VII. *Ueber eine neue Verstärkungsweise des Inductionsstroms; von J. C. Poggendorff.*

(Auszugsweise schon im Märzheft des Monatsb. d. Akademie d. J. mitgetheilt.)

Zu den Gründen, welche mich bei meiner früheren Arbeit über den Inductions-Apparat bestimmten, den Neeff'schen Hammer als ein selbstständiges Instrument construiren zu lassen¹⁾, gehörte unter andern der, daß ich beabsichte, denselben auch unter der Luftpumpe zu gebrauchen, weil ich die Vermuthung hegte, es würde für die Erregung des Inductionsstroms nicht gleichgültig seyn, ob die Unterbrechungen des inducirenden Stroms im partiellen Vacuo oder in freier Luft geschähen.

Die Mannigfaltigkeit der an jenem Apparat zu studirenden Erscheinungen liefs mich aber damals den Gedanken nicht verfolgen, und er ruhte bis ich vor Kurzem, durch anderweitige Versuche auf ihn zurückgeführt, Veranlassung nahm, denselben einer experimentellen Prüfung zu unterwerfen. Hiebei hat sich denn die obige Vermuthung in vollem Maasse bewährt, indem sich zeigte, daß das partielle Vacuum die Wirkung des Unterbrechers sehr bedeutend verstärkt, in einem Grade, daß dadurch der Condensator gerade für diejenige Klasse von Erscheinungen, für welche er am wirksamsten ist, vollkommen ersetzt wird.

Da die Vorgänge bei dieser Anwendungsweise des Neeff'schen Hammers auch in sonstiger Beziehung von Interesse sind, so mag es mir erlaubt seyn, hier etwas ins Einzelne zu gehen.

Ich versetzte den Hammer auf dem früher beschriebenen Extrateller in eine Atmosphäre von 1 bis $1\frac{1}{2}$ par. Lin. Quecksilberdruck und verband ihn mit dem inducirenden Apparat in der Weise, daß der galvanische Strom die beiden

1) Annal. Bd. 94, S. 306.

(100 par. Fufs langen und 1 Mllm. dicken) Drähteder Hauptrolle, die ein Eisendrahtbündel einschlofs, bald neben-, bald hintereinander in gleichem Sinne durchlaufen mußte. Ich erregte den Strom theils durch ein, theils durch zwei Grove'sche Elemente, und liefs ihn abwechselnd sowohl auf den kürzeren (2400 par. Fufs langen und $\frac{1}{4}$ Mllm. dicken) als auf den längeren (10000 par. Fufs langen und $\frac{1}{6}$ Mllm. dicken) meiner Inductionsdrähte wirken. Endlich richtete ich es auch so ein, dafs der im Vacuo vibrirende Hammer erforderlichenfalls mit meinem grofsen Wachstafft-Condensator verbunden werden konnte.

Unter gleichen Umständen und immer unterstützt durch diesen Condensator wurde darauf *derselbe* Hammer in freier Luft angewandt, und seine nunmehrige Wirkung verglichen mit der, welche er, im Vacuo arbeitend, hervorgebracht hatte ¹⁾.

Durch diesen Vergleich stellte es sich dann als allgemeines Resultat sehr entschieden heraus, dafs die *Funkenwirkung* der Inductionsrolle bei Anwendung des *Hammers im Vacuo ohne Condensator* in allen Fällen eben so stark, in einigen Fällen sogar beträchtlich stärker ist als die, welche man durch den *Hammer in freier Luft mit dem Condensator* erhält.

Besonders war diefs der Fall bei dem dickeren und kürzeren Inductionsdraht, wenn zugleich die Drähte der

- 1) VVollte man diesen Vergleich mit zwei verschiedenen Hämmeru anstellen, so wäre erforderlich, dafs sie einander genau gleich wären. Die Funkenwirkung, besonders die Schlagweite der Inductionsrolle, wird nämlich, unter sonst gleichen Umständen, sehr von dem Gange des Hammers bedingt; es ist weniger erforderlich, dafs er schnell vibrire, als dafs er mit einer gewissen Kraft vibrire, d. h. die Zunge sich rasch von dem Stifte trenne und eine nicht zu kleine Amplitude durchschwinde. Deshalb ist zu dieser VVirkung ein etwas schwerer Anker am Ende der Zunge vortheilhaft; ich pflege in diesem Fall, wenn der Anker zu leicht ist, wie an einem meiner Exemplare, ein Stück Messing mit Wachs darauf zu kleben. VVill man dagegen die galvanometrische oder voltametrische VVirkung des durch ein Stück trocknes Fließpapier unterbrochenen Inductionsstroms recht stark haben, so ist es vortheilhaft einen leichten Anker anzuwenden, damit die Zunge recht rasch vibrire.

Hauptrolle nebeneinander verknüpft waren, also einen Draht von 100 par. Fufs Länge und $\sqrt{2}$ Mllm. Durchmesser darstellten.

Die Verbindung des Condensators mit dem Hammer im Vacuo hatte, wenn die Drähte der Hauptrolle nebeneinander verknüpft waren, auf die Schlagweite der Inductionsfunken anscheinend keinen Einflufs, wenigstens keinen vergrößernden; nur wurden die Funken dadurch zuweilen etwas kräftiger.

Wenn dagegen die Hauptdrähte hintereinander verbunden waren, also eine Leitung von 200 par. Fufs Länge und 1 Mllm. Durchmesser darboten, so stellte sich die auf den ersten Blick befremdende Erscheinung ein, dafs die Verknüpfung des Hammers mit dem Wachstafel-Condensator die Schlagweite der Inductionsfunken beträchtlich verringerte. Zugleich liefs sich aber auch ein fortdauerndes Knacken im Condensator hören. Es hatte also die auffallende Erscheinung darin ihren Grund, dafs der Extrastrom jetzt wegen gröfserer Intensität den Condensator in Funkengestalt durchdrang ¹⁾.

Auch die Licht-Erscheinungen des Inductionsstroms im elektrischen Ei werden durch den im Vacuo vibrirenden Hammer ohne Condensator sehr schön entwickelt, anscheinend eben so schön, wie wenn der Hammer in freier Luft fungirt und mit dem Condensator verbunden ist. Es kommt dabei sehr darauf an, wie stark das Ei ausgepumpt worden ist. Hat man die Luftverdünnung darin etwa bis zu 1 par. Lin. Quecksilberdruck getrieben, und zugleich dem Inductionsstrom eine grofse Intensität gegeben, indem man ihn in dem 10000 fufsigen Draht entwickelt, so ist die Verbindung des Condensators mit dem im Vacuo vibrirenden Hammer ohne Einflufs auf die Erscheinung; im gegenheiligen Fall bewirkt sie eine Verstärkung derselben, ganz

1) Der Condensator wird dabei natürlich durchlöchert und deshalb habe ich auch diesen Versuch immer nur ganz kurze Zeit fortgesetzt. Kleine Löcher scheinen übrigens der Wirkung des Condensators wenig oder gar nicht zu schaden.

wie, nach meiner früheren Beobachtung ¹⁾), bei dem im freier Luft fungirenden Hammer.

Ueber die Ursache dieser Verstärkungsweise will ich nur bemerken, daß sie mir ganz von gleicher Art mit der des Condensators zu seyn scheint.

Sehr interessant und lehrreich sind die Vibrationen des Hammers im Vacuo für das Studium des Extrastroms, der in der eigenen Bahn des galvanischen Stroms theils durch die wechselseitige Wirkung der Drahtwindungen, theils aber und hauptsächlich durch den Einfluß des Eisendrahtbündels mittelst des unterbrechenden Hammers hervorgeufen wird.

Es ist für dieses Studium zweckmäßig die Inductionsrolle einstweilen ganz zu entfernen und bloß die Hauptrolle, im Verein mit der galvanischen Kette und dem Hammer, beizubehalten.

Verbindet man nun zuvörderst die Drähte der Hauptrolle, entweder neben- oder hintereinander, in der Weise, daß sie, nicht wie es gewöhnlich der Fall ist, in gleicher, sondern in entgegengesetzter Richtung vom galvanischen Strom durchlaufen werden, so ist die Entstehung des Extrastroms gänzlich verhindert, und demgemäß erscheint auch, wenn man den Strom durchleitet, an der Unterbrechungsstelle des im Vacuo vibrirenden Hammers nur ein äußerst kleiner Funke rein galvanischer Natur ²⁾). Die Einschiebung eines Eisendrahtbündels in die Hauptrolle ändert an diesem Resultate nichts, da das Eisen, wie begreiflich, nicht magnetisirt wird, und eben so wenig übt der Condensator einen Einfluß auf dasselbe aus.

1) Annal. Bd. 94, S. 317.

2) Diese Verbindungsweise der Drähte möchte wohl das einzige praktische Mittel darbieten, um bei Messungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektrizität den Einfluß der Inductionsströme auszuschließen, einen Einfluß, dem wesentlich die außerordentliche Verschiedenheit der bisher erlangten Resultate zuzuschreiben seyn dürfte.

Geht man hierauf von dieser Combination zu derjenigen über, bei welcher der Strom die Drähte in gleicher Richtung durchläuft, so tritt sogleich der Einfluss des Extrastroms in augenfälliger Weise hervor, indem der unscheinbare galvanische Funke zu einer Licht-Erscheinung anschwillt, die, wenn man erwägt, daß man sie von einem nur 100 oder höchstens 200 Fufs langen Draht erhält, wirklich überraschen muß, ungeachtet ihre Gröfse dadurch erklärlich ist, daß dieser Draht vor ihrer Entwicklung ein Continuum bildete und einen Strom von relativ großer Stärke zur Bahn diente.

Im Allgemeinen besteht diese Erscheinung aus zwei Theilen, einem mehr oder weniger leuchtenden Funken an der Unterbrechungsstelle des Stroms, und einem sanften schön blauen Lichte, das die benachbarten Theile des Hammers überzieht. Die Ausbildung beider ist aber verschieden, je nachdem man den galvanischen Strom durch ein, zwei oder mehr Grove'sche Elemente erregt, die Drähte der Hauptrolle neben- oder hintereinander verknüpft, ein Eisendrahtbündel in die Rolle einschiebt oder nicht, und endlich den Condensator zu Hülfe zieht oder nicht. Ich habe gewöhnlich eine Batterie von zwei Grove'schen Elementen angewandt und sie solchergestalt mit dem Hammer verbunden, daß der Stift desselben den negativen Pol bildete. Unter diesen Umständen beobachtet man folgendes.

Bei Verbindung der Hauptdrähte nebeneinander ist zuvörderst der Funke ziemlich stark aber das blaue Licht sehr schwach, sobald man kein Eisen anwendet. Schiebt man nun das Drahtbündel in die Rolle, so nehmen beide an Intensität zu, aber besonders ist es der Funke, der an Gröfse und Leuchtkraft gewinnt, und darin den Funken in freier Luft mindestens ums Dreifache übertrifft. Er nimmt förmlich die Gestalt einer kleinen Flamme an, die unter dem Stift nach allen Seiten hervorbricht, und in der sich noch die Spitze des Stifts als ein heller leuchtender Punkt unterscheiden läßt. Das blaue Licht dagegen überzieht alle benachbarten Theile des Stifts, sobald er den

negativen Pol bildet, mit seinem schönen Glanze und würde sich offenbar noch mehr verbreiten, wenn der Hammer eigends darauf eingerichtet wäre ¹⁾).

Der Coudensator hat, bei Anwendung von Eisen, so gut wie keinen Einfluss auf die Erscheinung; ohne Eisen schwächt er den Funken ein wenig, und vernichtet das blaue Licht gänzlich.

Bei Verbindung der Hauptdrähte hintereinander sind die Verhältnisse in sofern verschieden als sich der Funke kleiner und lichtschwächer, das blaue Licht dagegen mehr entwickelt, wenngleich nicht schöner blau erweist.

Kehrt man die Pole um, so ist es die vibrirende Zunge des Hammers, welche sich mit dem blauen Lichte überzieht, was nicht nur einen schönen Anblick gewährt, sondern auch den merkwürdigen Umstand darbietet, dafs selbst der vordere Theil der Zunge, von dem Stifte nach dem Anker hin, also der nicht vom galvanischen Strom durchflossene Theil derselben, ebenfalls diese Lichthülle bekommt.

Die erwähnten Erscheinungen sind sehr geeignet, den Einfluss des Eisens in seinen verschiedenen Gestaltungen augenfällig zu machen. Ein massiver Eisenstab, in die Hauptrolle geschoben, schwächt die Wirkung, die diese für sich allein giebt, gleich wie er auch bei dem in freier Luft vibrirenden Hammer die Funken unterdrückt. Ein hohles Drahtbündel von angemessener Wanddicke leistet dagegen ebenso viel wie ein volles und seine verstärkende Wirkung wird durch einen in dasselbe geschobenen Eisenstab wenig oder gar nicht verringert. Besonders trägt aber zur Verstärkung der Licht-Erscheinungen bei, wenn man ein recht langes Eisenbündel wählt und die Drahtrolle auf die Mitte desselben schiebt; ich gebrauchte zu diesem Behufe das früher (Annal. Bd. 94, S. 296) erwähnte, welches drei Mal so lang als die Rolle ist.

Die Aufschiebung der Inductionsrolle auf die Hauptrolle

1) Schon Neeff liess den Hammer im Vacuo vibriren (Annal. Bd. 66, S. 432), aber die Schwäche seines Apparats gestattete ihm offenbar nicht, das Phänomen in seiner vollen Entwicklung zu sehen.

Poggendorff's Annal. Bd. XCV.

hat auf alle hier beschriebenen Erscheinungen keinen Einfluß so lange sie ungeschlossen ist und sobald sie nicht in ihrem Innern eine Leitung darbietet. Schließt man sie aber, entweder metallisch oder durch das wohl ausgepumpte elektrische Ei, so schwächt sie das Lichtphänomen an dem im Vacuo vibrirenden Hammer sehr bedeutend. Es ist ein sehr augenfälliger Beweis von der Rückwirkung des Inductionstroms auf den Extrastrom.

Uebrigens wird der Hammer beim Vibriren im Vacuo, wenn die gegeneinander schlagenden Theile beide von Platin sind, außerordentlich angegriffen. Nicht allein die Zunge ist es, welche auf der Platinplatte und zu beiden Seiten derselben auf beträchtliche Strecken geschwärzt wird, sondern auch die Messingtheile oberhalb derselben, die Schraube des Stiftes und die Fassung, beschlagen wie mit Blak. Dieser schwarze Beschlag ist offenbar nichts anderes als fein zertheiltes Platin, welches man auch, wenn der Hammer in Thätigkeit ist, in kleinen Fünkchen von der Spitze des Stiftes aus nach allen Richtungen hin fortgeschleudert sieht.

Dieser starke Angriff des Hammers macht die beschriebene Verstärkungsweise des Inductionstroms gerade nicht empfehlenswerth für die Praxis; allein in theoretischer Hinsicht ist sie gewiß nicht minder interessant als die übrigen drei bisher bekannten Verstärkungsmittel: Der Condensator, der unter Wasser vibrirende Hammer und die von Rijke näher studirten Unterbrechungen zwischen den Polen eines kräftigen Magnets.

Man kann übrigens den Angriff des Hammers bedeutend verringern, wenn man den Platinstift desselben durch einen Silberstift ersetzt. Der Funke nimmt dabei eine schön grüne Farbe an, die besonders bei Tage deutlich wahrnehmbar ist.