XIII. *Einige neue Versuche über die Natur des elektrischen Funkens; von G. Osann.*

Zur Anstellung der nachfolgenden Versuche wurde ich durch zwei ältere bereits bekannte veranlaßt, welche ich des Zusammenhangs wegen zuvörderst beschreiben will.

1) Bringt man ein Kartenblatt oder ein Stück Pappe zwischen die beiden Kugeln eines Henley'schen allgemeinen Ausladers, und läßt hiedurch einen Verstärkungsschlag gehen, so wird es durchbohrt, und man gewahrt eine runde Oeffnung, deren Weite sich nach der Stärke des Schlages richtet. Betrachtet man die Oeffnung genauer, so beobachtet man, daß an beiden Seiten derselben sich Ränder von Papiererhöhungen vorfinden.

2) Wird anstatt der Pappscheibe oder des Kartenblatts ein Stück Stanniol genommen, so findet man nach geschehenem Durchschlag dasselbe an zwei Stellen durchbohrt. An den Randerhöhungen der beiden entstandenen Löcher gewahrt man deutlich die entgegengesetzte Richtung, in welcher sich die beiden entgegengesetzten Ströme bewegt haben. Man findet, daß das eine Loch nach der einen, das andere nach der entgegengesetzten Seite durchschlagen ist.

Diese Versuche oberflächlich aufgefaßt, scheinen sehr leicht nach der gangbaren Theorie erklärt werden zu können. Man könnte sagen, der zweite Versuch gebe einen unmittelbaren Beweis für das Vorhandenseyn beider Elektricitäten ab, da die beiden Oeffnungen nur durch zwei Kräfte entstehen konnten; und die beiden Randerhöhungen im ersten Versuch zeigen ebenfalls, daß zwei Kräfte nach entgegengesetzten Richtungen durchbohrt haben. Betrachten wir sie jedoch mit geschärftem Blick, so leuchtet ein, daß dieß keineswegs der Fall ist. Nach

unserer gewöhnlichen Annahme ist der elektrische Funke eine Vereinigung der beiden Elektricitäten. Wenn nun diese Vereinigung vermöge ihrer Anziehungskräfte geschieht, so sieht man nicht ein, warum, wenn ein Leiter zwischen den beiden Kugeln des Ausladers sich befindet, die Vereinigung nicht in einer Oeffnung geschieht, und eben so begreift man nicht recht, warum auf beiden Seiten der Oeffnung im Kartenblatt Randerhöhungen entstehen.

Bevor ich meine über diesen Gegenstand angestellten Versuche beschreibe, will ich bemerken, daß ich mich zur Anstellung derselben einer doppelscheibigen Elektrisirmaschine bediente, deren Scheiben eine jede 4' im Durchmesser hat. Zur Ladung wurde eine elektrische Flasche von 1' Durchmesser und 1 $\frac{1}{2}$ ' Höhe angewendet, Dem Henley'schen allgemeinen Auslader wurde folgende Einrichtung gegeben. An der Hülse, in welcher sich die verschiebbare Stange des Ausladers befindet, wurde ein längliches Stückchen Kartenblatt mit einer Eintheilung in Millimeter angebracht. Diese Vorrichtung hatte den Zweck, den Abstand der Kugeln zu messen. Alle übrigen Theile blieben unverändert.

Bei diesen Versuchen kommen zwei Umstände in Betracht, nämlich die Wirkung des Mittels, in welchem die Versuche vorgenommen werden, und die Beschaffenheit der Stoffe, durch welche der elektrische Funke schlägt.

1) *Erste Reihe von Versuchen, bei welchen verschiedene Substanzen als Durchschlags-Mittel angewendet wurden.*

1) Zwischen den beiden Kugeln des Ausladers wurde ein Stückchen Stanniol senkrecht aufgestellt und die Kugeln damit in dichte Berührung gebracht. Es wurden hierauf elektrische Schläge aus der Flasche hindurchgeführt, der erste, nachdem die Maschine 15 Mal umgedreht worden war, der zweite nach 30maliger Umdrehung, der dritte

nach 45maliger. Das Stanniolblatt hatte durch diese elektrischen Schläge nicht die geringste Veränderung erlitten.

2) a) Die beiden Kugeln wurden jetzt $\frac{1}{4}$ Millimeter von einander entfernt und das Stanniolblatt dazwischen gebracht. Ein Schlag nach 15maliger Umdrehung gab zwei Löcher über einander. An beiden Löchern konnte man deutlich sehen, daß sie in entgegengesetzter Richtung durchgeschlagen waren.

b) Bei 30maliger Umdrehung. Zwei fast gleich große Löcher, das negative etwas größer und umgeben mit einer braunen Einfassung, wahrscheinlich von suboxydiertem Zinn.

c) Bei 45 Umdrehungen erhielt ich dasselbe Resultat, nur waren die Löcher etwas größer. Diesmal war um die positive Oeffnung die Bräunung stärker als um die negative.

3) Versuche mit Spitzen. Es wurden die Kugeln des Entladeters heruntergenommen und an die Stelle derselben Stecknadeln befestigt.

a) Bei unmittelbarer Berührung der Spitzen und 30maliger Umdrehung. Man erhielt ein längliches Loch, so, als wenn zwei in eins zusammengefallen wären.

b) Ein zweiter Versuch gab nur ein Loch, welches auf der positiven Seite gebräunt war.

4) a) Bei einem Abstand von 1 Millimeter. Zwei zusammenstehende Löcher neben einander.

b) Bei 40maliger Umdrehung nur ein Loch.

5) a) Abstand 1 Millimeter. Das Stanniolblatt in der Form dazwischengesteckt, gab nur ein Loch, jedoch ein längliches.

b) Der Versuch wiederholt, gab genau dasselbe Resultat.

c) Es wurden die Kugeln so weit von einander entfernt, daß ihr Abstand 3 Centimeter ausmachte, und in der Mitte zwischen ihnen wurde senkrecht das Stanniolblatt befestigt. Hierauf wurde nach 20maliger Umdrehung der Verstärkungsschlag hindurchgeführt. Unter

drei Versuchen dieser Art gaben zwei nur ein Loch und einer zwei dicht neben einander befindliche.

6) Um nichts zu unterlassen, was bei diesen Versuchen durch die Form bedingt werden könnte, wurden die Durchschläge auch zwischen leitenden Platten vorgenommen.

Aus je drei Kupferplatten von 2" Durchmesser einer Volta'schen Säule wurden durch Aufeinanderlegen, Umlegen eines Streifens Pappe und Zusammenbinden zwei Cylinder gebildet. Die äußersten Platten waren außerdem noch mit Stanniol überzogen. Sie wurden nun auf dem Rand einander gegenübergestellt und folgende Versuche angestellt.

a) Zwischen beiden wurde ein Stanniolblatt gefügt, und die Combination zwischen die Kugeln des Ausladers gebracht. Diese berührten die hinteren Seiten des Cylinders. Die Berührung war unmittelbar. Nach einem Schlag von 30maliger Umdrehung wurde geöffnet. Das Stanniolblatt war an mehreren Stellen durchschlagen.

b) Bei einem Abstand von 1 Millimeter. Das Stanniolblatt war an zwei, sehr weit von einander entfernten Stellen mit entgegengesetzter Richtung durchschlagen.

c) Abstand von 2 Millimeter. An dem Rand durchgeschlagen mit entgegengesetztem Durchschlag, die beiden Löcher diametral entgegengesetzt, der positive Durchschlag stärker als der negative, ersterer mit brauner Einfassung umgeben.

d) Bei 5 Millimeter Abstand erhielt ich bei zwei Versuchen dasselbe Resultat wie in c.

2) *Versuche mit Kartenblättern und anderen der Elektrizität Widerstand leistenden Körpern.*

a) Zwischen den zwei Kugeln des Ausladers wurde in senkrechter Richtung ein Kartenblatt gesteckt, und zwar so, daß vollkommene Berührung stattfand. Nachdem die Flasche durch 15malige Umdrehungen geladen war, wurde der Schlag durchgeführt. Man fand eine Oeffnung mit Randerhöhungen auf beiden Seiten.

b) Bei 1 Millimeter Abstand und gleicher Anzahl Umdrehungen dasselbe Resultat.

c) Bei Spitzen und 15maliger Umdrehung. Ein Loch mit größeren Randerhöhungen als in *b*.

d) Bei Anwendung von Metallplatten in verticaler Stellung, zwischen welchen das Kartenblatt sich befand. Ein Durchschlag mit beiderseitigen Randerhöhungen.

Diese Versuche haben mich zu folgender Ansicht über den elektrischen Funken geführt.

Der elektrische Funke ist nicht das dynamische Product beider Elektricitäten. Jede der beiden Elektricitäten hat ihren eigenen Funken. Die Funken haben keine Anziehung zu einander, sondern verhalten sich gegen einander, wie elektrische Ströme, von welchen Ampère gezeigt hat, daß gleichlaufende sich anziehen, entgegengesetzt sich bewegendende sich abstossen. Fallen beide Funken in einem zusammen, wie dieß der Fall in der atmosphärischen Luft ist, so hat dieß seinen Grund in dem Widerstand, welchen das zwischen befindliche Mittel den Funken entgegensetzt.

Man erinnere sich der Versuche mit dem Stanniolblatt. Befindet sich dieß dicht zwischen beiden Kugeln, so schlägt der Funke zwei Löcher, ist aber die Entfernung beträchtlich, so entsteht nur ein Funke, welcher auch nur ein Loch bohrt. Man sieht hier deutlich, daß wo auf einem größeren Weg ein größerer Widerstand zu überwinden ist, beide in einem zusammenfallen.

Um diese Ansicht ferner zu begründen, wurden folgende Versuche angestellt.

a) Zwischen die Kugeln des Ausladers wurde ein Stanniolblatt gebracht, und durch dieses ein Funke durchgeschlagen. Hierauf wurde das Blatt um $\frac{1}{2}$ Millimeter verrückt, und alsdann ein Schlag von derselben Stärke hindurchgeführt. Als das Blatt hervorgezogen wurde, fand man es an zwei Stellen durchgeschlagen. Dasselbe Resultat erhielt man bei jeder nächsten Verrückung des Blattes. Es hatte demnach das Blatt dem elektrischen Fun-

ken keinen Widerstand geleistet. Es war überall durchgeschlagen worden, wo das Blatt die Kugeln berührt hatte.

b) Es wurde nun ein Kartenblatt von 0,6 Millimeter Dicke angewendet und ein Funke der Flasche von 15maliger Umdrehung durchgeschlagen. Es wurde hierauf um 1 Millimeter verschoben und ein Schlag von gleicher Stärke hindurchgeführt. Als das Blatt herausgenommen wurde, fand man es bloß an einer Stelle durchlöchert. Demnach hatte der zweite elektrische Funke kein neues Loch durchschlagen, sondern hatte einen Umweg gemacht und war durch das bereits vorhandene durchgegangen.

Dieser Versuch wurde bei verschiedenen Entfernungen wiederholt, und als die Entfernung, bei welcher bei der Stärke von 15 Umdrehungen der zweite elektrische Funke ein Loch durch das Kartenblatt schlug, folgende Werthe gefunden: 3,5 Millim., 4,5 Millim., 4,6 Millim. und 4,3 Millim.

c) Es wurden nun zwei Kartenblätter auf einander geleimt. Die Flasche wurde mit 30 Umdrehungen geladen, und die beiden Kartenblätter, nachdem der Leim völlig ausgetrocknet war, zwischen die Kugeln gebracht. Die Entfernung des zweiten Lochs von dem ersten wurde gefunden zu 8,1 Millim., in einem zweiten Versuch zu 7,1, in einem dritten zu 7,1.

d) Bei drei zusammengeleimten Kartenblättern war die Entfernung beider Löcher 11,1 Millim., 12,1, 10,9.

Mit Einleuchtetheit geht aus diesen Versuchen hervor, wie die GröÙe des Umweges, welchen der elektrische Funke nimmt, mit der GröÙe des Widerstandes wächst.

e) Bei Anwendung eines auf beiden Seiten mit Siegelackauflösung überzogenen Papiers erhielt ich bei einem Versuch ein Loch, bei einem zweiten zwei.

f) Kautschuckplatten wirkten vollkommen isolirend. Der elektrische Funke lief längs der Oberfläche hin, und

vereinigte sich an dem Rand mit dem von der entgegengesetzten Seite kommenden. Es verhielt sich also wie Glas. Diese Eigenschaft des Kautschucks ist interessant, und dürfte zu practischen Anwendungen Veranlassung geben.

Der Versuch *c*, bei welchem einmal der elektrische Funke zwei Löcher gebohrt hatte, veranlaßte mich noch, einige Versuche mit Pappscheiben anzustellen. Es wurde eine nasse Pappscheibe zwischen die Kugeln gebracht, und hierauf wie gewöhnlich verfahren. Der Erfolg war, daß das Loch viel größer war und die Randerhöhungen viel bedeutender.

Um diesen Versuch richtig zu verstehen, muß ich noch einen anderen erwähnen, der damit im nahen Zusammenhang steht. Bringt man die Kugeln des Ausladers dicht über die Oberfläche von Wasser, und nähert, nachdem der eine Theil in Verbindung mit dem äußeren Beleg gebracht worden ist, den andern mittelst der Kette dem Knopf der geladenen Flasche, so sieht man, noch bevor der Schlag erfolgt, wie das Wasser sich unter den positiven Knopf hebt und in Folge von Anziehung sich hin und her bewegt. Auch unter den negativen Knopf bemerkt man eine ähnliche Bewegung, obwohl schwächer. Eben so, wenn man auf eine Glastafel Schwefelblumen streut, so werden diese von den positiven Kugeln angezogen, und eben so werden Theile von Menige angezogen, welche man unter die negative Kugel des Ausladers bringt; letztere Anziehung ist jedoch schwächer.

Aus diesen Versuchen geht nun mit Einleuchtetheit hervor, daß, bevor der Durchschlag geschieht, die Theile, welche sich auf der Oberfläche der Pappscheibe befinden, angezogen, und hierdurch die Stelle aufgelockert wird, worauf dann an dieser verhältnißmäßig dünner gewordenen Stelle der Durchschlag geschieht. Die Randerhöhungen sind, dieser Ansicht zu Folge, nicht durch

die in entgegengesetzter Richtung wirkenden elektrischen Funken hervorgebracht, sondern sind die Wirkungen der Anziehung beider Elektricitäten, bevor der Durchschlag geschieht. Auf diese Weise heben sich die Widersprüche, welche bei der früheren Erklärung entstanden, vollkommen.

3) *Versuche über das Durchschlagen des elektrischen Funkens durch Stanniolblätter in Flüssigkeiten und Gasarten.*

Es wurden in eine hohle Glaskugel zwei Drähte eingekittet, welche um eine gewisse Gröfse, die ich glaube zu 1 Millimet. annehmen zu können, von einander abstanden. Nachdem diese mit nachfolgenden Flüssigkeiten angefüllt waren, wurde ein Stanniolblatt zwischen beide Drähte gebracht, und dann die Durchschläge mit elektrischen Funken versucht. Bei allen wurden Flaschenschläge angewandt, nachdem die Maschine 15 Mal umgedreht worden war.

1) In Wasser wurden durch den Durchschlag zwei Löcher hervorgebracht.

2) In Weingeist von 34° B. wurden zwei verhältnismässig grofse hervorgebracht, wobei das, welches durch die positive Elektricität entstanden war, besonders grofs und die Stelle rings um das positive Loch ganz zerknittert war.

3) In Terpenthinöl von 0,88 spec. Gewicht, zwei grofse Löcher, von welchen das positive sehr stark war.

4) In einer gesättigten Kochsalzlösung schlug der Funke nur ein Loch hindurch. Der Durchschlag war in zwei Versuchen von entgegengesetzter Richtung, einmal von der positiven Seite, ein ander Mal von der negativen Seite kommend.

5) In einer Auflösung von kohlensaurem Kali vom spec. Gewicht 1,28 schlug der Funke nur ein Loch durch.

6) In einer Auflösung von kohlensaurem Natron von
1,10

1,10 spec. Gewicht schlug der Funke ein großes Loch hindurch.

7) In einer Auflösung von essigsaurem Bleioxyd von 1,28 spec. Gewicht schlug der Funke nur ein Loch.

Aus diesen Versuchen geht das interessante Resultat hervor, daß in Flüssigkeiten, welche durch die Elektricitäten leicht zersetzt werden oder leitend für sie sind, nur ein Loch geschlagen wird, hingegen in Flüssigkeiten, welche isolirend sind, zwei. Man wird demnach aus dieser Eigenschaft erkennen können, *ob eine Flüssigkeit leitend und zersetzbar sey.*

Auch mit Gasarten wurden einige Versuche angestellt; ich bediente mich hierzu einer eigenen Vorrichtung. Sie bestand in einem blechernen Cylinder, unten und oben mit zwei Oeffnungen versehen. Von unten wurde das Gas hineingeleitet. Aus der oberen ging eine prismatische Röhre unter Wasser, durch welche das Gas geleitet und aufgefangen werden konnte. In der Mitte des Cylinders waren an beiden Seiten dicke Kupferdrähte eingelöthet, welche im Innern ungefähr 1 Millimet. von einander abstanden. Der eine ging durch eine Glasröhre; über demselben befand sich ein Glasstängelchen, an welches die Stanniolblätter aufgehängt wurden. Die untere Oeffnung wurde mit einem Gasapparat in Verbindung gesetzt, und die Versuche nicht eher vorgenommen, als bis sich das durchgehende Gas rein von atmosphärischer Luft erwies. Der Funke wurde nach 20maliger Umdrehung genommen.

1) In Wasserstoffgas entstanden an der Durchgangsstelle mehrere kleine Löcher.

2) In Sauerstoffgas entstanden durch den Durchschlag zwei große Löcher, wovon das größere dem positiven Funken angehörte.

3) In atmosphärischer Luft, welche mit Wasser- gas angefüllt war, entstand ein großes Loch, bei wel-

chem unter drei Funken der Durchschlag zwei Mal von der positiven Seite gekommen war.

Da unter den gewöhnlichen Verhältnissen der elektrische Funke in der atmosphärischen Luft zwei Löcher bohrt, so ist klar, daß beim letzten Versuch der in dem Cylinder befindliche Wasserdampf leitend gewirkt hatte, das Gas sich also verhalten hatte, wie eine leitende Flüssigkeit zu einer isolirenden.

Diese Versuche mit Gasarten sollen demnächst wiederholt und erweitert werden. Sie sind interessant, weil sie uns zeigen, wie mittelst dieses einfachen Verfahrens Etwas über die verschiedenen Leitungsvermögen derselben für die Elektrizität ausgemittelt werden kann. Wir werden durch sie zu dem Ergebniss geführt werden, daß die Isolationskraft der Gasarten nicht bei allen gleich stark, sondern verschieden ist.

Ich erlaube mir schließlic noch folgende Bemerkung zu machen. Wenn man die beiden Löcher vergleicht, welche die elektrischen Funken durch Stanniol schlagen, so sieht man deutlich, daß die Oeffnungen des positiven Funkens größer sind, als die des negativen. Um diese Beobachtung zu einem Versuch zu erheben, wurde folgendermaßen verfahren.

Eine Scheibenmaschine, deren Durchmesser 2½' Betrug und eine viel schwächere Wirkung hatte, als die, welche ich bisher angewendet, wurde hierzu gebraucht. Nachdem mehrere Versuche damit angestellt worden waren, fand ich, daß ein Verstärkungsschlag, welcher einer Ladung von 10maliger Umdrehung entsprach, von der positiven Seite ein Loch durchbohrt, von der negativen hingegen nur eine Vertiefung bewirkt hatte. Leichter als mit Stanniol kann man diesen Punkt erreichen, wenn man statt desselben eine Platte Tabacksblei anwendet.