8. *Theoretisches und Experimentelles über den Cohärer; von E. Aschkinass.*

1. Im Jahre 1890/91 entdeckte Hr. E. Branly die Thatsache, dass ein Agglomerat von Metallspähnen und ähnlichem Material eine bedeutende Verminderung seines galvanischen Widerstandes erfährt, sobald man in der Nähe einen electrischen Funken zu Stande kommen lässt.¹⁾ Unabhängig von Branly beobachtete ich selbst im Winter 1893/94 diese Erscheinung an Stanniolgittern, die ich mir nach Art der Flächenbolometer verfertigt hatte.²⁾ Ich machte damals insbesondere darauf aufmerksam, dass diese Erscheinung ein ausserordentlich empfindliches Reagens für electrische Schwingungen darstelle. So habe ich unter anderem eine Anordnung beschrieben, mit der sich der Hertz'sche Gitterversuch ohne Schwierigkeit ausführen liess. Einige Zeit darauf zeigte ich³⁾, dass die von mir beobachteten Phänomene im wesentlichen mit den älteren Beobachtungen Branly's identisch wären, die mir zur Zeit meiner ersten Untersuchung leider unbekannt waren.

Gleichzeitig mit mir beschäftigten sich die Herren Le Royer und van Berchem⁴⁾ und Hr. Lodge⁵⁾ mit diesem Gegenstande in directer Anlehnung an Branly's Beobachtungen, indem sie die von diesem entdeckte Erscheinung zum Studium electrischer Schwingungen benutzten. Die Erstgenannten verwendeten die Methode zur Messung stehender Wellen vor einer metallischen Wand. Es ist also unzutreffend, wenn neuerdings

1) E. Branly, *Compt. rend.* 111. p. 785. 1890; 112. p. 90. 1891; *Lum. él.* 40. p. 301 u. 506. 1891.

2) E. Aschkinass, *Verh. d. Phys. Gesellsch. zu Berlin*, Jahrg. 13. p. 103. 1894.

3) E. Aschkinass, *Wied. Ann.* 57. p. 408. 1896; vgl. *Verhandl. d. Phys. Gesellsch. zu Berlin*, Jahrg. 15. p. 8. 1896.

4) A. Le Royer et P. van Berchem, *Arch. de sc. phys. et nat.* 31. p. 558. 1894.

5) O. J. Lodge, *The work of Hertz and some of his successors* 1894.

mehrfach behauptet wurde, dass die Methode zur Beobachtung stehender Wellen nicht brauchbar sei. Der Versuch misslingt allerdings, wenn ausser dem empfindlichen Widerstand auch irgend ein Theil der Stromzuführungen von electricischen Wellen getroffen wird. Man muss sich daher eines Kunstgriffes bedienen, den Le Royer und van Berchem benutzten und den ich selbst gleichfalls bei einigen Versuchen (l. c.) angegeben habe, welcher darin besteht, die Zuleitungen erst dann anzulegen, nachdem die Einwirkung der Wellen bereits stattgefunden hat. Der Einfluss solcher mit dem Widerstand verbundener Leitertheile ist in einer Anzahl neuerer Arbeiten wiederholt besprochen worden¹⁾, in denen übersehen wurde, dass diese Erscheinung bereits in meiner ersten oben citirten Mittheilung ausführlich behandelt worden ist.²⁾

Seit jener Zeit hat sich eine grosse Zahl von Forschern mit dem vorliegenden Gegenstande beschäftigt, und es ist bekannt, dass das Phänomen durch Marconi auch zur telegraphischen Zeichenübermittlung Anwendung gefunden hat. Wie mir scheint, mangelt es aber noch durchaus an einer befriedigenden Erklärung der Erscheinung. Hierauf möchte ich im Folgenden etwas näher eingehen und im Anschluss daran einige neue diesbezügliche Versuche mittheilen.

2. Die Widerstandsänderungen, um die es sich hier handelt, treten im einfachsten Falle dann auf, wenn electricische Schwingungen von genügender Intensität in *zwei* metallischen Leitern entstehen, die einander bis auf eine sehr geringe Distanz genähert sind, oder — vielleicht richtiger ausgedrückt — die mit einem so geringen Druck zur Berührung gebracht sind, dass der electricische Widerstand der Contactstelle noch ein sehr erheblicher ist. Unter dem Einfluss der electricischen Schwingungen erfährt dieser Widerstand dann eine sehr beträchtliche Verminderung. Die von Branly selbst geäusserte Anschauung, es könnte hierbei das die beiden Leiterstücke trennende und zunächst electricisch isolirende Medium eine Zu-

1) Vgl. z. B. A. Slaby, Die Funkentelegraphie, Verhandl. d. Ver. z. Bef. d. Gew.fl. Jahrg. 1897, p. 184; M. Latrille, Wied. Ann. 65. p. 413. 1898.

2) E. Aschkinass, Verhandl. d. Phys. Gesellsch. zu Berlin, Jahrg. 13. p. 106. 1894.

standsänderung erleiden, durch welche es sich in einen Leiter verwandelt, scheint mir in dieser Form zu wenig präcisiert zu sein, um als Erklärungsversuch gelten zu können. Dasselbe gilt für eine andere Auffassung, nach welcher die Leitung durch Richtkräfte magnetischer Natur veranlasst sein soll.

Hr. Lodge hat die Ansicht ausgesprochen, dass die Erscheinung durch die Bildung von Fünkchen zu Stande käme, welche ihrerseits die gegenüberstehenden Metalltheilchen zusammenschweissen sollen, nachdem sie eventuell eine isolirende Trennungsschicht durchbrochen haben. Auf Grund dieser Anschauung hat Hr. Lodge jenem Beobachtungsmittel den Namen „Cohärer“ gegeben, eine Bezeichnung, die von den meisten Forschern adoptirt worden ist. Ich werde daher diese Bezeichnung im Folgenden beibehalten, indem ich mit diesem Worte aber nur die beobachtete Thatsache kennzeichnen will, dass die Beschaffenheit des Contactes zwischen den beiden Metalltheilen unter dem Einfluss electricischer Wellen geändert wird. Ich werde nämlich darzulegen versuchen, dass die Hypothese von Lodge nicht im Stande ist, von den hier in Betracht kommenden Erscheinungen in befriedigender Weise Rechenschaft zu geben. Es sind allerdings anlässlich der Marconi'schen Versuche wiederholt Darstellungen von diesem Gegenstand veröffentlicht worden, in denen irrthümlicherweise von der Lodge'schen Theorie als von einer völlig erwiesenen Sache die Rede ist. Man wird jedoch unter Berücksichtigung der einschlägigen Literatur von vornherein zugeben können, dass bisher sehr wenig thatsächliches Material beigebracht ist, um die Richtigkeit jener Hypothese zu beweisen. Es scheint mir aus diesem Grunde auch *nicht zweckmässig* zu sein, für den Cohärer eine Bezeichnung zu wählen, welche — wie z. B. der mehrfach gebrauchte Ausdruck „Fritter“ — unmittelbar auf den Voraussetzungen dieser Theorie basirt, und welche daher ihren Sinn verlieren würde, wenn sich letztere als unzutreffend erwiese.

Die Anschauung von Lodge ist von anderen Seiten noch dahin modificirt worden, dass man die maassgebende Wirkung der Fünkchen an den Contactstellen in Zerstäubungen des Metalles oder in der Erzeugung leitender Brücken erblicken wollte.

Vor kurzem ist von Hrn. Auerbach ¹⁾ noch eine weitere Auffassung vertreten worden, nach welcher mechanische Pulsationen, zu denen die Contactkörper im Felde elektrischer Schwingungen angeregt werden, in Verbindung mit einer Adhäsionswirkung dieselben zu einer neuen Gleichgewichtslage führen sollen, bei welcher der Contact inniger ist.

3. Ich möchte nun zunächst auf eine Thatsache hinweisen, der, wie mir scheint, bei allen diesen Erklärungsversuchen nicht die genügende Beachtung zu Theil geworden ist. Hr. Branly erwähnt nämlich bereits ²⁾, dass gewisse Substanzen unter dem Einfluss electrischer Schwingungen ein Verhalten zeigen, das dem des gewöhnlichen Cohärers gerade entgegengesetzt ist. Bei ihnen tritt in derselben Weise eine beträchtliche Widerstandsvergrößerung auf, die auch erst durch äussere Mittel wieder aufgehoben wird. Ich selbst konnte diese Thatsache an einigen Stücken platinirten Glases beobachten ³⁾; indessen verhielten sich unter einer grossen Menge von Stücken dieses Materials nur einige wenige in der angegebenen Weise. Die anderen reagirten überhaupt nicht auf die electrischen Einflüsse, ohne dass man sonst eine Verschiedenheit in ihren Eigenschaften bemerken konnte. Wie hieraus hervorgeht, und wie man schon nach der Art der Herstellung dieses Materials erwarten kann, hat man es gerade bei letzterem mit sehr complicirten Verhältnissen zu thun, sodass es fürs erste nicht empfehlenswerth erschien, dasselbe für weitere Studien zu benutzen. Platinirtes Glas wird auch von Hrn. Branly unter den Substanzen erwähnt, bei denen er die Widerstandsvergrößerung beobachten konnte. Doch giebt er gleichfalls an, dass die Erscheinung hier sowohl wie bei einigen anderen Stoffen nicht immer gleichmässig auftrat. Nur Bleisuperoxyd (PbO_2), welches bekanntlich zu den „metallischen“ Leitern der Electricität gehört, machte eine Ausnahme: bei diesem erhielt Branly *regelmässig* eine Widerstandsvergrößerung.

Auf Grund neuerer Beobachtungen kann ich diese letzte Angabe vollkommen bestätigen. Füllt man z. B. ein Glas-

1) F. Auerbach, Wied. Ann. **64**. p. 611. 1898.

2) E. Branly, Lum. él. **40**. p. 511. 1891.

3) E. Aschkinass, Verhandl. d. Phys. Gesellsch. zu Berlin, Jahrg. 13. p. 109. 1894.

röhrchen, das an den Enden mit metallischen Electroden versehen ist, mit PbO_2 unter geeignetem Druck, sodass der Widerstand etwa 10—100 Ohm beträgt, so erhält man unter dem Einflusse electrischer Schwingungen regelmässig eine Zunahme des Widerstandes, die bei wenig intensiven Einwirkungen bisweilen nur mehrere Ohm beträgt, bei stärkeren aber auch oft die Leitung gänzlich unterbricht. Uebrigens erfolgt die Widerstandsänderung hier in der Regel ebenso sprungweise, wie bei der normalen Cohärerwirkung, sodass es kaum einem Zweifel unterliegen kann, dass das Wesen des Vorganges in beiden Fällen auf die gleichen Ursachen zurückzuführen ist. Dasselbe gilt auch von dem früher beobachteten Verhalten einiger Platinspiegel. Um den Versuch mit Bleisuperoxyd nach stattgefundener Widerstandsänderung wiederholen zu können, muss man, wie bei den gewöhnlichen Cohärern, die Röhre erschüttern.

Ich habe neuerdings noch eine zweite Substanz gefunden, die unter dem Einfluss electrischer Erregungen regelmässig eine Widerstandsvergrösserung aufweist, nämlich das gut leitende Schwefelmetall Kupfersulfid (CuS). Allerdings schien es mir bisher mit viel geringerer Empfindlichkeit zu reagiren.

Man muss hiernach, meine ich, von einer befriedigenden Theorie des Cohärsers verlangen, dass sie auch von diesem, dem gewöhnlich zu beobachtenden entgegengesetzten Verhalten, den Widerstandsvermehrungen, Rechenschaft zu geben vermag.

4. Wenn man nun diese Erscheinung vom Standpunkt der Lodge'schen Theorie aus deuten wollte, also auch hier Funkenbildung mit Zerstäubungen etc. annähme, so würde man damit sagen, dass die Fünkchen mechanische Bewegungen leitender Partikel zur Folge haben, sodass der Widerstand in einigen Fällen kleiner, in anderen grösser wird. Thatsächlich kann man ja auch leicht beobachten, dass durch einen dem Auge sichtbaren Funken von den Elektroden Theilchen losgerissen werden und ähnliche Veränderungen eintreten. Ich meine, dass man dann nach dieser Theorie erwarten müsste, dass sich bei ein und demselben Cohärer infolge jener ganz unregelmässig verlaufenden Vorgänge der Widerstand bald vergrössern, bald verkleinern würde, zumal wenn man bedenkt, dass ausser Schmelzungen und Zerstäubungen auch

noch andere, thermische und chemische Wirkungen bei der Funkenentladung zu Stande kommen. In Wirklichkeit beobachtet man aber bei der einen Art stets eine Abnahme, bei der anderen (z. B. PbO_2) stets eine Zunahme des Widerstandes, vorausgesetzt wenigstens, dass man nicht zu starke electriche Erregungen einwirken lässt. Man wird zum mindesten behaupten können, dass man auf Grund der Lodge'schen Theorie das regelmässig umgekehrte Verhalten von Bleisuperoxyd etc. nicht hätte voraussagen können.

Was fernerhin die Theorie von Hrn. Auerbach betrifft, so sehe ich gleichfalls nicht ein, wie dieselbe die hier beobachteten Phänomene zu erklären vermöchte.

5. Nun hat vor kurzem Hr. Arons Beobachtungen mitgetheilt¹⁾, welche scheinbar die Theorie von Lodge zu stützen im Stande sind. Er beobachtete Cohärer, die in üblicher Weise aus Metallpulvern gebildet waren, mittels des Mikroskops und konnte unter dem Einfluss electriche Schwingungen tatsächlich Funken und Bewegungen der Theilchen wahrnehmen. Ich kann indessen auch in diesen Versuchen keinen Beweis für die Richtigkeit jener Theorie erblicken. Hr. Arons benutzte nämlich zur Erregung der Cohärer die starken Schwingungen, die längs eines Lecher'schen Drahtsystems verlaufen. Dass bei so starken Erregungen an discontinuirlichen Leitern Funken zu sehen sind, ist ja eine wohlbekannte Thatsache, die auch bei der Lecher'schen Anordnung häufig als Beobachtungsmittel gedient hat. Um solche Funken wahrzunehmen, bedarf es unter Umständen nicht einmal des Mikroskops, auch für das unbewaffnete Auge sind sie deutlich sichtbar. Ja, es ist nicht einmal die Benutzung des Lecher'schen Systems dazu erforderlich. Ich stellte z. B. einen dem Arons'schen analogen Versuch an, indem ich zwei Nähnadeln mit ihren Spitzen einander gegenüberstellte. Die eine Nadel war in einem besonderen Stativ fest aufgestellt, die andere war auf einem nach mehreren Richtungen mikrometrisch verstellbaren Objecttisch eines Mikroskops befestigt und konnte auf diese Weise der ersteren allmählich so weit genähert werden, dass an der Berührungsstelle eine deutliche Cohärerwirkung ein-

1) L. Arons, Wied. Ann. **65**. p. 567. 1898; vgl. auch D. van Gulik, Wied. Beibl. **21**. p. 140. 1897; Wied. Ann. **66**. p. 136. 1898.

treten konnte. Die Spitzen der beiden Nadeln befanden sich im Gesichtsfeld des Mikroskops. Erzeugt man kräftige Schwingungen, z. B. in einem mit grossen Capacitäten versehenen Lecher'schen Erreger, der sich etwa $\frac{3}{4}$ Meter entfernt befinden kann, so beobachtet man unter dem Mikroskop ein lebhaftes Funkenspiel. Dasselbe ist der Fall auch bei Anwendung eines kleinen Erregers, wenn man von demselben einen Draht bis auf einige Centimeter an die Nadeln heranzuführt. Die Funken werden besonders intensiv, sodass sie mit blossen Auge ganz deutlich zu sehen sind, wenn man mit einer der Nadeln — oder mit beiden — eine Drahtspule von grösserer Windungszahl verbindet.

Vielfach tritt nun auch nach meinen Beobachtungen die Cohärerwirkung gleichzeitig mit dem Zustandekommen von Funken auf, zumal wenn letztere wenig intensiv sind. Von einer Regelmässigkeit, wie sie sich bei schwächeren Erregungen immer zeigt, war aber bei der eben beschriebenen Anordnung keine Rede. Vor allem, wenn die Funken in beträchtlicher Intensität auftraten, erhielt man bald Verminderung, bald Vergrösserung des Widerstandes; bald waren diese Aenderungen permanent, bald nahm der Widerstand sofort nach Unterbrechung der Erregerfunken seinen ursprünglichen Werth an; oft zeigten sich Funken, ohne dass überhaupt eine Widerstandsänderung eintrat, etc. Sobald man aber zu schwächeren Erregungen überging, wurden in bekannter Weise immer permanente Widerstandsvermindernngen erhalten. Von Funken war jetzt aber auch bei keiner Vergrösserung etwas wahrzunehmen.

Die Angaben von Hrn. Arons stimmen mit diesen Beobachtungen in allen wesentlichen Punkten überein. Die beobachteten *Thatsachen* lassen sich also sowohl nach Hrn. Arons' wie nach meinen eigenen Wahrnehmungen folgendermaassen zusammenfassen: bei schwachen Erregungen tritt — bei dem benutzten Material — ausnahmslos eine Widerstandsvermindernng ein, während an den Contactstellen keine Funken, Schmelzungen oder mechanische Bewegungen zu sehen sind; bei starken Erregungen dagegen sind Funken etc. sichtbar, während der Widerstand in unregelmässiger Weise beeinflusst wird. Wie mir scheint, wird man hiernach unter

Berücksichtigung meiner obigen Auseinandersetzungen ohne weiteres zu folgender Deutung dieser Versuche geführt: die spezifische Cohärerwirkung ist in völliger Reinheit nur bei schwachen Erregungen zu beobachten; wenn die letzteren sehr kräftig werden, lagern sich über die eigentliche Cohärererscheinung andere Wirkungen, welche durch die bekannte Funkenbildung an den Contactstellen veranlasst den Leitungswiderstand gleichfalls, aber in unregelmässiger Weise beeinflussen müssen und daher die eigentliche Cohärerwirkung leicht verdecken können.

Wenn man aber selbst in allen Fällen das Auftreten von Funken aus Continuitätsgründen annehmen wollte — was mir aber durchaus nicht ohne weiteres zulässig zu sein scheint — so bliebe gerade wegen der zuletzt beschriebenen Versuche noch der Nachweis zu führen, ob die Cohärererscheinung durch diese Funken wirklich bedingt wäre, und, falls letzteres zuträfe, welche der mannichfachen, zum Theil noch wenig aufgeklärten Begleiterscheinungen einer Funkenentladung hier als maassgebend zu betrachten sei.

Einen weiteren Einwand gegen die Lodge'sche Theorie erblicke ich in der Thatsache, dass ein Cohärer noch in unveränderter Weise auf electrische Schwingungen reagirt, nachdem die ihn umgebende Luft mittels der Pumpe so vollständig weggeschafft worden ist, dass Entladungen eines Inductoriums durch das entstandene Vacuum nicht mehr hindurchgehen können. Ein solcher Versuch wird weiter unten (§ 9) genauer beschrieben werden. Um das Ergebniss desselben mit der „Funkentheorie“ in Uebereinstimmung zu bringen, müsste man erst wieder die neue Hypothese machen, dass die Funken gar nicht in dem gasverdünnten Raume, sondern in irgend welchen Oberflächenschichten zu Stande kämen.

6. Es liegt, wie mir scheint, die Vermuthung nahe, dass die Cohärerwirkung speciell bei Bleisuperoxyd durch eine chemische Umwandlung zu Stande käme. Die Theorie von Lodge würde sagen, dass die letztere secundär durch die Wärme der Fünkchen bedingt sei. In der That zersetzt sich PbO_2 durch Erwärmen in Mennige bez. Bleioxyd, die bekanntermaassen den Strom sehr schlecht leiten. Wie ich mich indessen durch den Versuch überzeugte, bedarf es einer

recht intensiven und ziemlich langdauernden Temperatursteigerung, um bei der gewählten Anordnung eine permanente Widerstandsänderung von merklichem Betrage zu erzielen. Wenn dieselbe dann schliesslich stattgefunden hat, so kann man die chemische Umwandlung sowohl an der hier und dort auftretenden Gelbfärbung constatiren, wie an der lebhaften Entwicklung von Sauerstoff, der über Wasser oder Quecksilber aufgefangen wurde. Bei diesem Versuch war das Bleisuperoxyd mit *ziemlich starkem Druck* in ein Glasrohr von etwa 10 cm Länge und $\frac{1}{2}$ qcm Querschnitt eingefüllt, sodass sein ursprünglicher Widerstand ca. 20 Ohm betrug; die Erwärmung geschah mittels eines Bunsenbrenners. Unmittelbar vorher wurde dasselbe Rohr der Einwirkung electricischer Schwingungen ausgesetzt. Wenn dieselben auch nur während eines Bruchtheiles einer Secunde einwirkten, stieg der Widerstand oft auf mehr. als 10000 Ohm, eine sichtbare Veränderung der Substanz oder eine Gasentwicklung war dagegen auch bei langandauernder Einwirkung nicht wahrzunehmen. Diese Parallelversuche liefern demnach keine Stütze für die Anschauung, dass die Cohärerwirkung hier durch chemische Processe hervorgerufen würde, die durch die Wärme der von Lodge angenommenen Fünkchen zu Stande kämen. Allerdings muss zugegeben werden, dass man aus den Versuchen auch noch keinen Beweis gegen die Richtigkeit dieser Auffassung herleiten kann. Immerhin müsste man es als höchst willkürlich bezeichnen, hier nicht mehr die mechanischen, sondern die chemischen Wirkungen des Funkens zur Erklärung heranzuziehen.

7. Ich selber hielt es eine Zeit lang nicht für ausgeschlossen, dass die Cohärererscheinung allgemein durch chemische Vorgänge zu erklären wäre, welche möglicherweise als secundäre Wirkungen aufträten, vielleicht aber auch primär durch die electricischen Schwingungen veranlasst wären, in analoger Weise, wie solche Zersetzungen von A. von Hemptinne¹⁾ bei einer Anzahl Substanzen nachgewiesen worden sind. Die normale Cohärerwirkung, bei der der Widerstand kleiner wird, wäre dann vielleicht hervorgerufen durch Zersetzung der Ober-

1) A. von Hemptinne, Zeitschr. f. physik. Chem. 25. p. 284. 1898.

flächen-(Oxyd-)Schicht, die an den Metallen haftet. Es finden sich in der Literatur mehrfach Angaben darüber, dass die Oberflächenbeschaffenheit der zu den Cohären benutzten Metalle von wesentlichem Einflusse auf die Erscheinung sei, und dass mit Metallen, deren Oberfläche längere Zeit rein bleibt, wie Platin, Silber, Gold, die Cohärerwirkung nicht zu erhalten sei.¹⁾ Eingehendere Mittheilungen über diesbezügliche Versuche habe ich indessen nirgends finden können. Aus diesem Grunde und aus den oben genannten theoretischen Erwägungen habe ich über diesen Punkt selber einige Versuche angestellt.

Ich beschickte ein Röhrchen mit chemisch reinem (electrolytischem) Siberpulver, ein zweites mit kleinen Platinstücken (Centigrammgewichten); die Stromzuführungen wurden von Platindrähten gebildet. Wenn man sich in derselben Weise aus Spähnen oder Pulvern von beliebigen anderen Metallen solche Cohäerröhrchen herstellt, so muss man ja in der Regel das Ganze zunächst etwas durcheinanderschütteln, bevor es in befriedigender Weise reagirt. Der ganze Unterschied, den ich nun bei den Cohären aus Edelmetallen gefunden habe, war der, dass man hier etwas mehr Mühe hat durch solches Schütteln den geeigneten Zustand derselben, d. h. die richtige gegenseitige Lage der einzelnen Theilchen herbeizuführen. War dieser Zustand aber erreicht, so gaben diese Cohären denen aus anderem Material in keiner Beziehung etwas nach. Zu dem gleichen Resultate führte ein Versuch, bei dem zwei dünne Blechstreifen aus Platin, die einander mikrometrisch genähert werden konnten, vor der Einwirkung der electricen Wellen in einer Wasserstoffatmosphäre electricisch geglüht wurden.

Die eingehendsten diesbezüglichen Versuche wurden aber mit Kupfer angestellt. Bekanntlich lässt sich die Oberfläche dieses Metalles sehr leicht und vollständig reduciren, wenn man es in glühendem Zustande in Methylalkohol taucht. Wegen dieses Verhaltens findet das Kupfer ja eine so wichtige Verwendung in der analytischen Chemie. Ich reducirte also in dieser Weise ein Quantum Kupferspähne, die portionenweise in einem Kupferdrahtnetz mittels der Gebläselampe geglüht

1) Vgl. z. B. A. Slaby, l. c. p. 162; P. Drude, Wied. Ann. 65. p. 486. 1898.

wurden. Nachdem sie dann in den Alkohol hineingeworfen waren, zeigten sie das bekannte goldrothe Aussehen des reinen Kupfers. Sie wurden nun an der Luft schnell getrocknet und in ein Glasröhrchen gefüllt. Kupferdrähte, die in derselben Weise zuvor reducirt waren, bildeten die Stromzuführungen. Das Versuchsergebniss war wieder das nämliche: immer gelang es nach einigem Bemühen, eine gute Cohärerwirkung zu erzielen.

8. Um das Kupfer nach dem Reductionsprocess überhaupt nicht mehr mit der Atmosphäre in Berührung zu bringen, wurde derselbe Versuch in noch einwandsfreier Form folgendermaassen ausgeführt. Aus 3 mm starkem Kupferdraht wurden zwei Stücke A_1 und A_2 von nebenstehender Form zurechtgebogen (Fig. 1). An den flach geschlagenen Enden E_1 , E_2 wurden beide auf einer Theilmaschine — durch geeignete Ebonitzwischenlagen von dieser electrisch isolirt — mittels starker Klammern

Fig. 1.

befestigt und zwar A_2 an dem starken festen Rahmen derselben, A_1 an dem mikrometrisch beweglichen Schlitten. An die Klammern waren die Zuführungsdrähte zum Stromkreis angelöthet. Auf diese Weise konnten die etwas zugespitzten Enden S_1 , S_2 einander auf beliebige Distanz genähert, bez. mit beliebigem Druck zusammengeschoben werden. Zunächst waren die Stücke mit einer deutlich sichtbaren Oxydschicht bedeckt; bei passender Einstellung, die sehr schnell gefunden war, reagirte diese Vorrichtung in sehr exacter und empfindlicher Weise als Cohärer. Ich überzeugte mich nun, dass hieran nichts geändert wurde, als ich eine Glasschale G mit reinem Methylalkohol (acetonfrei) so unter-schob, dass die Enden S_1 , S_2 vollständig in die Flüssigkeit eintauchten. Nun wurden die Kupferstücke, nachdem sie etwas auseinander geschoben waren — vornehmlich an den Enden S_1 , S_2 — mittels einer Gebläselampe zu heller Gluth erhitzt, und schnell die Glasschale G mit Methylalkohol untergeschoben. Es bedurfte nun allerdings eines etwas längeren Zeitraumes, ehe man durch Verschieben des Schlittens die richtige Einstellung getroffen hatte, bei der eine Cohärerwirkung eintrat, aber so oft der Versuch auch wiederholt wurde, gelang dies ausnahmslos nach einigem Bemühen.

Ich schliesse aus diesen Versuchen, dass das Vorhandensein einer Oxydschicht nur den Einfluss hat, dass die Entfernung der Metalltheile an den Contactstellen oder der Druck, mit dem sie aneinander liegen, innerhalb weiterer Grenzen variiren darf, um eine Cohärerwirkung zu erzielen, als wenn die Oxydschicht nicht vorhanden ist, dass dieselbe aber mit dem eigentlichen Wesen der Erscheinung unmittelbar nichts zu thun hat.

9. Es lag im Zusammenhang dieser Erwägungen noch die Möglichkeit vor, dass die an der Oberfläche eines Cohäriers adsorbirten Gasschichten von maassgebendem Einflusse wären. Ein solcher Einfluss war jedoch durchaus nicht nachzuweisen. Es wurde nämlich eine mit eisernen Schraubchen (bez. bei einem zweiten Versuch mit Kupferspähen) gefüllte Glasröhre *R* (Fig. 2) an eine Luftpumpe (von Sprengel'schem Typus) angeschmolzen; als Electroden waren Platindrähte eingeschmolzen. Mit derselben stand ferner zur Vacuumprobe eine gewöhnliche Entladungsröhre *T* in Verbindung. *R* gab zunächst

Fig. 2.

bei Atmosphärendruck gute Cohärerwirkung. Nun wurde mehrere Tage lang unter beständigem starken Erhitzen der Glaswände und der Cohärierschrauben ausgepumpt. Schliesslich war durch weiteres Erhitzen eine merkliche Gasentwicklung nicht mehr wahrzunehmen; in dem Rohr *T* kamen keine Entladungen mehr zu Stande, vielmehr fand der Spannungsausgleich in einer parallel geschalteten Funkenstrecke von 4–5 cm Länge statt. Das Rohr *R* reagirte aber noch in unveränderter Weise als Cohärer.¹⁾ Es ist nun allerdings

1) Ueberhaupt konnte im Verlauf des Versuches nicht wahrgenommen werden, dass sich das Verhalten des Cohäriers mit dem Gasdruck änderte. Das von Marconi empfohlene Auspumpen halte ich daher für belanglos (vgl. A. Slaby, l. c. p. 187).

Eine Prüfung des Cohäriers konnte bei dieser Versuchsanordnung immer nur vorgenommen werden, nachdem die Luftpumpe zuvor abgestellt und darauf das Rohr erschüttelt war. Solange jene in Thätigkeit blieb, war der Cohärerwiderstand immer sehr klein. Wie ich mich überzeugte, rührte dies von den bekannten Entladungen her, welche

zuzugeben, dass auch bei dem hier beschriebenen Versuche eine *vollständige* Entfernung der an der Oberfläche haftenden Gashaut kaum erzielt worden ist, wenn man die älteren Erfahrungen einiger Forscher berücksichtigt, nach denen dies durch das benutzte Verfahren überhaupt nicht zu erreichen ist. Aber der Umstand, dass der Cohärer überhaupt keine Veränderung in seinem Verhalten aufwies, macht es doch recht unwahrscheinlich, dass die adhärende Gasschicht eine maassgebende Rolle spielen sollte.

10. In den bisher erschienenen Arbeiten über das Cohärerphänomen ist meiner Meinung nach ein Umstand noch nicht genügend berücksichtigt worden, der sowohl in der ersten Branly'schen Arbeit wie in meiner eigenen ersten Untersuchung erwähnt wird. Ich meine die Thatsache, dass, wenn der hohe Anfangswiderstand durch electriche Einflüsse einen sehr kleinen Werth erreicht hat, der ursprüngliche Widerstand nicht nur durch mechanische Erschütterung, sondern auch durch Erwärmung wieder hergestellt werden kann. So ist Hrn. O. Leppin entgangen¹⁾, dass dieses Verhalten bereits längst bekannt ist; mit der *temporären* Widerstandserhöhung eines metallischen Leiters durch Temperatursteigerung hat die Erscheinung aber offenbar nichts zu thun. Die Versuche von Branly und ebenso von mir waren gewöhnlich in der Weise angestellt, dass ein Bunsenbrenner in die Nähe des Cohärrers gehalten, derselbe also von der erwärmten Luft umspült wurde. Es zeigt sich übrigens im allgemeinen, dass die Erwärmung um so geringer zu sein braucht, je empfindlicher der Cohärer für electriche Wellen ist; derselbe Zusammenhang gilt ja auch für die Rückkehr durch mechanische Erschütterung.²⁾ Oft genügen daher bereits äusserst geringe Erwärmungen. Schon Branly giebt an, dass er die Wirkung bisweilen durch die Wärme der Hand erzielen konnte. Hieraus geht schon mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit hervor, dass diese Wirkung der Wärme nicht dadurch bedingt ist, dass der veränderte Zustand eines Cohärrers

zwischen dem Quecksilber und den Glasröhren in der Pumpe vor sich gehen infolge der Potentialdifferenzen, die durch die Reibung des sich bewegenden Quecksilbers entstehen.

1) O. Leppin, Wied. Ann. 65. p. 888. 1898.

2) E. Aschkinass, Wied. Ann. 57. p. 410. 1896.

bei einer höheren Temperatur nicht bestehen kann. Es schien mir aber dennoch nicht überflüssig zu sein, hierüber einige Versuche anzustellen. Die Frage war, ob ein Cohärer, der sich auf einer beträchtlich höheren Temperatur als der des Zimmers befindet, noch unverändert reagirt.

Ein U-Rohr aus Glas (Fig. 3) wurde mit Metallspähnen (eisernen Nägeln etc.) beschickt. Die Schenkel desselben waren durch Korkstopfen verschlossen, durch die je ein Kupferdraht als Electrode zu den Spähnen hinunterführte. Das Rohr wurde in ein Becherglas mit Wasser soweit hineingesenkt, dass nur die Enden herausragten. Nun wurde das Wasser erhitzt und längere Zeit auf Siedetemperatur gehalten. Auch jetzt reagirte das Rohr in unveränderter Weise als ein guter Cohärer; die eingetretene Widerstandsänderung konnte in der üblichen Weise sowohl durch Klopfen rückgängig gemacht werden, wie durch eine weitere Erwärmung, die nach Entfernung des Wasserbades mittels eines Bunsenbrenners vorgenommen wurde. Dasselbe Resultat lieferte ein Versuch, bei dem das U-Rohr durch einen in geringer Entfernung darunter gestellten Bunsenbrenner längere Zeit auf 200° gehalten wurde. Es folgt also, dass für das geschilderte Verhalten des Cohäfers nur der Vorgang der Temperaturänderung maassgebend ist, nicht das Vorhandensein einer hohen Temperatur.

Fig. 3.

Im Verlauf dieser und anderer Versuche wurde oft die folgende Beobachtung gemacht, die man ja nach dem genannten Resultat im voraus erwarten musste: wenn man den Cohärer, während die Temperatursteigerung vor sich ging, erregte, so nahm der hierdurch verringerte Widerstand spontan ohne sonstige äussere Beeinflussung seinen ursprünglichen Werth an, sobald die Erregung aufhörte. Ich glaube, dass man diese Erscheinung bei dem Gebrauche des Cohäfers, z. B. für die Funkentelegraphie verwerthen könnte, wodurch der automatische Klopfer entbehrlich würde. Man müsste allerdings eine vortheilhaftere Anordnung als die oben beschriebene treffen, durch welche ein regelmässiges Functioniren in dieser Beziehung gewährleistet wäre.

Nebenbei sei bemerkt, dass der Einfluss einer Erwärmung unverändert bestehen bleibt, wenn sich der Cohärer im Vacuum befindet, wie ich bei der Anordnung des § 9 constatirte.

Bei derartigen Versuchen über den Einfluss von Temperaturerhöhungen, wie ich sie soeben beschrieben habe, wird das zu beobachtende Phänomen bisweilen leicht verdeckt durch die bekannte temporäre Aenderung der Leitfähigkeit discontinuirlicher Leiter mit der Temperatur. Infolge der thermischen Ausdehnung der einzelnen Theile wird ja hier bekanntermaassen ein besserer Contact hergestellt und dadurch der Widerstand verringert. Wenn sich daher bei den obigen Versuchen der Cohärer schon bei Zimmertemperatur in einem solchen Zustand befand, dass er gut ansprach, und man darauf zu der hohen Temperatur überging, so war bei der letzteren der Widerstand häufig schon von selber sehr klein, sodass man zunächst keine Cohärerwirkung mehr erzielen konnte; dies gelang dann jedoch immer, nachdem man die Metalltheile, ohne sie abzukühlen, etwas durcheinander geschüttelt hatte. Aus demselben Grunde gelang es anfangs überhaupt nicht, bei der in § 8 beschriebenen Anordnung auf der Theilmachine mit zwei -förmigen Kupferstücken, vor allem wenn dieselben reducirt waren, die Rückkehr zum Anfangswiderstand durch Temperaturerhöhung zu bewirken. Es wurde dabei nämlich anfänglich eine Flamme oder auch ein nur wenig erwärmtes Blech der Contactstelle genähert. Dies hatte zur unmittelbaren Folge, dass die Berührung eine innigere wurde, der Widerstand daher klein blieb und, solange das Ganze sich nicht völlig abgekühlt hatte, auch durch die übliche Erschütterung nicht auf seinen ursprünglichen Werth zurückgebracht werden konnte, den er vor der electricischen Einwirkung besass. Dementsprechend wurde der Widerstand auch augenblicklich sehr klein, wenn man vor jeder Einwirkung electricischer Wellen einen warmen Körper in die Nähe brachte. Es liegt ja auf der Hand, dass eine Anordnung, wie sie im § 8 beschrieben wurde, für ganz geringe Temperatureinflüsse in dieser Weise äusserst empfindlich sein muss. Die gesuchte Erscheinung lässt sich aber auch bei dieser Anordnung beobachten, wenn die Flamme des Bunsenbrenners nur etwa 1 sec lang an einen

Punkt der Kupferstücke herangebracht wird, der von der Contactstelle um mehrere Centimeter entfernt ist.¹⁾

11. Die Erklärung für den geschilderten Einfluss, den eine Erwärmung auf den durch electricische Wellen verringerten Widerstand des Cohärens hat, scheint auf den ersten Blick kaum auf Schwierigkeiten zu stossen: aus der thermischen Ausdehnung der Metalltheile resultirt eine gegenseitige Verschiebung derselben, wodurch der Contact an manchen Stellen zerstört wird, sodass die Leitfähigkeit des Ganzen verringert erscheint. Vor allem müssten die Theorien von Lodge, Auerbach etc., wie mir scheint, das Phänomen in dieser Weise deuten. Zu Bedenken könnte allerdings wieder die Regelmässigkeit des Endzustandes bei einem so unregelmässig verlaufenden Vorgang Veranlassung geben, vor allem im Hinblick darauf, dass die Erscheinung auch bei einer einzigen

1) Mit geringerer Schwierigkeit war jener Einfluss der Erwärmung bei einer anderen Form eines Cohärens mit nur einer Contactstelle wahrzunehmen, deren ich mich in manchen Fällen mit Vortheil bedient habe. Diese Ausführung hat eine gewisse Aehnlichkeit mit einer von Hrn. v. Lang angegebenen Construction (Wied. Ann. 57. p. 34. 1896) und besteht aus einem U-Rohr von Glas (vgl. Fig. 4), auf dessen offene Schenkel zwei Kappen K_1 , K_2 gekittet sind. Das Rohr ist bis zu einer passenden Höhe mit Quecksilber gefüllt. K_2 trägt einen unten etwas zugespitzten Stift s ; dieser bildet in Berührung mit der gegenüberstehenden Quecksilberkuppe den empfindlichen Contact. Das Niveau des Quecksilbers wird mit Hülfe der Schraube R , die den kleinen in das Quecksilber eintauchenden Kolben q trägt, einregulirt, in derselben Weise, wie bei manchen Gefässbarometern das Niveau des Bassins auf den Nullpunkt der festen Scala eingestellt wird. Die Stromzuführung vermitteln die Klemmen u_1 , u_2 . Die Kappen enthalten noch je eine Bohrung r_1 , r_2 , durch welche eine Communication mit der äusseren Luft hergestellt wird, damit die Beweglichkeit des Quecksilbers sich bei der Einstellung nicht ändert; wenn der Apparat nicht gebraucht wird, kann man die Bohrungen r_1 , r_2 durch kleine Schnittschrauben verschliessen. Sämmtliche Metalltheile sind aus Eisen gefertigt. Wenn dieser Cohärer gut fixirt und gegen Temperaturschwankungen einigermaassen geschützt ist, functionirt er recht gut; vor allem ist er mit grosser Leichtigkeit einzureguliren.

Fig. 4.

Contactstelle auftritt. Ich möchte aber im Folgenden einige weitere Beobachtungen mittheilen, die mir zu beweisen scheinen, dass jene Deutung des Vorganges kaum zutreffend sein dürfte.

Zunächst sollte man dann doch wohl erwarten, dass eine Abkühlung, die ja ein Zusammenziehen der Theilchen herbeiführt, a fortiori den gleichen Effect wie eine Erwärmung haben müsste. Ich nahm einen Cohärer von der in § 10 (Fig. 3) beschriebenen Form (U-Rohr). Durch electricische Schwingungen von einer 2—3 m entfernten Funkenstrecke aus wurde der Widerstand auf einen sehr kleinen Werth gebracht. Nun wurde ein mit kaltem Wasser gefülltes Becherglas so unter das U-Rohr geschoben, dass dasselbe genügend weit eintauchte. Die Zimmertemperatur betrug 17° . Mit der Wassertemperatur wurde schliesslich bis auf 0° herabgegangen, aber niemals wurde der Cohärerwiderstand merklich beeinflusst. Während dieser Versuche überzeugte ich mich immer in kurzen Zeitintervallen, dass der Cohärer auf electricische Wellen, darauf folgende Erschütterung oder geringe Erwärmung (um $5\text{--}10^{\circ}$ über Zimmertemperatur) gut reagirte. Vor der Benutzung eines Bades wurde der Cohärer natürlich immer erst wieder auf Zimmertemperatur gebracht. Ich ging mit der Temperaturerniedrigung nun noch weiter, indem ich das Becherglas mit Aether füllte, der durch Kohlensäureschnee abgekühlt war, sodass schliesslich eine Erniedrigung um beinahe 100° (auf -80°) angewandt wurde. Der Widerstand des Cohärsers wurde indessen hierdurch niemals beeinflusst; es wurde dabei selbstverständlich sorgfältig darauf geachtet, dass bei den betreffenden Manipulationen eine Erschütterung des Cohärsers vermieden war. Denn auch wenn sich derselbe im Kältebade befand, bewirkte eine geringe Erschütterung augenblickliche Rückkehr zum ursprünglichen hohen Widerstande. Gegen Temperaturerhöhung war derselbe Cohärer übrigens ausserordentlich empfindlich. Durch Benutzung von Wasserbädern in derselben Weise, wie es oben für tiefe Temperaturen beschrieben wurde, konnte ich feststellen, dass in vielen Fällen ein Bad von 19° , d. h. nur um 2° über Zimmertemperatur, ausreichend war, um die Widerstandsänderung rückgängig zu machen.

12. Bemerkenswerth scheint mir die folgende Beobachtung zu sein, die ich bei den soeben mitgetheilten Versuchen regel-

mässig gemacht habe. Die Zimmertemperatur sei t_0 ; die Temperatur t_1 sei niedriger, t_2 ein wenig höher als t_0 , und zwar möge die Steigerung um $t_2 - t_0$ nicht genügen, um den Cohärerwiderstand, nachdem er durch electricische Schwingungen verringert ist, zu beeinflussen. Hat man nun die electricischen Wellen wirken lassen, sich darauf eventuell zur Controle nochmals überzeugt, dass ein Bad von der Temperatur t_2 ohne Einfluss ist und kühlt jetzt mittels eines Bades von der Temperatur t_1 den Cohärer ab, so erhält man sofortige Rückkehr zum hohen Anfangswiderstand, wenn man nunmehr wieder das Wasser von t_1 durch das andere von t_2 Grad ersetzt. Ist der Anfangswiderstand auf diese Weise wieder völlig erreicht, so lässt sich, wie sonst in der Regel, kein Einfluss der Bäder auf den Widerstand mehr wahrnehmen. In einigen Fällen wurde diese Erscheinung beispielsweise bereits beobachtet für die Werthe $t_0 = 16$, $t_2 = 17$, $t_1 = 12$; natürlich konnte t_2 auch grösser, t_1 auch kleiner sein. Je grösser die Differenz $t_2 - t_1$ ist, um so lebhafter tritt innerhalb gewisser Grenzen die Erscheinung auf, d. h. um so schneller bewirkt das Bad von t_2 Grad die Rückkehr auf den Anfangswiderstand. Nach der Abkühlung des Cohäriers auf sehr tiefe Temperaturen, wie sie in den oben erwähnten Versuchen benutzt wurden, nahm der Cohärer von selbst seinen ursprünglichen Widerstand an, sobald das Kältebad entfernt wurde. Hier genügte also die Temperatur der Luft im Arbeitszimmer, um die Erscheinung hervorzubringen, t_2 war $\leq t_0$.

Man kann das Ergebniss dieser Versuche dahin zusammenfassen, dass *der durch electricische Einflüsse verringerte Widerstand eines Cohäriers wieder seinen ursprünglichen Werth annimmt, nachdem derselbe eine Temperaturerhöhung von hinreichendem Betrage erfahren hat, mag die letztere nun bei derjenigen Temperatur begonnen haben, welche der Cohärer besass, als die Widerstandsverminderung eintrat, oder bei einer tieferen, welche durch eine inzwischen erfolgte Abkühlung erreicht wurde.*

13. Bei sämmtlichen von mir beschriebenen Versuchen wurden die Widerstandsänderungen in der Wheatstone'schen Brückenordnung beobachtet, indem der eine von den vier Zweigen derselben von dem Cohärer gebildet wurde. Bisweilen

kam auch das in Fig. 5 skizzirte Schema zur Verwendung ($A = 1$ Accumulator, $S =$ Schlüssel, $R_1, R_2, R_3 =$ Rheostaten, $G =$ Galvanometer, $C =$ Cohärer). Ausdrücklich vermieden habe ich es aber, die von anderen vielfach gewählte Methode zu benutzen, den Cohärer mit dem Element, dem Galvanometer und eventuell einem Rheostaten unmittelbar zu einem Kreise zu schliessen. Vielmehr wurden die Hülfs Widerstände bei meinen Schaltungen stets so gewählt, dass die Spannung an den Enden des Cohäriers, bevor er eine Verminderung seines gewöhnlich unendlich grossen Widerstandes erfahren hatte, niemals grösser als 0,2 Volt war. In der Regel wurden aber noch niedrigere Werthe, 0,2—0,02 Volt, gewählt.

Fig. 5.

Hierzu wurde ich durch gewisse Beobachtungen veranlasst, die ich schon gegen Ende des Jahres 1895 bei meiner zweiten Arbeit über den vorliegenden Gegenstand gemacht hatte. Dieselben sind von mir damals nicht veröffentlicht worden, weil ich nachträglich constatirte, dass bereits einige Beobachtungen von Hrn. Branly vorlagen, die sich auf ähnliche Dinge bezogen. Nachdem ich nun neuerdings meine alten Versuche mit gleichem Resultat wiederholt, dieselben auch etwas erweitert habe, will ich sie im Folgenden mittheilen, da sie mir auch in theoretischer

Hinsicht nicht ohne Interesse zu sein scheinen. Die meisten diesbezüglichen Versuche von Branly sind übrigens in ganz anderer Weise angestellt, und vor allem unterscheiden sie sich von den meinigen in Bezug auf die quantitativen Verhältnisse.

Bei meinen Beobachtungen vom Jahre 1895 benutzte ich als Cohärer hauptsächlich Stanniolstreifen, die ihrer Länge nach durchschnitten waren¹⁾, bei den neuen Versuchen arbeitete ich gewöhnlich mit der oben in § 8 beschriebenen Anordnung. Der hochempfindliche Cohärer war in einen verzweigten Stromkreis eingeschaltet in der in Fig. 5 angedeuteten Weise. Zunächst wurden die Rheostatenwiderstände von solcher Grösse gewählt, dass die Spannung an den Cohärerenden — oder, da

1) Vgl. E. Aschkinass, Wied. Ann. 57. p. 408. 1896.

der Widerstand desselben noch so gut wie unendlich war, an den Enden des Rheostaten R_2 — sehr klein sein musste. Wurde nun der Schlüssel S geschlossen, so gab das Galvanometer keinen Ausschlag, denn der Cohärerwiderstand war unendlich gross. Hierauf wurde der Schlüssel geöffnet, R_1 und eventuell R_2 so verändert, dass jene Spannung einen hohen Betrag erreichte (im Maximum 2 Volt bei Benutzung eines Accumulators).¹⁾ Wurde nun S geschlossen, so zeigte der Ausschlag des Galvanometers, dass der Widerstand des Cohärsers sehr klein geworden war, und wenn man jetzt unter Vermeidung jeder Erschütterung wieder die niedrige Spannung herstellte, so ergab sich gleichfalls fast völlige Leitfähigkeit desselben. Bei dieser niedrigen Spannung konnte man nun den hohen (unendlichen) Anfangswiderstand in gewohnter Weise wieder herstellen durch eine leichte Erschütterung oder Erwärmung; solange aber die hohe Spannung herrschte, war dies niemals zu erreichen. Durch allmähliche Variation von R_1 , R_2 konnte man die „kritische“ Spannung ermitteln, d. h. den kleinsten Werth derselben, bei der die Widerstandsänderung auftritt. Jener „kritische“ Werth betrug in vielen Fällen ungefähr 0,2 Volt, war jedoch selbst in einer Reihe unmittelbar aufeinander folgender Versuche oft nicht unerheblichen Schwankungen unterworfen; er sank manchmal fast bis auf 0,1 Volt und konnte unter Umständen auch 2 Volt übersteigen. Aus der Gesamtheit meiner Beobachtungen glaube ich schliessen zu können, dass jene „kritische“ Spannung um so kleiner ist, je empfindlicher der Cohärer für electrische Schwingungen erscheint.

Nachdem durch Anlegung einer geeigneten Potentialdifferenz ($\geq$ der „kritischen“) die Widerstandsverminderung eingetreten ist, kann man auch durch allmähliches Verringern der Spannung den Maximalwerth derselben bestimmen, bei dem nunmehr durch Erschütterung eine Rückkehr zum Anfangswiderstand zu erzielen ist. Dieser Grenzwert belief sich in vielen Fällen ungefähr auf die Hälfte der „kritischen“ Spannung.

1) Am bequemsten ist es, eine Wippe anzubringen, mittels welcher der Cohärer nach Belieben in den Kreis $A R_1 R_2 A$ oder in den Kreis $R_2 R_3 G R_2$ eingeschaltet werden kann.

Dass für das geschilderte Verhalten des Cohärers tatsächlich nur die an seinen Enden herrschenden Potentialdifferenzen maassgebend sind und nicht etwa die vorhandenen Stromstärken, davon kann man sich leicht überzeugen, indem man in dem obigen Versuchsschema und in ähnlich gewählten Verzweigungen die Widerstände der einzelnen Zweige in mannichfacher Weise variirt.

Es folgt aber aus dieser Thatsache, dass ein hochempfindlicher Cohärer als Beobachtungsmittel nur dann zu gebrauchen ist, wenn man dafür sorgt, dass vor dem Eintritt der Erregung nur eine niedrige Potentialdifferenz an seinen Enden besteht. Aus diesem Grunde habe ich stets eine der im Eingang dieses Paragraphen beschriebenen Schaltungsweisen gewählt. Ich glaube, dass sich manche Widersprüche in den Angaben einiger Autoren über die Güte verschiedener Cohärerformen aus der Verschiedenheit der benutzten Spannungen erklären werden.

Wenn man durch sehr langsame Steigerung der Spannung, z. B. durch allmähliche Vergrösserung von R_2 bei constant gehaltenem R_1 , den „kritischen“ Werth derselben möglichst genau getroffen hat, so kann man beobachten, dass in diesem Falle die kolossale Widerstandsverminderung, die ja unter dem Einflusse electricischer Wellen und bei Benutzung etwas höherer Potentialdifferenzen in so rapider Weise erfolgt, sehr langsam und allmählich vor sich geht: der ganze Process ist bisweilen erst nach mehr als einer Minute völlig abgelaufen.

Hat man sich dem „kritischen“ Spannungswerth von unten her ziemlich weit genähert, ohne ihn jedoch völlig erreicht zu haben, so zeigt es sich bei geeigneter Stromstärke, dass die Widerstandsänderung eingetreten ist, wenn man den Strom mittels des Schlüssels S einmal öffnet und dann wieder schliesst; bisweilen ist eine zweimalige Stromunterbrechung erforderlich.¹⁾ Hier wird jedenfalls die „kritische“ oder eine höhere Spannung im Oeffnungsextrastrom erreicht.

Die nächstliegende Schlussfolgerung, die man aus diesen Versuchen ziehen könnte, wäre die, dass auch in den übrigen

1) Diese Beobachtung wird auch von Hrn. Branly mitgetheilt. (Lumière el. 40. p. 508. 1891.)

Fällen der Eintritt der Cohärerwirkung an das Vorhandensein einer Potentialdifferenz von einem bestimmten Mindestmaass geknüpft ist. Bei der Erregung durch electricische Schwingungen würde dieselbe durch die Bildung stehender Wellen zu Stande kommen.

14. Dieses Resultat lässt nun allerdings unwillkürlich die Vermuthung aufkommen, dass die Cohärererscheinung durch eine Art electricischer Entladung bewirkt wird, eine Annahme, welche auch der von mir bekämpften Theorie des Hrn. Lodge zu Grunde liegt. Meine polemischen Bemerkungen gegen diese letztere in den früheren Paragraphen dieser Abhandlung richteten sich aber auch nicht sowohl gegen diesen Punkt der Theorie, als vielmehr gegen die — kurz gesagt — mechanische Deutung, welche dieselbe dem Vorgange giebt. In dieser Beziehung werden natürlich meine Bedenken durch jene Schlussfolgerung keineswegs verringert. Die im vorigen Paragraphen mitgetheilte Beobachtung über den zeitlichen Verlauf der Erscheinung bei langsamer Steigerung der Spannung bis zum „kritischen“ Werth macht es nicht unwahrscheinlich, dass hier jener eigenthümliche, mit der Funkenentladung verknüpfte Vorgang, der von den Herren Jaumann und Warburg genauer studirt und mit dem Namen „Verspätung“ bez. „Verzögerung“ belegt worden ist¹⁾, eine wichtige Rolle spielt.

Meiner Meinung nach werden wir aber zu einer befriedigenden Erklärung jenes zur Zeit so verwickelt erscheinenden Cohärerphänomens erst dann gelangen, wenn wir eine durchgearbeitete Theorie der Electricitätsleitung in Metallen besitzen werden. Verschiedene Thatsachen scheinen darauf hinzudeuten und die Einheitlichkeit in der Darstellung der electricischen Erscheinungen könnte es verlangen, dass man auch diesen Vorgang einmal in analoger Weise wie die Leitung in Electrolyten (und Gasen) durch Bewegung bez. Ladungsaustausch von — nicht nothwendig electrolytischen — Ionen erklären wird.²⁾

1) G. Jaumann, Wied. Ann. 55. p. 656. 1895; E. Warburg, Wied. Ann. 59. p. 1. 1896; 62. p. 385. 1897.

2) Vgl. W. Giese, Wied. Ann. 37. p. 576. 1889; H. A. Lorentz, Versuch einer Theorie der electr. u. opt. Ersch. in bewegten Körpern, Leiden 1895.

15. Zum Schluss möchte ich noch mit einigen Worten auf die Beobachtungen von Hrn. Auerbach eingehen¹⁾, nach denen auch rein mechanische Erregungen, insbesondere akustische Wellen im Stande sein sollen, die Cohärerwirkung zu erzeugen. Zunächst mache ich darauf aufmerksam, dass diese Thatsache, wie so viele andere auf diesem Gebiet, die späterhin wieder entdeckt wurden, bereits von Hrn. Branly in seiner ersten bez. Publication mitgetheilt wird. Hr. Branly sagt nämlich²⁾: „Notons aussi qu'une influence électrique n'est pas toujours nécessaire pour faire renaître la conductibilité après un retour apparent; on y parvient encore quelquefois par des chocs faibles et répétés. Les chocs forts et espacés ramènent au contraire la résistance primitive.“ Nach Hrn. Branly scheint es also von Wichtigkeit zu sein, dass kurze Zeit von der mechanischen eine electriche Einwirkung stattgefunden hat.³⁾ Hr. Auerbach macht über diesen Punkt keine Angaben.

Ich selbst habe die Erscheinung nur bei besonders empfindlichen Cohärern wahrnehmen können. Auch Hr. Drude sagt⁴⁾, dass nach seinen Erfahrungen „die akustische Reaction in ihrer Stärke gar nicht vergleichbar mit der electriche Reaction“ war. Der Zustand eines hochempfindlichen Cohärers ist ja nun in mechanischer Hinsicht sehr wenig stabil, und es erscheint kaum merkwürdig, dass die Contactstelle durch mechanische Einwirkungen sehr leicht zu beeinflussen ist. Dass die Erscheinung vielfach sehr unregelmässig verläuft, ist von Hrn. Auerbach selbst bemerkt worden. Immerhin schien es mir auch nach meinen eigenen Wahrnehmungen, dass regelmässige periodische Einflüsse vorzugsweise eine Widerstandsverminderung herbeizuführen im Stande sind.

Ich habe den Einfluss solcher Erregungen schon früher in etwas anderer Weise häufig wahrnehmen können. Wenn sich nämlich ein Cohärer (am besten verstellbar, mit einer einzigen Contactstelle) in einem Zustande befindet, in welchem er auf electriche Schwingungen noch nicht reagirt, aber durch

1) F. Auerbach, Wied. Ann. **60**. p. 611. 1898.

2) E. Branly, Lum. él. **40**. p. 509. 1891.

3) Dies wird ausdrücklich auch von Hrn. C. Fromme betont. (Wied. Ann. **58**. p. 97. 1896.)

4) P. Drude, Wied. Ann. **65**. p. 486. 1898.

eine ganz geringe Verschiebung in den hierzu erforderlichen Zustand gebracht werden kann, so tritt die Cohärerwirkung oft ein, wenn man ihn *während* der Einwirkung electricischer Wellen mechanischen Erschütterungen aussetzt. Bei dem in § 14 beschriebenen Versuche trat dies Verhalten vielfach in der Weise zu Tage, dass durch solche mechanischen Einflüsse die „kritische“ Spannung einen etwas kleineren Werth annahm. Ueberhaupt schien mir die Widerstandsänderung durch akustische Wellen ziemlich stark von der Potentialdifferenz an den Cohärerenden abhängig zu sein, die durch den Messstrom aufrecht erhalten wird. Bei dem analogen Verhalten gegen electricische Wellen ist dies bekanntlich keineswegs der Fall; der Cohärer braucht in den Kreis des Messstromes erst eingeschaltet zu werden, nachdem die electricischen Wellen lange Zeit vorher ihre Wirkung ausgeübt haben. Ob sich dies bei akustischen Wellen ebenfalls zeigt, habe ich in einwandfreier Weise nicht ermitteln können, da sich, wie gesagt, bei meinen diesbezüglichen (allerdings nicht sehr zahlreichen) Versuchen der Cohärer in einem äusserst labilen Zustande befinden musste, um überhaupt die akustische Reaction zu zeigen. In einem solchen Zustande ist sein Widerstand aber überhaupt sehr leicht Schwankungen unterworfen, und damit der Versuch beweisend sein kann, muss man ja nach der akustischen Einwirkung vor dem Einschalten längere Zeit vergehen lassen, um sicher zu sein, dass die mechanischen Bewegungen völlig zur Ruhe gekommen sind. Ob also tatsächlich eine Parallelität in dem Verhalten des Cohärers gegen electricische und akustische Schwingungen vorhanden ist, die mit dem Wesen der Erscheinung etwas zu thun hat, möchte ich nach alledem vorläufig noch dahingestellt sein lassen.

Charlottenburg, Physik. Inst. der Techn. Hochschule,
August 1898.

(Eingegangen 1. September 1898.)