kommt die Krümmung viel zu wenig in Betracht, und erst wenn die Durchmesser der mit Anwendung einfacher Spitze entstehenden Figuren jenem des Ringes gleich werden oder ihn übertreffen, darf man erwarten, die von mir erhaltenen Resultate wieder zu finden.

Gerade durch diese Art der Wiederholung des Experimentes hat Herr Doubrava bewiesen, dass ihm der von mir verfolgte, meinen Versuchen zu Grunde liegende Gedankengang vollkommen fremd geblieben ist.

Nach dem hier Gesagten besteht für mich kein Grund von meiner früheren Anschauung abzugehen, wonach man bei der positiven Lichtenberg'schen Figur unmittelbar an der isolirenden Fläche eine Bewegung von der Peripherie nach der Spitze, mithin nach dem Centrum bei der negativen eine entgegengesetzt gerichtete anzunehmen habe, wenigstens in Luft und ähnlich sich verhaltenden Gasen.

Dagegen ist gerade bei der Bedeutung die diese Hypothese der Luft oder dem Gase beilegt, der Gedanke nicht ausgeschlossen, dass in anderen Körpern, z. B. in Terpentinöl vollkommen andere Verhältnisse obwalten. Mit meiner Anschauung würde übrigens auch das eigenthümliche Verhalten der Holtz'schen Trichterröhren³⁾ übereinstimmen. Es sind dies bekanntlich Geissler'sche Röhren, welche im Innern eine Anzahl von Trichtern besitzen, die zu feinen Spitzen ausgezogen und nur an diesen Spitzen mit kleinen Oeffnungen versehen sind.

Werden zwei solche Röhren in der Art verbunden, dass sie einem durchgehenden Strome zwei Wege darbieten, so benutzt derselbe doch nur den einen von beiden, wenn die Richtung der Trichterspitzen in beiden die entgegengesetzte ist, und zwar jenen, bei welchem der positive Strom den Weg von der Spitze jedes einzelnen Trichters zur Basis desselben zu machen hat.

Würde man in einer solch' verzweigten Röhre jene Stellen, wo sonst die Leitungsdrähte eingeschmolzen sind, öffnen und dann hineinblasen, so würde der Luftstrom den anderen Weg benutzen, er würde sich wesentlich durch jene Röhre fortpflanzen, in welcher er die Trichter von der Basis nach der Spitze zu durchlaufen hätte.

3) S. Pggdff. Ann. Bd. CXXXIV S. 1 ff. Ib. Bd. CLV S. 643
Wiedem. Ann. Bd. X 336.

Der Luftstrom verhielte sich demnach wie ein von einem negativen Pole ausgehender Entladungsstrom und die Uebereinstimmung zwischen beiden Arten von Erscheinungen wäre auch hier wieder vollkommen hergestellt, wenn man annähme, dass bei dem Entladungsstrom in der Axe der Röhre eine Bewegung der Gastheilchen vom negativen nach dem positiven Pole zu stattfinde.

Die Erscheinungen im galvanischen Lichtbogen sind bekanntlich auch leichter mit dieser Anschauung in Einklang zu bringen.

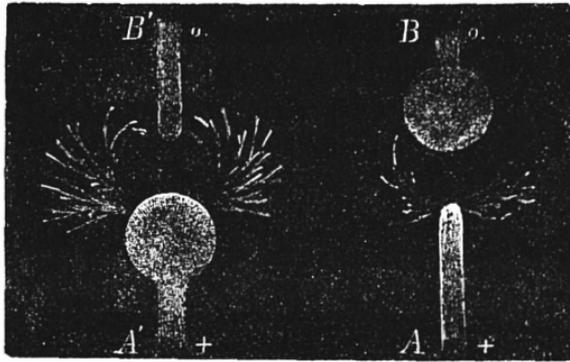
Solche Betrachtungen veranlassten mich schon vor Jahren auch den sogenannten elektrischen Ventilen Aufmerksamkeit zu schenken und ich beschreibe einige hierauf bezügliche meines Wissens bisher noch nicht veröffentlichte Erscheinungen um so lieber, als ich im Vorhergehenden noch wenig Neues gebracht habe. Denn strenge genommen sind die eben gemachten Darlegungen der Hauptsache nach grösstentheils schon in meinen älteren Abhandlungen enthalten. Aber da sie unbeachtet geblieben oder wenigstens nicht genug gewürdigt worden zu sein scheinen, so war ich gezwungen, dieselben wenn auch in anderer Form und in anderem Zusammenhange noch einmal vorzutragen.

Die eben angedeuteten neuen Versuche, bei welchen ich mich übrigens nur auf die Beschreibung beschränke, sind die folgenden:

Klebt man auf eine Ebonitplatte Staniolstreifen, welche sich gabelförmig verzweigen, und lässt man dieselben abwechselnd in Scheiben oder in einfach abgestumpften Spitzen endigen, so dass immer Scheibe und Spitze einander gegenüber stehen, so stellt das Staniol die ebene Projection eines Gaugain'schen elektrischen Ventiles dar. Thatsächlich wirkt es auch wie ein solches.

Verbindet man z. B. die beiden aus einem Stamme entsprungenen Zweige A und A' mit dem positiven Conductor einer Electrisirmaschine, B und B' mit der Erde, so springt der Funke immer zwischen A und B über. Führt man hingegen den Zweigen A und A' negative Elektricität zu, während B und B' mit der Erde verbunden bleiben, so erfolgt das Ueberspringen immer zwischen A' und B' genau wie beim Gaugain'schen Ventile, wo auch der Uebergang stets so eintritt, dass die positive Elektricität von der kleinen Kugel zur grossen übergeht.

Fig. 1.



Zugleich aber entstehen auf der Ebonitplatte bei Bestäuben Figuren, die den Lichtenberg'schen verwandt sind.

In Fig. 1 sind diese Figuren in halber natürlicher Grösse dargestellt, wie man sie erhält, wenn A und A' mit dem positiven Conductor, B und B' mit der Erde in Verbindung ist. Hiebei legt sich zunächst bei Bestäuben mit dem bekannten Gemische von Schwefel und Mennige der Schwefel auf A und A', die Mennige auf B und B' nieder. Zugleich bilden sich die eigenthümlichen der positiven Figur eigenen Strahlen. Der Farbenunterschied zwischen Schwefel und Mennige ist in der Figur durch den helleren oder tieferen Ton versinnlicht.

Es ist sehr merkwürdig, dass diese Strahlen-

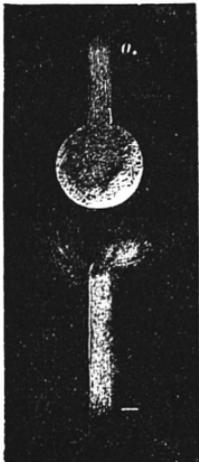
figur vorzugsweise an jener Stelle sich ausbildet, wo kein Funke zu Stande kommt, während sie sich an der eigentlichen Funkenstrecke zwischen A und B nur in verkümmelter Weise entwickelt.

Aehnlich verhält es sich bei der negativen Entladung, auch dort tritt die der Lichtenberg'schen analoge Figur vorzugsweise an jener Stelle auf, wo der Funke nicht überspringt.

Es scheint also dass Funke und Lichtenberg'sche Figur hier gewissermassen eine stellvertretende Rolle spielen.

Bei Anwendung negativer Elektrizität sind die entstehenden Figuren höchst unscheinbar, nichts destoweniger aber sehr mannigfaltig. Während sie häufig eine blosse Umränderung bilden mit den charakteristischen abgerundeten Hervorragungen, so treten in anderen Fällen auch streifige Figuren auf.

Fig. 2.



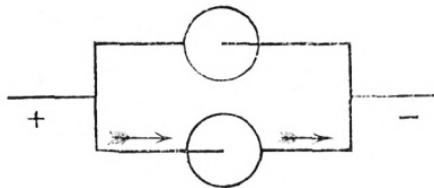
Eine solche streifige Figur ist in Fig. 2 abgebildet, wo die Stanniolbelegungen nicht zu einem Ventile angeordnet waren, sondern nur ein abgerundeter Streifen einer in ein Scheibchen endigenden Belegung gegenüber stand, und ersterer mit dem negativen Conductor beziehungsweise mit dem Funkenmikrometer, das Scheibchen aber mit der Erde in Verbindung stand, so dass der Funke gezwungen wurde, einen Weg zu nehmen, den er im Ventile nicht einschlagen würde.

Man kann übrigens auch noch in anderer Weise elektrische Ventile mit Hilfe von Stanniolbelegungen auf isolirenden Platten herstellen.

Klebt man z. B. zwei Stanniolringe auf eine solche und stellt man durch vier aufgesetzte Nadeln, von denen die einen auf den Ringen, die andern auf den Centren der Ringe

aufsitzen, eine Verbindung der Art her, dass ein Ring und ein centraler Zuleiter mit dem einen Conductor der Elektrisirmaschine, das andere Paar mit dem anderen oder mit der Erde verbunden ist, so springt der Funke nur zwischen einem Zuleiter und dem entsprechenden Ringe über und zwar immer so, dass die positive Electricität vom Centrum zum Ringe geht. Die eben beschriebene Anordnung wird durch das Schema Fig. 3 versinnlicht.

Fig. 3.



Von einer eingehenderen Untersuchung der eben geschilderten Erscheinungen muss ich leider vorerst absehen, da meine Zeit anderweitig zu sehr in Anspruch genommen ist; ich würde mich freuen, wenn sie vielleicht von anderer Seite her aufgenommen und weiter verfolgt würden.