

XI. Beschreibung einiger mit Electricität hoher Spannung mittelst des Telephons angestellter Versuche; von Leonhard Weber.

Die im Folgenden beschriebenen Versuche erscheinen mir zwar in ihrer augenblicklichen Form noch nicht völlig geeignet, gewisse unten anzudeutende Folgerungen mit Strenge daraus zu ziehen; dennoch glaube ich, dieselben mittheilen zu sollen, da sie 1) an und für sich ein gewisses experimentelles Interesse haben, 2) dazu dienen können, eine Reihe von Fehlerquellen bei ähnlichen Untersuchungen anderer Physiker zu verhüten, 3) einen neuen Beweis geben für die Brauchbarkeit des Telephons zur Erkennung schwacher periodischer Ladungen eines Leiters der Electricität und 4) dazu dienen können, diejenigen von Helmholtz, Herwig, Koosen¹⁾ u. a. ausgehenden Vorstellungen experimentell zu erläutern, welche man sich über die electrischen Bewegungen innerhalb eines Inductionskreises und eines in denselben eingeschalteten Electrolyten zu bilden hat.

Verbindet man die beiden von den Klemmschrauben eines Telephons kommenden Drähte mit den Stellen *A* und *E* eines oder zweier Leiter, so wird in der Telephonleitung so oft eine Bewegung von Electricität eintreten, als die Werthe der in *A* und *E* vorhandenen electrostatischen Potentiale verschieden sind. Ist *E* beispielsweise ein Punkt der Erde und *A* ein solcher eines Leiters der Electricität, so wird bei periodischen, schnell aufeinander folgenden Aenderungen des Potentials in *A* auch eine periodische, in gleichem Tempo erfolgende Electricitätsbewegung innerhalb der telephonischen Leitung vorhanden sein, die bei genügender Schnelligkeit und Stärke als ein im Telephon gehörter Ton wahrgenommen wird.

Solche in schnellem Tempo erfolgende periodische

1) Pogg. Ann. CL. p. 61. p. 483. 1873. Wied. Ann. II. p. 566. 1877.

Ladungen wurden bei den folgenden Versuchen entweder durch eine Influenzelectrisirmaschine oder durch einen Inductionsapparat hervorgerufen. Bei Anwendung der erstern waren dann die Conductoren so nahe gestellt, dass ein schneller Funkenwechsel erfolgte, oder es war in die von dem einen Conductor führende Leitung ein Funkenmikrometer mit eng gestellten Spitzen eingeschaltet, während der andere Conductor zur Erde abgeleitet war. Der angewandte Inductor war ein kleiner Siemens'scher Apparat, dessen Inductionsrolle, aus vier Abtheilungen bestehend, einen Widerstand von ca. 3000 S.-E. besass. Der primäre Stromkreis wurde durch eine aus sechs Elementen bestehende Tauchbatterie gespeist. Die Platten wurden nur gerade so weit eingetaucht, bis die Feder des Interruptors zu spielen anfang. Als Reagens auf die durch den einen oder andern Apparat erzeugten periodischen Ladungen diente ein gewöhnliches Telephon. Die von den Klemmschrauben desselben wegführenden beiden Kupferdrähte und speciell ihre freien Enden seien mit *a* und *e* bezeichnet. Die Höhe des im Telephon gehörten Tones entsprach immer der Höhe des direct von der Influenzmaschine oder dem Neef'schen Hammer vernommenen Tones. Die wesentlich der Beobachtung unterliegende Stärke werde ich durch folgende Bezeichnungen angeben. Der Ton sei genannt: sehr stark, wenn derselbe im ganzen Zimmer hörbar; stark, wenn derselbe schon zu hören war, ohne dass das Telephon fest ans Ohr gedrückt wurde; mässig, wenn das Telephon fest ans Ohr gelegt werden musste, um einen kräftigen Ton zu hören; schwach, wenn unter derselben Bedingung nur ein schwacher Ton zu hören war; sehr schwach, wenn eine gespannte Aufmerksamkeit dazu gehörte, um noch einen Ton zu hören.

Noch sei bemerkt, dass akustische Täuschungen überall, wo es nöthig schien, dadurch ausgeschlossen wurden, dass die zum Telephon führende Leitung in ein zweites Zimmer führte, in welchem die Influenzmaschine oder der Neef'sche Hammer nicht direct gehört werden konnten. Die

hierbei erforderliche Assistenz wurde mir von Hrn. stud. B. Karsten bereitwilligst geleistet.

Waren zwei Ableitungsstellen zur Erde nothwendig, so wurden dazu die Wasserleitung und eine am Institute befindliche Blitzableitung benutzt.

1. Versuch. Der Draht e war zur Erde geleitet; a wurde an eine beliebige Stelle eines der genäherten Conductoren der Influenzmaschine gesetzt. Der gehörte Ton war sehr stark.

2. Versuch. Wurde der Draht e bei derselben Anordnung ganz beseitigt, so hörte man noch einen mässigen bis starken Ton. Es genügte also zur Ableitung der hier auftretenden hochgespannten Electricität die Leitungsfähigkeit der aus trockenem Tannenhölze bestehenden, mit der Hand gehaltenen Holzfassung des Telephons.

3. Versuch. Ein Conductor der Influenzmaschine war zur Erde geleitet; der andere war mit Einschaltung eines Funkenmikrometers zu dem einen Ende einer ca. 1 m langen, 5 mm weiten, mit destillirtem Wasser gefüllten Röhre abgeleitet. In das andere Ende der Röhre wurde Draht a getaucht, während e zur Erde abgeleitet war. Der Ton war mässig bis stark.

4. Versuch. Bei derselben Anordnung wurde die mit Wasser gefüllte Röhre ersetzt durch eine mattgeschliffene, schwach angefeuchtete Glastafel von 77 cm Länge und 97 cm Breite. Die beiden Ansatzstellen des Drahtes a und des vom Funkenmikrometer kommenden Drahtes lagen in diagonal gegenüberliegenden Ecken. Der Ton war mässig bis stark.

Wurde in den Versuchen 3 und 4 der Draht e ganz beseitigt, so war der Ton schwach.

Dieselben Resultate ergaben sich, wenn der Inductionsapparat an die Stelle der Influenzmaschine gesetzt wurde.

5. Versuch. Die beiden Endklemmen des Inductionsdrahtes am Inductor seien mit P_1 und P_2 bezeichnet. Es wurde entweder P_1 oder P_2 zur Erde abgeleitet. Der

Draht a wurde resp. an P_2 oder P_1 angesetzt. Draht e war zur Erde abgeleitet. Der Ton war sehr stark.

Entfernte man die Platte des Telephons, so war, wie bereits von G. Karsten¹⁾ mitgetheilt, ein mässiger Ton hörbar.

Wurde nach Einsetzung der Telephonplatte der Draht e beseitigt, so war noch ein starker Ton hörbar.

6. Versuch. Der Pol P_2 war nicht abgeleitet; vom Pole P_1 war ein ca. 2 m langer Draht abgeleitet, dessen freies Ende p_1 in ein Stativ eingeklemmt wurde; das freie Ende a des vom Telephon kommenden Drahtes wurde dem Drahte p_1 frei gegenüber gehalten; Draht e war zur Erde abgeleitet. Die Stärke des gehörten Tones variirte mit der Entfernung der Endpunkte p_1 und a . Betrug diese Entfernung nur einige Millimeter, so war der Ton sehr stark. Bei einer Entfernung von 1,7 m war noch ein sehr schwacher Ton zu hören.

Die Richtung des Drahtes p_1 sowie des Drahtes a war rechtwinkelig zur Axe der Inductionsrollen.

7. Versuch. Der Pol P_2 war zur Erde (Wasserleitung) abgeleitet. Ich stellte mich, das Telephon mit der Hand ans Ohr haltend, in etwa 2 m Entfernung vom Inductionsapparate in der Verlängerung der Axe der Rollen auf nach der Seite des Poles P_1 hin. Das Telephon hatte nur durch den zur Erde (Blitzableitung) geführten Draht e eine Ableitung. Berührte ich sodann mit einem Finger der das Telephon haltenden Hand die freie Klemmschraube des letztern, so war ein schwacher Ton hörbar, der sich schnell verstärkte, sobald ich den andern Arm zum Inductor hinstreckte. Das Telephon selbst wurde senkrecht gegen die Axe der Inductionsrollen gehalten mit Rücksicht auf den Versuch 9.

8. Versuch. In dem einen Beobachtungszimmer wurde der Pol P_2 zur Wasserleitung abgeleitet. In dem zweiten Beobachtungszimmer, in welches ein anderer Zweig

1) Telephonsirene; Schrift d. naturw. Ver. Kiel 1879. Beibl. III. p. 531.

der Wasserleitung führte, war das Telephon, dessen Draht e mit dieser Wasserleitung verbunden war; Draht a wurde entfernt. Berührte ich die freie Klemmschraube mit einem Finger, so war ein mässiger Ton vorhanden.

9. Versuch. Hält man in der Nähe des Inductors (etwa 1 m entfernt) ein Telephon ohne jeden Zuleitungsdraht, so hört man je nach der Entfernung einen schwachen bis sehr starken Ton infolge magnetischer Induction, sobald die Axe des Telephons nicht senkrecht gegen diejenige der Inductionsrollen ist.

10. Versuch. Zwei Drähte von genau gleicher Länge (etwa 2 m) wurden mit einem Ende zusammengedreht und gemeinsam in die eine Polklemme des Inductors gesetzt. Die anderen Enden führten zu den beiden Klemmschrauben des Telephons. Der Ton war mässig. Derselbe verschwand, sobald eine der Telephonklemmen mit der Hand berührt wurde.

Der Erfolg war genau derselbe, wenn die zusammengedrehten Enden an eine beliebige Stelle der Conductoren der Influenzmaschine gesetzt wurden.

11. Versuch. An die Pole P_1 und P_2 des Inductors wurde je ein Draht angesetzt, deren freie Enden p_1 und p_2 in einer Entfernung von etwa 40 cm symmetrisch zum Inductor durch isolirte Stative gehalten wurden. Vom Telephon war Draht e zur Erde geleitet. Das freie Ende des Drahtes a wurde zwischen p_1 und p_2 immer rechtwinkelig zur Verbindungslinie derselben hin und her bewegt.


In der Nähe von p_1 oder p_2 war der Ton stark; rückte a ungefähr in die Mitte von p_1 und p_2 , so wurde der Ton sehr schwach.

12. Versuch. Die von P_1 und P_2 kommenden Drahtenden p_1 und p_2 wurden in die diagonal gegenüberliegenden Ecken einer 38 cm langen und 32 cm breiten Glasschale getaucht, welche mit destillirtem Wasser gefüllt war. Vom Telephon führte Draht e zur Erde. Das Ende a wurde bis auf etwa 5 mm den Enden p_1 oder p_2 genähert,

ohne in Berührung mit dem Wasser zu treten. Es war kein Ton hörbar.

13. Versuch. Bei derselben Anordnung des vorigen Versuches wurde das Ende a in das Wasser der Glasschale getaucht. Der Ton war mässig. Derselbe wurde stark, wenn a in die Nähe von p_1 oder p_2 gebracht wurde. Wurde dagegen a ungefähr in die Mitte zwischen p_1 und p_2 etwas näher nach p_1 herangehalten, so wurde der Ton plötzlich sehr schwach oder schien mitunter ganz zu verschwinden. Die so bezeichnete Stelle in der Glasschale liess sich bis auf einen Spielraum von 1—2 cm genau feststellen. Ich werde diese Stelle im Inductionskreise als den neutralen Punkt bezeichnen.

14. Versuch. Wurde p_1 so weit aus dem Wasser gezogen, dass seine Spitze eben die Wasseroberfläche berührte, so rückte der neutrale Punkt näher nach p_1 heran.

15. Versuch. Um die Lage des neutralen Punktes bei einer wesentlich nach einer Dimension ausgedehnten Wassermasse zu untersuchen, wurde der vorige Versuch in folgender Weise abgeändert. Zwei Glasröhren R_1 und R_2 von der gleichmässigen Weite von 5,3 mm und der Länge von 80 cm wurden  förmig gebogen, mit destillirtem Wasser gefüllt und durch zwei Stative horizontal, symmetrisch und rechtwinkelig zur Axe des Inductors aufgestellt. Die dem Inductor zunächst gelegenen Enden dieser Röhren seien r_1 und r_2 ; die abgewandten ϱ_1 und ϱ_2 . Es wurden durch zwei symmetrisch gebogene Drähte p_1 und p_2 P_1 mit r_1 und P_2 mit r_2 verbunden. Dabei tauchten die Enden p_1 und p_2 bis zur Biegung der Röhre etwa 2—3 cm ins Wasser. Es wurde ferner das Ende a des Telephondrahtes mit zwei gabelförmig angeetzten dünnen und blank geputzten Kupferdrähten α_1 und α_2 versehen; α_1 wurde in das Ende ϱ_1 der Röhre R_1 , α_2 in das Ende ϱ_2 der Röhre R_2 getaucht. Endlich war Draht e des Telephons zur Erde abgeleitet. (Gegenüber dem Versuche 13 war hier also nur die mit Wasser ge-

füllte Glasschale ersetzt durch die in den beiden Röhren vorhandene Wassersäule).

Der Ton war mässig, wenn beide Drähte α_1 und α_2 gleich weit in ϱ_1 und ϱ_2 eintauchten; derselbe wurde sehr schwach, wenn α_1 etwa bis zu 40 cm Entfernung dem Ende p_1 genähert wurde, während α_2 , bis zur Biegung des Röhrenendes ϱ_2 eintauchend, von p_2 die Entfernung von 70 cm hatte.

Die als Verbindungsstück zwischen ϱ_1 und ϱ_2 aufgefassten beiden Drähte α_1 und α_2 spielen in diesem Versuche offenbar genau dieselbe Rolle wie das in die Glasschale des Versuches 13 getauchte Drahtende a . Die Verschiebung der Endpunkte α_1 und α_2 gegen p_1 und p_2 entspricht der Verschiebung des Punktes a in der Glasschale. Trat also bei den Entfernungen von resp. 40 und 70 cm ein fast vollständiges Verschwinden des Tones ein, so würde dies als die neutrale Stellung der Drähte α_1 und α_2 zu bezeichnen sein.

16. Versuch. Bei dem Versuche 15 zeigte sich der Pol P_1 als der schwächer wirkende, da die neutrale Stelle ihm am nächsten lag. Durch successive Vertauschung der Röhren R_1 und R_2 , sowie durch Umkehrung der Stromrichtung des primären Stromes ergab sich, dass die grössere Nähe der neutralen Stelle nach P_1 zu nicht einer verschiedenen Leitungsfähigkeit des in den beiden Röhren vorhandenen Wassers oder einer Bevorzugung einer Electricitätsart zuzuschreiben, sondern lediglich eine Eigentümlichkeit des Inductors sei, deren genauere Ergründung wegen der Unzugänglichkeit der Windungen des primären sowohl, wie des secundären Stromes nicht möglich war.

17. Versuch. In der Anordnung des Versuches 15 blieb alles ungeändert. Es wurde aber an den Pol P_2 ausser dem nach r_2 führenden Drahte p_2 noch ein anderer Draht angesetzt, welcher zur innern Belegung einer sehr kleinen Leydener Flasche führte. Die äussere Belegung der letztern war zur Erde abgeleitet. Hierdurch wurde die neutrale Stelle in der Weise verschoben, dass α_2 bis

auf etwa 5 mm dem Drahte p_2 genähert werden musste, während α_1 in derselben Entfernung von 40 cm verblieb.

Eine ähnliche Wirkung wurde erzielt, wenn die Leydener Flasche durch zwei 25 qcm grosse, durch ein Glimmerblatt isolirte Platten ersetzt wurde.

18. Versuch. In den Versuchen 15—17 machte es für die Stärke des gehörten Tones keinen Unterschied, wenn die Drähte α_1 und α_2 mit der Hand berührt wurden.

19. Versuch. Die Verbindungen zwischen P_1 und r_1 , sowie zwischen ϱ_1 , ϱ_2 und dem Telephon waren wie in Versuch 15 hergestellt. Dagegen war zwischen P_2 und r_2 das als Condensator wirkende Plattenpaar des Versuches 17 in der Weise eingeschaltet, dass die eine Platte mit dem Pole P_2 und die andere mit r_2 durch einen Draht verbunden war. Hierdurch trat eine Verschiebung der neutralen Stelle ein, dergestalt, dass α_1 in der Entfernung von 40 cm blieb, während α_2 in die Entfernung von 33 cm gebracht werden musste.

20. Versuch. Anstatt des einten Paares von Platten wurden successive noch vier andere Paare cascadenförmig zwischen P_1 und r_1 eingeschaltet. Blieb dabei α_1 in dem Abstand von 40 cm, so war die neutrale Stellung vorhanden, wenn α_2 die Abstände hatte von:

70, 33, 27, 25, 24, 22 cm,

bei Einschaltung von resp.:

0, 1, 2, 3, 4, 5 Plattenpaaren.

21. Versuch. Sobald zwischen P_2 und r_2 die Condensatorplatten eingeschaltet waren, trat bei Berührung des Drahtes α_2 mit der Hand eine Verstärkung des Tones ein.

22. Versuch. Bei der Anordnung des Versuches 15 wurde das destillirte Wasser in der Röhre R_1 durch sehr schwach mit Schwefelsäure angesäuertes Wasser ersetzt. Die neutrale Stelle ergab sich, wenn α_1 in die Entfernung von 70 cm und α_2 fast bis zu unmittelbarer Berührung mit dem Drahte p_2 gebracht wurde.

Bezüglich der vorstehend beschriebenen Versuche glaube ich mich auf folgende wenige Bemerkungen beschränken zu können.

a) Die Versuche 1—5 demonstrieren in bequemer Weise die magnetische Inductionsfähigkeit abfliessender Reibungselectricität.

b) Im besondern zeigen die Versuche 3 und 4 eine gewisse Unempfindlichkeit solcher electricen Ströme gegen eingeschaltete sehr grosse Widerstände bezüglich ihrer telephonischen Wirkung.

c) Die Versuche 6 und 7 zeigen die grosse Reactionsfähigkeit des Telephons auf Influenzwirkungen.

d) Die Versuche 8 und 9 zeigen die Möglichkeit, aber auch die leichte Vermeidbarkeit zweier bei den übrigen Versuchen etwa denkbarer Fehlerquellen.

e) Der Versuch 10 entsprang der Absicht, mittels des Telephons Stellen verschiedener oder gleicher Spannung an einem und demselben Conductor aufzufinden. Wie aus der sich leicht bietenden Erklärung dieses Versuches hervorgeht, scheiterte jene Absicht an der ungenügenden Isolirung der Holzfassung des Telephons.

f) Versuch 11 zeigt die Neutralisirung zweier gleichzeitig auftretender Influenzwirkungen.

g) Die Versuche 13—15 geben die von Du Bois-Reymond¹⁾ mitgetheilten Versuche in abgeänderter Form wieder.

h) Ueber die in Versuch 16 besprochene Erscheinung wage ich nicht, mich bestimmter zu erklären. Bei Anwendung eines grössern Inductors mit besonders gut isolirtem Inductionsdraht schien eine gleichmässige Wirkung der beiden Pole aufzutreten. Da dieser Apparat indessen keinen selbstthätigen Interruptor besass, so musste von dessen weiterer Benutzung abgesehen werden. Uebrigens zeigte sich bei dem in den obigen Versuchen benutzten

1) Untersuchungen. Bd. I. p. 429. Vgl. auch G. Wiedemann, Galvanismus. II. p. 841.

Inductor die schwächere Polarität des Poles P_1 mit vollkommener Constanz.

i) Zur Erklärung des eigenthümlichen im Versuche 17 auftretenden Resultates wird folgende Vorstellung der Electricitätsbewegung im Inductionskreise festzuhalten sein. Bei jedem Inductionsstoss wird ein bestimmtes Quantum freier Electricität nach den beiden Polen P_1 und P_2 hingetrieben. Diese Quanta E_1 und E_2 gleichen sich theils durch rückläufige Bewegung innerhalb der Inductionspirale, theils durch gleichgerichtete Bewegung innerhalb des Schliessungsbogens aus. Hierbei tritt die besonders von Herwig hervorgehobene Verzögerung der Bewegung beim Uebergang in den Electrolyten ein. Der Versuch 17 würde sich demnach so erklären, dass der mit dem Pole P_2 verbundene Condensator eine erheblich viel stärkere Verzögerung an der Stelle p_2 bewirkt, als bei p_1 stattfindet.

k) Die Versuche 12 und 18 zeigen, dass die an den isolirten Polen des Inductors auftretenden hohen Spannungen freier Electricität auf eine minimale Grösse herabgesetzt werden, wenn der Inductionskreis auch nur durch einen ungemein schlechten Leiter geschlossen wird.

l) Zur Erklärung des Versuches 21 muss offenbar angenommen werden, dass die von dem Pole P_2 herrührende, zum Telephon gelangende Electricität von hoher Spannung ist und deshalb durch Handberührung abgeleitet werden konnte, während die von dem Pole P_1 kommende Electricität mindestens aus einem nicht ableitbaren, also niedrig gespannten Theile von Electricität bestand. Dieser Versuch, verglichen mit Versuch 19 und 20, zeigt daher eine Neutralisirung zweier Electricitätsmengen verschiedener Spannung. Es geht also hieraus als wahrscheinlich hervor, dass in einem nur durch Vermittelung eines Condensators mit dem Pole eines Inductors verbundenen Electrolyten nur Electricität hoher Spannung auftritt, während in einem durch metallische Leitung mit dem Pole des Inductors verbundenen Electrolyten jedenfalls eine Electricitätsbe-

wegung von geringer Spannung auftritt, vorausgesetzt, dass in beiden Fällen eine Ableitung des Electrolyten zur Erde ermöglicht ist. Die genannten Versuche scheinen daher die Annahme zu bekräftigen, dass die Rolle eines Electrolyten in einem Inductionskreise nicht allein in einer condensatorischen Wirksamkeit der Molecüle, sondern auch in einer wirklichen Leitungsfähigkeit besteht, welche letztere entweder als electrolytische Convection oder als rein galvanischer Vorgang aufgefasst werden muss. Der Versuch 22 scheint diese Ansicht erheblich zu unterstützen.

Kiel, Mai 1879.

XII. Bemerkung über Extraströme in Eisendrähten; von Hermann Herwig.

Im Junihefte der Annalen¹⁾ theilt Hr. Lorenz einen Versuch mit, wonach er an zwei verschieden dicken (1 mm und 2,2 mm) Eisendrähten nahezu gleiche Extraströme fand, und hebt den Widerspruch hervor, worin dieses Resultat zu einem gelegentlich früher von mir an Eisenstäben gefundenen²⁾ steht. Zur Erklärung fügt er hinzu, dass die von mir direct an einem Galvanometer vorgenommene Messung der Extraströme nur unsicher hätte ausfallen können. Diese Erklärung dürfte Hr. Lorenz indessen wohl kaum für eine genügende gehalten haben, wenn er bedacht hätte, dass nach meinen Angaben die entsprechenden Messungen mit derjenigen Empfindlichkeit gemacht sind, womit ein kleiner Drahtwiderstand bis auf $\frac{1}{460}$, resp. $\frac{1}{3600}$ seines Werthes bestimmt werden kann. Man vergleiche z. B. analoge Messungen des Hrn. Beetz³⁾, der

1) Wied. Ann. VII. p. 185. 1879.

2) Pogg. Ann. CLIII. p. 122. 1874.

3) Pogg. Ann. CXXVIII. p. 206. 1866.