Die vorstehende von mir bei allen Analysen angewandte Methode habe ich mehrere Male mit genau gewogenen Mengen reiner Wolframsäure erprobt, und außerordentlich genaue Resultate erhalten.

VI. *Notiz über den Inductionsfunken; von P. L. Rijke.*

1. Bekanntlich hat Hr. Du Moncel im Jahre 1855 zuerst nachgewiesen ¹⁾, daß der Inductionsfunke des Ruhmkorff'schen Apparats wesentlich verschieden ist von dem Funken, den man erhält, wenn man den Conductor einer Elektrisirmaschine oder eine Leydener Flasche in gewöhnlicher Weise entladet, und wir wissen gegenwärtig, daß der Inductionsfunke aus zwei ganz verschiedenen Theilen zusammengesetzt ist: aus einem, dem gewöhnlichen Funken ganz ähnlichen feurigen Strich und einer leuchtenden Atmosphäre, die man durch einen Luft- oder Gasstrom verschieben kann. Später, i. J. 1859, hat ein anderer französischer Physiker Hr. Perrot entdeckt ²⁾, daß die Wärmewirkung der Atmosphäre die des feurigen Strichs weit übertrifft, und zugleich hat er ein Mittel gefunden, die Lichtatmosphäre von dem Feuerstrich vollständig zu sondern. Zu dem Ende stellt Hr. Perrot der einen Elektrode eine andere V-förmige gegenüber und, nachdem er den Abstand dieser zweiten Elektrode von der ersten gehörig regulirt hat, bringt er einen Luftstrom hervor, welcher die Lichtatmosphäre in Richtung desjenigen Zweiges der zweiten Elektrode, welcher von der ersten Elektrode am fernsten ist, fortreibt. Dann sieht man die Lichtatmosphäre sich vollständig über diesen

1) *Compt. rend. T. XL*, p. 313 und *Pogg. Ann.* Bd. CV, S. 175.

2) *Compt. rend. T. XLIX*, p. 175.

zweiten Zweig ausbreiten, während der andere Zweig den gewöhnlichen Funken aufnimmt. Um dieselbe Zeit setzte Hr. Du Moncel den Inductionsfunken der Wirkung kräftiger Elektromagnete aus, und that dar, daß, während der Feuerstrich gar nicht von der Magnetkraft ergriffen wird, die Atmosphäre dagegen eine Wirkung erleidet ganz ähnlich der, welche ein Volta'scher Bogen unter denselben Umständen erleiden würde.

2. Wenn man sich einer gewöhnlichen Ruhmkorff'schen Maschine bedient, müssen die meisten der eben erwähnten Thatsachen mit dem Mikroskop beobachtet werden. Dem ist aber nicht mehr so, wenn man kräftigere Apparate anwendet. Ich habe neuerlich alle diese Versuche mit einer kürzlich von Hrn. Ruhmkorff construirten Maschine wiederholt, die Funken von 31 Centim. Länge giebt. Mit dieser Maschine lassen sich die Erscheinungen in so großem Maasstabe hervorbringen, daß man nicht mehr das Mikroskop zu Hülfe zu nehmen braucht.

3. Bekanntlich hat Hr. Du Moncel diese Erscheinungen mittelst einer Theorie zu erklären gesucht, die er in verschiedenen, der pariser Akademie gemachten Mittheilungen auseinandergesetzt hat ¹⁾. Unglücklicherweise hat diese Theorie nicht den allgemeinen Beifall der Physiker erlangt und Gleiches gilt von den Erklärungen, die andere ausgezeichnete Physiker gegeben haben. Man wird es mir daher wohl verzeihen, wenn ich meinerseits einen Versuch mache, diese Lücke auszufüllen. Man wird sehen, daß meine Betrachtungsweise einige Beziehungen hat zu der des Hrn. van der Willigen ²⁾.

4. Wenn man sich fragt, was der elektrische Zustand des Inductionsdrahtes im Momente vor der Entladung sey, so scheint mir, kann man darauf nur *eine* Antwort geben, nämlich die: der mittlere Theil ist neutral und an den Enden

1) Man findet diese Theorie auch in dem Werke: *Recherches sur la non-homogénéité de l'étincelle d'induction, par le Vicomte Du Moncel, Paris 1860.*

2) Pogg. Ann. Bd. XCVIII, S. 494.

findet man, an dem einen positive, und an dem andern negative Elektricität ¹⁾). Was die intermediären Theile betrifft, so sind sie gleichfalls elektrisirt, und obwohl wir das Gesetz, welches die Spannung mit dem Abstand vom Mittelpunkt verknüpft, nicht kennen, so dürfen wir doch annehmen, daß diese Spannung zunehme in dem Maasse als man sich vom Mittelpunkt entfernt. Nun ist klar, daß wenn der inducirte Draht sich entladet, es die an den Enden des Drahts angehäuften Ladungen sind, die sich zuerst ausgleichen; dann kommen die mehr der Mitte zu gelegenen und sofort. Die an den Enden des Drahts befindlichen Fluida vereinigen sich offenbar unter der Form eines gewöhnlichen Funkens; allein das gilt nicht von den Ladungen, die sich auf den mehr der Mitte zu gelegenen Theilen befinden. In der That lehren uns die Versuche des Hrn. Wheatstone (*Phil. Tr.* 1834), daß, sobald die beiden elektrischen Fluida vor ihrer Vereinigung einen Kupferdraht von $\frac{1}{15}$ Zoll Durchmesser und einer halben englischen Meile Länge zu durchlaufen haben, die Dauer des Funkens bedeutend verlängert wird, selbst in einem Grade, der keineswegs in Verhältniß steht zu der Zeit, welche die Elektricität gebraucht, um diese halbe Meile Kupferdraht zu durchlaufen; was beweist, daß diese Verlängerung derjenigen Eigenthümlichkeit der Materie zugeschrieben werden muß, welche die Physiker elektrischen Widerstand nennen. Wenn aber ein Kupferdraht von $\frac{1}{15}$ Zoll Durchmesser und einer halben Meile Länge die Dauer eines elektrischen Funkens in merklicher Weise verlängert: was für eine Wirkung muß dann nicht der secundäre Draht einer Ruhmkorff'schen Maschine haben, dessen Widerstand so viel größer ist? Wir können dieß aus dem Zeitraum beurtheilen, welche nach den Versuchen des Hrn. W. Weber ²⁾ eine elektrische Batterie

1) Bei den ersten Ruhmkorff'schen Apparaten fand man die freie Elektricität nur an einem der Enden. Dieß rührte von einem Mangel an Isolation her, dem Hr. Ruhmkorff seitdem abgeholfen hat.

2) Elektrodynamische Maafsbestimmungen S. 295.

zu ihrer Entladung gebraucht, sobald der Strom eine mit Wasser benäzte Hanfschnur durchlaufen muß.

Klar ist also, daß, nach meiner Theorie, ein Theil des Inductionsfunken eine gewisse Dauer haben muß. Nun wissen wir aus einem Versuche des Hrn. Lissajous¹⁾, daß man, sobald man den Inductionsfunken in einem mit der Hand bewegten Spiegel betrachtet, die Lichtatmosphäre sich zu einem langen Streifen ausbreiten sieht, in welchem der eigentliche Funke das hintere Ende einnimmt, was in der That beweist, daß die Atmosphäre einen gewissen Bruchtheil einer Sekunde andauert.

5. Wir wissen, daß im Allgemeinen der elektrische Funke sein Ansehen verändert, sobald die beiden Fluida vor ihrer Vereinigung, einen starken Widerstand erleiden. Die Farbe des Funken wird anders, wird mit Blau und Violett gemischt, während sein Leuchtvermögen bedeutend abnimmt. Zugleich bemerkt man, daß seine Form geändert, sein Volum vergrößert ist. Er hat ein anderes Vermögen erlangt, Körper zu entzünden welche der Wirkung des gewöhnlichen Funken widerstehen. Ich brauche nur des Schießpulvers zu erwähnen, welches der Funke einer Leydener Flasche so leicht entzündet, sobald der Strom eine mit Wasser befeuchtete Schuur durchlaufen hat. Alles das sind Eigenschaften, welche man an der Atmosphäre des Inductionsfunken wahrgenommen hat.

6. Unsere Theorie bringt mit sich, daß es möglich seyn müsse, die Lichtatmosphäre auf Kosten des Feuerstrichs und umgekehrt diesen auf Kosten jener zu verstärken.

7. Um den Feuerstrich auf Kosten der Atmosphäre zu verstärken, braucht man nur jedes Ende des Inductionsdrahtes mittelst eines Metalldrahtes zu verknüpfen mit den Belegen eines Condensators oder einer Leydener Flasche, darauf die Entladung durch einen Henley'schen Auslader zu leiten, dessen einer Stiel durch eins seiner Enden mit dem Knopf der Leydener Flasche communicirt, während

1) *Compt. rend. Vol. XLIX, p. 1009.*

der andere Stiel mit einem seiner Enden die äussere Belegung berührt. Der Funke geht zwischen den beiden anderen Enden der Stiele über. Das ist, wie man sieht, der Versuch von Hrn. Masson und Hrn. Grove¹⁾.

Klar ist, dafs wenn die beiden Enden des Inductionsdrahts mit den Belegen einer Leydener Flasche in Berührung stehen, die Vertheilung der elektrischen Fluida auf diesem Drahte eine sehr grosse Abänderung erleiden mufs. Der grösste Theil der beiden Fluida nämlich wird sich auf den beiden Belegen anhäufen, bevor die Explosion statt hat. Daraus folgt, dafs, da die beiden Fluida vor ihrer Vereinigung nur Leiter von sehr kleinem Widerstand zu durchlaufen haben, die Entladung unter der Form des gewöhnlichen elektrischen Funken geschehen wird. Und in der That ist der Vorgang ein solcher. Hr. Du Moncel hat erkannt, dafs unter diesen Umständen die Atmosphäre nicht mehr wahrzunehmen ist.

Wie man sieht, giebt meine Theorie nicht allein Rechenschaft von dem Verschwinden der Atmosphäre, sondern sie erklärt auch vollkommen, weshalb bei dem Versuch der HH. Masson und Grove der Funke so ausserordentlich an Glanz zunimmt.

8. Will man dagegen machen, dafs der Feuerstrich verschwinde, so ist es nach meiner Theorie offenbar hinreichend, dafs alle auf dem secundären Draht vertheilte Electricität gezwungen werde, eine Bahn von bedeutendem Widerstande zu durchlaufen. Ich stelle den Versuch folgendermassen an. Ich nehme zu Elektroden zwei Messingdrähte von ungefähr 1^{mm},0 Durchmesser und 3 bis 4 Centim. Länge, lege sie auf zwei isolirende Körper und binde sie mittelst zweier Hanfschnüre, die mit Wasser befeuchtet sind, an die Enden des Inductionsdrahts. Die Schnüre haben 5^{mm} Durchmesser und ungefähr 0,7 Met. Länge. Unter diesen Umständen sah ich, wenn der inducirende Strom von zwei Bunsen'schen Elementen erregt wurde, den Feuerstrich vollständig verschwinden. Nur die Atmosphäre blieb und sie liess sich durch einen Luftstrom ganz verschieben.

1) Und auch von mir; siehe Ann. Bd. 94, S. 326.

9. Wenn die Nicht-Homogenität des Inductionsfunken wirklich den Ursprung hat, den ich ihr beilege, so muß es möglich seyn, mit Reibungs-Elektricität eine leuchtende Entladung hervorzubringen, welche zugleich einen Feuerstrich und eine leuchtende Atmosphäre darbietet, und sich überdies unter der Wirkung äußerer Agentien so verhält, wie der Funke der Ruhmkorff'schen Maschine. Man begreift leicht, daß ich auf das Gelingen dieses Versuches einen großen Werth legte, da ich denselben als den Prüfstein meiner Theorie ansah. Und wirklich ist er mir mit der Elektricität einer Hydro-Elektrisirmaschine, deren Rost 9 Quadrat-Decimeter Oberfläche hält, auf folgende Weise vollständig gelungen. Der Conductor dieser Maschine communicirte mittelst eines Metalldrahtes mit der inneren Belegung einer Leydener Flasche, deren äußere Belegung, die 738 Quadratcentim. in Fläche hielt, mit dem Kessel in metallischer Verbindung stand. Der Knopf der Leydener Flasche war überdies durch eine mit Wasser befeuchtete Hanfschnur an eine isolirte Metallkugel gebunden. Diese Kugel hatte einen Durchmesser von 29 Centim., die Schnur hielt 5 Millim. im Durchmesser und 45 Centim. in Länge. Die beiden Stiele eines Henley'schen Ausladers bildeten die Elektroden. Der eine dieser Stiele communicirte an einem Ende mit dem äußeren Belege der Leydener Flasche, und das eine Ende des anderen Stieles stand etwa 10 Millim. von der Metallkugel ab. Die bei anderen Enden der Stiele waren zugespitzt und hatten von einander einen Abstand von 7 bis 8 Millim. Klar ist, daß bei solcher Vorrichtung des Versuchs eine Entladung der Flasche jedesmal stattfinden mußte, so wie die Ladung der Kugel eine gewisse Gränze erreichte, und daß diese Entladung sich zwischen den Spitzen des Ausladers in leuchtender Form äußern mußte.

Die Elektricität, welche zwischen diesen beiden Elektroden überging, rührte von zwei verschiedenen Quellen her, einerseits von der Kugel, andererseits von der inneren Belegung der Leydener Flasche. Die Elektricität der Ku-

gel hatte nur eine kurze metallische Bahn zu durchlaufen; sie mußte also einen Feuerstrich hervorbringen. Das auf der inneren Belegung angehäuften Fluidum dagegen mußte, da es einen beträchtlichen Widerstand antraf, eine leuchtende Atmosphäre erzeugen. Und in der That zeigte die Entladung, welche ich erhielt, diesen doppelten Charakter.

Als die leuchtende Entladung hierauf der Wirkung eines Luftstroms ausgesetzt wurde, erhielt ich dieselben Resultate wie Hr. Du Moncel. Die leuchtende Atmosphäre trennte sich von dem Feuerstrich, auf welchen der Luftstrom keinen Einfluß auszuüben schien. Der Versuch des Hrn. Perrot gelang ebenfalls vollkommen.

Zuletzt habe ich noch untersucht, welche Wirkung die Magnetkraft auf diese Entladung ausübe. Ich fand, daß die leuchtende Atmosphäre sich unter der Wirkung der Pole eines Elektromagnets genau so verhielt, wie bei den Versuchen des Hrn. Du Moncel.

10. Ich hoffe, die Physiker werden zugeben, daß aus den obigen Thatsachen hervorgehe, *daß in dem Inductionsfunken der Feuerstrich von der Vereinigung der an den Enden des secundären Drahtes angehäuften elektrischen Ladungen hergeleitet werden müsse, die leuchtende Atmosphäre aber von der Vereinigung der elektrischen Fluida, die auf den mehr der Mitte zu liegenden Theilen des Drahts befindlich sind.*

Leyden, den 31. October 1860.