**9. Über die durch einen mechanischen Einfluß
herbeigeführte Leitungsfähigkeit des Kohärers;
von Richard Thöldte.**

1. Die Frage nach der Leitungsfähigkeit des Kohärers hängt eng mit den Vorstellungen, welche man sich über die Ausbreitung der dynamischen Elektrizität macht, zusammen. Wenn elektrische Schwingungen von genügender Stärke sich im Äther ausbreiten, so können gegebenen Falles materielle Moleküle durch kleine Funken aneinander geschweißt werden, so daß eine ununterbrochene Brücke fester Moleküle sich bildet, welche die Leitungsfähigkeit für den elektrischen Strom herstellt. Und zwar kann hierbei durch erhöhte Ionisation¹⁾ auch unter der kritischen Potentialdifferenz der Widerstand des Kohärers zu einer meßbaren Größe herabsinken, wobei es bisher noch unentschieden ist, in welcher Form die Leitungsfähigkeit hierbei zustande kommt. Allein die in allen diesen Fällen herbeigeführte Widerstandsvermindung, die zwar für die drahtlose Telegraphie sehr wichtig ist, erschöpft noch nicht die wissenschaftliche Seite des Problems. Vielmehr hat, irre ich nicht, wohl Hr. Auerbach²⁾ zuerst darauf hingewiesen, daß auch durch akustische Schwingungen eine Leitungsfähigkeit des Kohärers herbeigeführt werden kann. Er kommt dabei zu dem Resultate, daß der Kontaktwiderstand ebensowohl durch akustische wie durch elektrische Schwingungen dauernd herabgedrückt werden kann, wobei allerdings die Schwingungen einer Stimmgabel mittels der Resonanz des Beobachtungstisches der Kontaktstelle zugeführt wurde; während bei der Zuführung durch die Luft nur höchstens, aber durchaus nicht immer, eine sehr schwache Wirkung auftrat. Und fast gleichzeitig ist

1) R. Thöldte, Ann. d. Phys. 17. p. 694 ff. 1905.

2) F. Auerbach, Wied. Ann. 64. p. 611; vgl. auch Leo Arons, Wied. Ann. 65. p. 567. 1898.

Hr. Leppin¹⁾ zu gleichen Ergebnissen gekommen. Ja, er hat außer durch akustische Schwingungen auch durch Wärmewirkungen, z. B. der Handwärme, eine Änderung des Leitungswiderstandes beim Kohärer konstatiert. Und sogar durch Einwirkung von Lichtwellen, in dem ein parabolischer Spiegel, der in Verbindung mit einem Leclanchéelement und einem Vertikalgalvanometer stand, und in welchem ein Branlykohärer angebracht war, dem hellen Tageslicht ausgesetzt wurde, konnte ein Ausschlag des Galvanometers festgestellt werden.

Hr. Auerbach erwähnt am Schlusse seiner Abhandlung, daß auch durch Klopfen auf den Tisch bei regelmäßig verlaufenden Perioden derselbe Effekt hervorgerufen werden kann.

Gerade diese Art, den Widerstand eines Kohärers zu vermindern, näher zu untersuchen, bot sich eine Gelegenheit durch einen Kohärer, der mir freundlichst zur Verfügung gestellt war; ich will in folgender Arbeit meine Resultate mitteilen.

2. Hr. Béla Gáti in Budapest hatte auf Grund meiner Arbeit über den Einfluß der Ionisation auf die Leitungsfähigkeit des Kohärers die Freundlichkeit, mir einen Carolykohärer zu übersenden, wofür ich mir erlaube, ihm auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Dieser besteht, wie nachstehende Fig. 1 zeigt, aus zwei Aluminiumstäben, an deren Stelle auch Magnesium, Kadmium

Fig. 1.

oder Zink gebraucht werden kann, welche sich lose berühren, und von denen der eine an einem federnden Messingbände befestigt ist und durch eine Mikrometerschraube mehr oder weniger an das andere Aluminiumstäbchen gedrückt werden kann. Das Ganze ist an einem Gestell von Hartgummi befestigt. Zur Messung der Stromstärke diente mir, wie früher, ein Galvanometer nach dem System von Deprez d'Arsonvale

1) O. Leppin, Wied. Ann. 65. p. 885 ff. 1898.

modifiziert von Donadt-Ernecke mit einer beweglichen Drahtspule in einem ruhenden magnetischen Felde. Das elektromagnetische Feld wurde durch eine Zweigleitung des Leitungsstromes, welche der elektrischen Glühlampe den Strom zuführte, hergestellt und konstant auf einer Ampère gehalten. Die Skala, auf welcher durch eine Linse das Bild eines Fadens entworfen wurde, stand in 1 m Entfernung vom Galvanometer, die Empfindlichkeit desselben betrug 10^{-6} Amp. für 1 dcm. Ausschlag. Die von mir gebrauchte elektromotorische Kraft war so, daß, wenn der Kohärer in den Stromkreis eingeschaltet wurde, durch ein Öffnen oder Schließen des Stromes keine Wirkung auf denselben hervorgebracht wurde. Wenn nunmehr eine geschlossene Nebenleitung, deren elektromotorische Kraft 3,76 Volt und deren Intensität 0,095 Amp. betrug, geöffnet wurde, so wurde der Kohärer durch die elektrischen Wellen leitend, was durch den Ausschlag des Galvanometers angezeigt wurde und zwar *konstant* leitend. Nur durch ein Abklopfen, sei es auf den Tisch oder mit einem kleinen Kupferdraht, auf den Rand der Mikrometerschraube, stellte sich der ursprüngliche hohe Widerstand desselben wieder her. Bezeichnen wir mit α den Hauptstrom, also denjenigen, der ohne Kohärer angezeigt wurde, mit β den Kohärerstrom, denjenigen, der mit leitend gewordenen Kohärer entstand, so habe ich folgende Werte gefunden.

Fig. 2.

Tabelle.

	1	2	3	4	5
α	6,5	9,2	13,9	16,9	21,6
β	6,45	9,1	13,8	16,8	21,3

Diese Resultate, welche Mittelwerte aus je sechs Einzelbeobachtungen mit veränderter Stromrichtung repräsentieren, zeigen, daß, wenn einmal der Kohärer leitend geworden war, auch als dann die volle Stromstärke hervorgerufen wurde.

3. Aber die Leitungsfähigkeit des Kohärers stellte sich auch noch in ganz anderer Weise ein. Wenn nämlich die Leitung *b* in Fig. 2 nicht geschlossen wurde, so wurde der Kohärer auch durch bloßes Erschüttern leitend. Wenn jemand außerhalb des Zimmers auf dem Korridor ging, so daß die Wände zitterten, oder bei heftigem Wind, der die Wände in Schwingungen versetzte, stellte sich die Leitungsfähigkeit des Kohärers ein. Ja, sogar durch bloßes Erheben vom Stuhle wurde der Kohärer leitend. Klopfen auf den Tisch, etwa mit einem Bleistift, machte den Kohärer, wenn er bereits leitend war, nichtleitend, aber ebenso gut auch leitend, wenn er nichtleitend war. Ein einmaliger leichter Stoß gegen den Hartgummi führte ebenso die Leitungsfähigkeit herbei, wie leichtes Berühren der Aluminiumstäbchen, etwa mit einem Kupferdraht. So konnte durch Erschütterungen, die auf die verschiedenste Art und Weise hervorgebracht waren, der Kohärer leitend werden. Auf welche Weise aber auch immer die Leitungsfähigkeit sich einstellte, es waren stets *Schwingungen fester materieller Moleküle*. Ich habe nicht durch eine bloße schwingende Bewegung der Luft eine Leitungsfähigkeit hervorgerufen, wohl aber dann, wenn z. B. die schwingende Stimmgabel auf den Tisch gesetzt wurde. Denn dann übertrugen sich die Schwingungen derselben auf die Moleküle des Tisches und des Kohärers selbst. Auch dann, wenn ein leichter Stoß gegen den Hartgummi des Kohärers geführt wurde, entstand doch eine schwingende Bewegung des federnden Bandes, an welchem sich der Aluminiumstab befand. Kurz, mehr oder weniger regelmäßig verlaufende Schwingungen fester materieller Moleküle waren es, welche die Leitungsfähigkeit hervorriefen und zwar so, daß durch das federnde Band des einen Aluminiumstäbchens auch die beiden losen Konstanten derselben in eine schwingende Bewegung versetzt wurde.

4. Aber die in allen diesen Fällen herbeigeführte Leitungsfähigkeit zeigte doch andere Merkmale als die durch elektrische Schwingungen bewirkte. Wenn sich bei diesen *stets volle* Leitungsfähigkeit einstellte, fehlte dieselbe hier in vielen Fällen. Am regelmäßigsten war noch die Wirkung der Schwingungen, die durch Klopfen auf den Tisch herbeigeführt wurde. Verfolgen wir, um zugleich das Verhalten des Kohärers während

einer längeren Zeit der Beobachtungen genau kennen zu lernen, diese Erscheinungen im einzelnen etwas ausführlicher. Die Schwingungen wurden entweder durch Klopfen mit einem Bleistift auf den Tisch, oder durch einen Stoß z. B. mit der Bleistiftspitze gegen die senkrechte Hartgummiwand des Kohärers, oder durch einen leichten Stoß gegen die Aluminiumstäbchen hervorgebracht. Vorweg will ich bemerken, daß durch einen bloßen *Druck* gegen die Wand oder gegen die Stäbe des Kohärers *keine* Wirkung eintrat, es mußte ein *Stoß* sein. Ich halte das für wichtig festzustellen, da durch einen Stoß Schwingungen entstehen, nicht aber durch einen bloßen Druck. Bei der Stärke des Hauptstroms 1 (Tabelle) genügte ein einmaliges mäßiges Klopfen auf den Tisch, um einen Ausschlag bis 6,1 herbeizuführen. Abermaliges Klopfen ließ das Galvanometer auf Null zurückgehen. Bei der Stromstärke 2 mußte mehrmals geklopft werden, um einen Ausschlag des Galvanometers bis 9,1 oder auch 8,1 oder 8,3 zu erzielen. Es mußte hier schon öfter und stärker geklopft werden, um Leitfähigkeit zu erhalten, während *einmaliges* Abklopfen jedesmal Nichtleitfähigkeit herbeiführte. Bei der Stromstärke 3 wurde erst nach mehrmaligem, in unmittelbarster Nähe ausgeführtem Klopfen ein Ausschlag bis 13,5 erreicht. Weiteres Klopfen ließ das Galvanometer Ausschläge machen, bis 13,5 sich wieder einstellen und nach mehrmaligem Klopfen auf Null zurückzugehen. Bei weiteren Versuchen ergab sich ein Ausschlag bis 13,7 und trotz alles in derselben Weise ausgeführten weiteren Klopfens blieb das Galvanometer auf 13,7 stehen, um endlich infolge des Klopfens mit dem Finger auf den Tisch auf Null zurückzugehen. Bei der Stromstärke 4 mußte noch stärker als bei den vorhergehenden Fällen geklopft werden, um überhaupt eine Leitfähigkeit durch einen Ausschlag bis 16,6 zu erhalten, aber wenn einmal diese Leitfähigkeit eingetreten war, so blieb der Kohärer leitend, auch wenn oft hintereinander und sehr stark geklopft wurde. Höchstens machte das Galvanometer Schwingungen, um die neue Ruhelage, ohne sich auf Null einzustellen. Bei der Stromstärke 5 machte das Galvanometer kleine Schwingungen um Null, der Kohärer blieb aber *nicht-leitend*. Nur nach vielfachen Klopfen zeigte das Galvanometer einmal einen Ausschlag bis 10,4 und einmal bis 10,5 an, aber

meistens blieb der Kohärer nichtleitend. Die Leitungsfähigkeit stellte sich aber ein und zwar durch einen Ausschlag des Galvanometers bis 20,4, wenn längere Zeit vergangen war, oder auch wenn nur sehr leicht, wie im Anfange der Versuche, geklopft wurde, während die Nichtleitung nun sehr schwer wieder erreicht wurde.

Dieses eigentümliche Verhalten des Kohärers zeigt, daß nach stundenlangen Untersuchungen derselbe nicht mehr in derselben Weise als am Anfange ansprach und zwar in doppelter Hinsicht, sowohl in bezug auf die Leitfähigkeit als auch, wenn er leitend geworden war, in bezug darauf dieselbe wieder zu verlieren. Um dies genau festzustellen, wurden die Aluminiumstäbe sorgfältig gereinigt, der Kohärer von neuem einjustiert, und nunmehr die Versuchsreihen in umgekehrter Reihenfolge vorgenommen. Hierbei zeigte sich, daß auch bei den Stromstärken 5 und 4 durch leichtes einmaliges Klopfen auf den Tisch die Leitungsfähigkeit des Kohärers ebenso sofort eintrat, als bei den ersten Versuchen, während jetzt bei den Stromstärken 1 und 2 nur schwer dieselbe erreicht werden konnte. Es war also hinsichtlich der Stärke der Leitfähigkeit kein Unterschied bei den verschiedenen Stromstärken zu bemerken; die „Ermüdung“ bestand sowohl darin, die Leitfähigkeit nur schwer anzunehmen, als auch darin, dieselbe nur schwer aufzugeben.

5. Während so bei diesen doch im allgemeinen noch regelmäßigen Schwingungen ziemlich *volle* und abgesehen von einigen Fällen, auf die ich weiter unten komme, auch *konstante* Leitfähigkeit eintrat, war es nicht mehr der Fall, wenn die Erschütterung durch einen leichten Stoß gegen die feste Hartgummiwand des Kohärers oder gar gegen die Aluminiumstäbe desselben hervorgerufen wurde. Durch einen leichten Druck gegen die Wand oder gegen die Stäbe trat ebenfalls *keine* Wirkung ein, wohl aber durch einen Stoß und hier entsprach die Wirkung der Leitfähigkeit vollständig der Größe des geführten Stoßes. Von meinen vielen auf diese Art und Weise vorgenommenen Versuchen will ich nur einige mitteilen. So ergab sich bei der Stromstärke 1 ein Ausschlag bis 2,9, durch weiteres Klopfen bis 3,2, durch abermaliges Klopfen bis 4,5, dann ein Rückgang bis 2,8, hierauf ein Steigen

bis 4,8 und sodann durch einen Stoß ein Rückgang bis Null. Ich bemerke, daß die Änderungen des Ausschlages jedesmal von neuem durch einen leichten Stoß gegen die senkrechte Wand des Hartgummi oder durch einen leichten Stoß gegen die Aluminiumstäbe hervorgerufen wurde. Oder es ergab sich bei der Stromstärke 3 ein Ausschlag bis 5,6, sodann bis 11,2, weiter erfolgte ein Rückgang bis 8,4, hierauf ein Steigen bis 12,3, ein Rückgang bis 7,2 und schließlich ein Sinken bis Null. Und entsprechende Resultate zeigten sich bei allen meinen auf p. 157 Tabelle angegebenen Stromstärken. Um noch ein Beispiel anzuführen; es ergab sich bei der Stromstärke 5 ein Ausschlag bis 19,2, hierauf bis 9,8, sodann bis 5,3, bis 15,6 bis 20,8 und schließlich erfolgte durch einen festen Stoß gegen die Tischplatte ein Einstellen in die Ruhelage.

Die angeführten Beispiele zeigen, daß die eingetretene Leitfähigkeit sich ganz nach der Stärke des Stoßes, also nach der Stärke der entstandenen Schwingungen der festen materiellen Moleküle richtete. Durch Übung konnte man durch Berühren der Aluminiumstäbe beinahe jeden gewünschten Ausschlag des Galvanometers herbeiführen. Es fehlte bei dieser Art die Leitfähigkeit herbeizuführen die *volle* Leitfähigkeit, der Kohärerstrom erreichte nicht die volle Stärke. Und zwar war bei diesen Versuchen nicht allein die *Stärke* des Stoßes, sondern auch der Ort, wo derselbe zur Ausführung kam, von wesentlicher Wirkung. Am besten war die Wirkung, wenn der Stoß mit möglichst zitternder Hand ausgeführt wurde. Es mußten Schwingungen der materiellen Moleküle des Kohärers eintreten, wenn eine wesentliche Widerstandsverminderung desselben herbeigeführt werden sollte und die Stärke dieser Schwingungen repräsentierte die jedesmalige Leitfähigkeit, das ist das charakteristische Merkmal meiner Beobachtungen.

6. Wenn ich nun dazu übergehe, für die beobachteten Erscheinungen eine Erklärung zu geben, so hat neben der allgemeinen verbreiteten Anschauung, daß durch Funken die Kohärerteile zusammengeschweißt werden, Hr. Robinson¹⁾ auf das Verhalten des Kohärers bis zur kritischen Spannung

1) Ph. E. Robinson, Ann. d. Phys. 11. p. 770 ff. 1903. Vgl. auch D. van Gulik, Wied. Ann. 66. p. 136 ff. 1898; E. Aschkinass, Wied. Ann. 66. p. 284 ff. 1898.

die übliche Erklärung für das Entstehen des elektrischen Funkens übertragen, und dies durch die Annahme einer elastischen schlecht leitenden Schicht zwischen den Kohärenten zu veranschaulichen gesucht. Der Kohärerwiderstand ist alsdann der Widerstand dieser Schicht und die Dicke derselben bestimmt den Anfangswiderstand. Durch eine angelegte Potentialdifferenz findet eine elektrostatische Anziehung zwischen den Kohärenten statt und dadurch wird die Dicke der Zwischenschicht, also der Kohärerwiderstand verkleinert, während bei einer geringeren Spannung die Anziehungskraft kleiner wird, die Zwischenschicht infolge ihrer Elastizität sich ausdehnt und damit der Kohärerwiderstand wieder vergrößert wird.

Diese Theorie, die für Werte bis zur kritischen Spannung gilt, während im Falle der kritischen Spannung die Zwischenschicht zerdrückt wird, so daß eine innigere Berührung der Kohärerteile eintritt, auf die von mir mitgeteilten Beobachtungen, bei denen eine Leitfähigkeit des Kohärsers durch einen mechanischen Einfluß herbeigeführt wurde, zu übertragen, verbietet sich aus dem Umstande, weil alsdann keine Erklärung gegeben wird, woher eine Vergrößerung der Spannung gekommen ist. Sie scheint mir vorauszusetzen, daß die Spannung an den Enden willkürlich von Null bis zur kritischen Spannung abgeändert wird. Bei meinen Beobachtungen war nur eine Spannung *unter* der kritischen angelegt, es fragt sich, wie kann diese angelegte Spannung durch einen mechanischen Einfluß die Leitfähigkeit des Kohärsers herbeiführen.

Hr. Auerbach vertritt in seiner oben erwähnten Abhandlung die Ansicht, daß durch mechanische Schwingungen die Kontaktteile zu Pulsationen angeregt werden und nicht wieder zum ursprünglichen Gleichgewichtszustande zurückkehren, sondern infolge der Adhäsion zu einem innigeren Kontakte gelangen. Ich vermag indessen auch diese Theorie nicht so im allgemeinen auf meine Beobachtungen anzuwenden. Mir scheint ihr die Konstanz der eingetretenen Leitfähigkeit zu widersprechen. Ich muß aber zugeben, daß in einzelnen Fällen unbedingt die Adhäsion ins Gewicht fällt. Hierher mögen die Fälle gehören wie z. B. bei der Stromstärke 3 ein stoßweiser Ausschlag des Galvanometers bis 9 erfolgte, und nachdem der Kohärer wieder nichtleitend geworden war, erfolgte der Rück-

gang abermals stoßweise zunächst bis 5,3 und sodann erst zur Ruhelage. So erklären sich wohl auch die Fälle, wenn die Leitfähigkeit eingetreten war, aber sich ohne sichtbare äußere Veranlassung änderte, sei es, daß der Kohärerstrom etwas größer, sei es, daß er kleiner wurde. Bei der Stromstärke 2 ergab sich unter anderem z. B. zunächst ein Ausschlag des Galvanometers bis 8,5, nach einigen Schwingungen bis 5, von hier erfolgte ein Rückgang bis 4, ein Steigen bis 7,3, hier schwankte das Galvanometer hin und her, stellte sich auf 6,5 ein, ging weiter auf 3 zurück und endlich auf Null. Und das alles ohne irgendeinen bemerkbaren äußeren Einfluß. Ich möchte der Adhäsionstheorie aber keine allgemeine sondern nur eine sekundäre Bedeutung beilegen.

7. Wenn wir uns vielmehr vergegenwärtigen, daß die Berührung zweier Körper niemals in einem Punkte, sondern stets in einer kleinen Fläche geschieht, wenn wir weiter beachten, daß die sich berührenden Flächen niemals eben, sondern mehr oder weniger uneben sind, so müssen nach meiner Auffassung durch regelmäßige Schwingungen die betreffenden Teile derselben voneinander entfernt, bez. einander genähert werden und dadurch wird, da eine wenn auch so kleine Potentialdifferenz vorhanden ist, eine Induktionswirkung stattfinden, unter deren Einfluß die jedesmalige Leitfähigkeit des Kohärrers sich vollzieht. Und zwar kann dies nur durch kleine Funken, welche eine innigere Verbindung zwischen den Kohärrerenden herstellen, geschehen. Ich möchte aber nicht, daß der von mir gebrauchte Ausdruck Induktionswirkung zu einer irrtümlichen Auffassung Veranlassung gäbe, daß etwa der Strom mit dem Element E (Fig. 2) eine Induktion auf den Zweig, in welchem sich der Kohärer befindet, herbeiführen sollte. Davon ist keine Rede. Vielmehr können irgendwelche Moleküle, die bereits bei der Berührung der Aluminiumstäbe einander besonders nahe waren, durch die Schwingungen mechanisch so weit genähert worden sein, daß zwischen ihnen Funken übersprungen sind, die eine leitende Verbindung zwischen denselben hergestellt haben. Durch diesen Vorgang erhalten benachbarte Moleküle, die weniger nahe sind, ein höheres Potential und können auch ihrerseits nunmehr durch Funken die Elektrizitäten ausgleichen, so daß derselbe Vorgang sich

bei einer Anzahl Moleküle wiederholt. Es würde sich also um eine *Mikroinduktion* handeln, indem beim Nähern der Kohärerenden zunächst nur einige Punkte durch Funken eine leitende Verbindung herstellen, welche beim Entfernen der Enden wieder zerrissen wird, und die hierbei auftretenden Eröffnungsfunken führen bei benachbarten Molekülen von neuem eine elektrische Ausgleichung herbei, und zwar ist sicher auf jede mechanische Schwingung eine größere Anzahl elektrischer Oszillationen zu rechnen. Wir haben uns vorzustellen, daß bei stärkeren Schwingungen der Enden auch zahlreichere Punkte eine innigere Verbindung eingehen, wohingegen bei schwächeren Schwingungen auch weniger Punkte eine den elektrischen Strom leitende Verbindung eingehen. Auf diese Weise erklärt sich die im allgemeinen konstante Leitfähigkeit, die ich beobachtet habe bei Schwingungen des Tisches, da dieselben durchweg gleichmäßig waren. So erklärt sich weiter der Umstand, daß die Stärke der Leitfähigkeit der Stärke der Schwingungen proportional war, wenn dieselben durch einen Stoß gegen den Kohärer selbst ausgeführt wurden. So kann auch gedeutet werden, daß Schwingungen, die durch die Luft dem Kohärer zugeführt sind, ein Fall, der von mir selbst, wie ich schon hervorgehoben habe, nicht beobachtet ist, denselben nur in äußerst geringer Weise leitend machen, weil eben die Schwingungen der Kohärerenden selbst nur minimal sein können. Natürlich kann auch der Fall eintreten, daß durch gewisse Schwingungen die Teile sofort wieder so auseinander gerissen werden, daß keine Induktionswirkung eintreten kann, daß also nur eine momentane, keine dauernde Leitfähigkeit sich einstellt, wie ich ebenfalls beobachtet habe. Von größter Wichtigkeit ist hierbei die örtliche Beschaffenheit der Enden selbst. Und wenn sich durch mehrfaches Verbinden und wieder Trennen andere Stoffe daselbst gebildet haben, so kann recht gut der Fall eintreten, daß bei gleicher Ursache durch gleiche Funken bei der immerhin sehr minimalen Stärke derselben, doch keine leitende Verbindung mehr stattfindet. Die „Ermüdung“ des Kohärrers, die auch ich beobachtet habe, findet dadurch ihre Erklärung. Ja, es könnten unter Umständen größere Berührungsflächen der Kohärerenden eher als kleine eine Leitfähigkeit zeigen. *Nach meiner Auffassung sind in den von mir beobachteten Fällen die*

beiden Arten die Leitfähigkeit herbeizuführen, elektrische Schwingungen und mechanische Einflüsse, nur der Veranlassung nach verschieden, während die Ursache, nämlich die Herstellung der leitenden Verbindung zwischen den Molekülen, in beiden dieselbe ist. Auch bei einer mechanischen Veranlassung bleibt der Eintritt der Leitfähigkeit ein elektrischer Vorgang. Diese meine Ansicht widerspricht nicht der Theorie des Hrn. Auerbach. Denn neben der von mir behaupteten Induktionswirkung werden sicherlich noch Zusammenziehungen und Ausdehnungen infolge der Adhäsion eintreten, welche das Resultat beeinflussen. Sie widerstreitet auch nicht der Theorie des Hrn. Robinson, sie sucht vielmehr eine Erklärung dafür zu geben, in welcher Weise ein Funke zur leitenden Verbindung der materiellen Moleküle entstehen kann.

8. Freilich den direkten Beweis für meine Auffassung könnten nur wirklich beobachtete Funken oder eine einwandsfreie Beschaffenheit der Berührungsstelle, daß seine Funkenbildung stattgefunden habe, ergeben. Eine sichtbare Wahrnehmung von Funken, unter deren Einflüsse die Leitfähigkeit sich eingestellt hätte, war unter dem Mikroskop — es wurde ein Mikroskop von Carl Zeiss in Jena, Objektiv A, Okular 2 benutzt — durch die Beschaffenheit des von mir gebrauchten Kohärrers nicht ausführbar. Die Teile wurden deshalb auseinander geschraubt und mikroskopisch untersucht. Die Berührungsstelle der Aluminiumstäbe zeigte entschieden eine rauhere Beschaffenheit, als die anderen Stellen, aber von einer Oxydation infolge von Verbrennens des Aluminium war nichts zu bemerken, trotzdem auch durch elektrische Schwingungen mehrmals die Leitfähigkeit hergestellt war. Nur an einigen Stellen zeigten sich rotbraune Flecke.

Um hierüber volle Klarheit zu gewinnen, habe ich die Aluminiumstäbe sorgfältig gereinigt und ihre Oberflächenbeschaffenheit mikroskopisch genau untersucht. Die Stifte wurden unter dem Mikroskop abgeschabt, so daß sie ganz hellglänzend waren, außer daß sich besonders bei dem einen Stifte noch einzelne feine rotbraune Streifen zeigten, die aber durch das Abschaben ebenfalls verschwanden. Mit diesen so beschaffenen Stiften wurde nunmehr der Kohärer in den Stromkreis eingeschlossen und seine Leitfähigkeit durch leichtes Erschüttern

mehrmals herbeigeführt und zwar bei Anwendung *a.* von mir verwendeten Stromstärken. Hierauf wurde der Stift sorgfältig ohne Berührung mit dem anderen herausgeschraubt und zeigte an der Berührungsstelle, die vorher hellglänzend gewesen war, einen größeren schwarzen Fleck, der für eine Oxydation, herrührend von einer Fettschicht, gelten konnte.¹⁾ Das Resultat war so wichtig, daß es mehrfach wiederholt zu werden verdiente. Der schwarze Fleck wurde unter dem Mikroskope abgeschabt, die Stelle genau markiert und nunmehr der Versuch in derselben Weise wiederholt. Die wieder hellglänzend gewordene Berührungsstelle zeigte abermals einen schwarzen Fleck, der sich leicht abwischen ließ; auch erschienen wieder rotbraune Stellen. Und dieses Resultat wurde vielmals bestätigt und zwar stets nur an dem positiven Pole.

Es erschien mir wichtig, festzustellen, ob solche schwarzen Flecke, die wie verkohlt aussahen, sich auch einstellen würden, wenn die Leitungsfähigkeit durch elektrische Wellen herbeigeführt würde. Zu diesem Zweck wurden die Stäbe ganz blank geschabt und nun nach Fig. 2 durch den Kurzschluß der Nebenleitung die Leitfähigkeit mehrmals herbeigeführt, und darauf die Stelle unter dem Mikroskope untersucht. Es zeigten sich auch jetzt an der Berührungsstelle ähnliche schwarze Flecke; ein Unterschied mit den früher erhaltenen war an ihnen nicht zu bemerken.

9. Rührten nun diese schwarzen Flecke wirklich von einer Oxydation her? Diese Frage konnte nur dadurch beantwortet werden, daß die Fettschicht von den Aluminiumstäben entfernt und künstlich wieder hergestellt wurde. Ein Versuch, die Entfernung mit einer Sublimatlösung zu erreichen, führte nicht zu dem gewünschten Ziele. Infolge einer zu großen Stärke derselben bildete sich eine Quecksilberschicht, die nun erst ihrerseits sorgfältig entfernt werden mußte. Deshalb wurde der Kohärer durch Äther von seiner Fettschicht befreit. Als er nun, ohne mit den Händen berührt zu werden, in den Stromkreis eingeschlossen wurde, zeigte sich das für den ersten

1) P. Drude, Wied. Ann. 65. p. 485. 1898; E. Dorn, Wied. Ann. 66. p. 159. 1898.

Augenblick überraschende, aber in Wahrheit ganz natürliche Resultat, daß er vollständig ein Leiter war, und zwar war er konstant leitend bei allen Stromstärken; Erschüttern und Klopfen auf den Tisch und den Kohärer selbst vermochten ihm zunächst nicht die Leitfähigkeit zu nehmen. Aber doch stellte sich nach einer gewissen Zeit durch Erschüttern der hohe Widerstand desselben wieder ein.

Nunmehr wurde eine Fettschicht durch Rizinusöl künstlich um die Aluminiumstäbe hergestellt. Der Kohärer wurde so einjustiert, daß er, in den Stromkreis eingeschlossen, *nicht-leitend* war, durch Erschüttern wurde seine Leitfähigkeit vielmals hergestellt und hiernach die Beschaffenheit der Stifte mikroskopisch untersucht. Der positive Pol zeigte einen kleinen schwarzen Fleck, während die Kathode frei war. Der Fleck war hier zunächst kleiner als in den vorherigen Fällen, wurde aber nach fortgesetzten mehrwöchentlichen Versuchen ebenso groß wie früher, so daß er als solcher unzweideutig festgestellt werden konnte. Denn daß bei diesen mikroskopischen Vorgängen nicht sofort nach mehreren Untersuchungen ein Resultat erzielt werden konnte, lag auf der Hand. Erst vieler mehrere Wochen fortgesetzter Beobachtungen bedurfte es, um ein sicheres Resultat zu gewinnen; auch war dies nur möglich, weil die Kohärerenden sich nicht immer in ein und demselben Punkte berührten. Und ebenfalls zeigten sich wieder rotbraune Stellen, etwas heller an Farbe als die früheren, die aber unzweideutig als Kohle in sehr dünner Schicht von mir erkannt wurden. Die schwarze Stelle, ebenso wie die rotbraunen, konnten *sehr leicht* mit Fließpapier abgewischt werden. Der Umstand weiter, daß eine Veränderung der Stromrichtung ein ebensolcher Fleck, nachdem der entstandene abgewischt war, sich an dem anderen Aluminiumstifte zeigte, und am negativen Pole einzelne versprengte Kohlepartikelchen auftraten, in gleicher Weise wie beim elektrischen Bogenlicht die negative Kohle stets einzeln hinübergeschleuderte Kohlenteile zeigt, gab den untrüglichen Beweis, daß eine Verkohlung stattgefunden hatte.

Damit erscheint mir der Beweis für meine Auffassung, daß auch durch eine mechanische Erschütterung die Leitfähigkeit des Kohärrers infolge eines elektrischen Funkens sich

einstellt, erbracht und der Schluß ist wohl zulässig, daß die rotbraunen Flecke, von denen früher die Rede war, ebenfalls nichts anderes als Kohle in sehr dünner Schicht gewesen sind.

Hiernach stellt sich also der Vorgang der Leitfähigkeit so ein, daß durch eine elektrische Ausgleichung die dielektrische Fettschicht durchbrochen und eine Verkohlung derselben herbeigeführt wird, und diese Verkohlung stellt eine leitende Verbindung her, welche natürlich durch die geringste Erschütterung wieder vernichtet bez. abgeändert werden kann.

Es stellt sich also die Leitfähigkeit des Kohärrers nicht nur ein, wenn die Metalle selbst aneinander geschweißt werden, sondern auch dann, wenn nur eine Verkohlung des Zwischenmediums herbeigeführt wird und auf diese Weise eine genügende Leitung für den elektrischen Strom gewonnen ist.

10. Bei allen meinen Beobachtungen war eine Potentialdifferenz kleiner als die kritische angelegt, d. h. durch ein Öffnen und Schließen der Leitung konnte keine Leitungsfähigkeit des Kohärrers herbeigeführt werden. Wenn indessen auch die Ladung der Stifte unter der kritischen Spannung blieb, so wurde doch durch die Bewegung derselben eine derartige Potentialabstufung im Zwischenmedium und ein derartiger Verlauf der Niveauflächen herbeigeführt, daß es zu elektrischen Ausgleichungen kommen konnte und mußte.

11. Ist nun diese Leitfähigkeit ebenso konstant wie die durch elektrische Wellen? Die mitgeteilten Versuche zeigen schon, daß dies nicht der Fall ist. Wie auch schon andere Forscher gefunden haben, bestätigen meine Versuche scheinbar das Resultat, daß die Leitfähigkeit, welche durch elektrische Wellen hervorgebracht wird, stärker und konstanter ist als diejenige, welche infolge von einer Erschütterung eintritt. Wenigstens war die Leitfähigkeit sicher nicht konstant, wenn der Kohärerstrom nicht seine volle Stärke erreicht, also bei weniger starken Erschütterungen, während bei hinreichender Stärke desselben, wenn der Kohärerstrom gleich oder nahezu gleich dem Hauptstrome war, auch die Konstanz der Leitfähigkeit für ausreichend erachtet werden mußte. Ich sage scheinbar, denn in Wirklichkeit lassen meine Versuche keinen direkten Schluß darüber zu. Der Kohärer war so einjustiert, daß er für Erschütterungen eben gerade leitend war, d. h.

durch dieselben leitend werden konnte, und es ist klar, daß bei einer weniger losen Berührung der Stäbe auch eher eine Leitfähigkeit herbeigeführt wird, während die von mir benutzten Wellen, hervorgebracht durch eine Spannung von 3,76 Volt bei einer Intensität von 0,095 Amp., wohl hinreichend sein mochten, um seine dauernde und konstante Leitfähigkeit herbeizuführen. Ein wirklicher Vergleich hätte nur stattfinden können, wenn die Wellen auch nur so stark gewesen wären, um eben gerade die Leitfähigkeit eintreten zu lassen. Indessen lag es nicht in meiner Absicht, auf diesen Punkt näher einzugehen.

12. Die vorliegenden Untersuchungen können und wollen nicht alle Fälle der Leitfähigkeit, die infolge einer Erschütterung eintritt, erklären. Wie ich schon hervorgehoben habe, kommt es wesentlich auf die Beschaffenheit der Berührungsstelle an. Wenn dieselbe rauh und zackig ist, so kann recht gut durch schwingende Erschütterungen das Zwischmedium durchschlagen werden, so daß auch ohne Verkohlung eine ausreichende Leitung für den elektrischen Strom hergestellt wird. Abgesehen von diesen Fällen erscheinen mir aber nunmehr zwei große bisher völlig voneinander getrennte Gruppen, die Leitfähigkeit des Kohärers herbeizuführen, entweder durch elektrische Schwingungen oder durch einen mechanischen Einfluß, einander genähert.

Fassen wir die gewonnenen Resultate zusammen, so ergibt sich:

1. *Wenn die Leitfähigkeit des Kohärers durch eine mechanische Erschütterung herbeigeführt wird, so vollzieht sich dieselbe durch eine Verkohlung des Zwischenmediums, hervorgerufen durch eine elektrische Ausgleichung an den Kohärerenden.*

2. *Die herbeigeführte Leitfähigkeit ist der Stärke der mechanischen Schwingungen proportional.*

3. *Dieselbe ist konstant, wenn der Kohärerstrom seine volle Stärke erreicht, im anderen Falle inkonstant.*

Weitere Versuche mit anderen Stäben und dielektrischen Körpern habe ich vorbereitet und hoffe, sie bald zu vollenden.

Dessau, im Juli 1906.

(Eingegangen 23. Juli 1906.)