

VIII. *Von der aus der Reibung zweier Metalle hervorgehenden Elektrizitätsbewegung;*

von Hrn. Becquerel.

(Ann de chim. et de phys. XXXVIII. p. 113.)

Die Reibung ist die am längsten bekannte Art, Elektrizität in den Körpern zu entwickeln. Die Physiker, die sich mit ihr beschäftigten, haben die Versuche bis in's Unendliche vervielfältigt, in der Hoffnung, dadurch auf die Ursachen zurück zu kommen, von welchen diese sonderbare Eigenschaft abhängt; indess haben ihre Untersuchungen nur wenig Licht über diese geheimnißvollen Erscheinungen verbreitet: denn sie haben uns nur gelehrt, *dass wenn man zwei Körper, von denen einer ein schlechter Elektrizitätsleiter und der andere von beliebiger Natur ist, gegen einander reibt, jeder von ihnen einen Ueberschuss von entgegengesetzter Elektrizität annimmt; dass anscheinend keine Beziehung zwischen der Natur oder der Beschaffenheit der Substanzen und der von ihnen entwickelten Elektrizität stattfindet; dass die Resultate durch die Temperatur und den Zustand der Oberflächen in der Art abgeändert werden, dass die negative Spannung durch Wärmezunahme, und die positive durch die Politur erhöht wird, so dass, wenn man zwei Stücke von einer und derselben Substanz, von denen eins polirt und das andere nicht polirt ist, gegen einander reibt, das erstere positiv und das andere negativ wird.* Dieß ist der Zustand unserer Kenntnisse in Bezug auf die Elektrizitätserregung durch Reibung.

Ich habe geglaubt, dass es nöthig sey neue Versuche anzustellen, um ausgebreitetere Kenntnisse in diesem Theil der Physik zu erlangen; aber die Abhängigkeit der elektrischen Erscheinungen ist so groß, dass man, bis

ihre gegenseitigen Beziehungen bekannt und alle Dunkelheiten in der elektrischen Action zerstreut sind, immer gegen die aufgestellten Principien auf seiner Hut seyn muß. Am besten verfährt man, wenn man die Thatsachen vervielfältigt, zusammenstellt und versucht sie durch eine Theorie zu verknüpfen, die man verläßt oder abändert, wenn neue Thatsachen nicht mehr auf sie bezogen werden können.

Bis jetzt hat man sich begnügt, diejenigen elektrischen Wirkungen zu studiren, die aus der Reibung von schlechten Elektricitätsleitern gegen einander oder gegen Metalle erfolgen; man weiß nichts über die Wirkung der Reibung zweier Metalle gegen einander; diess ist die Aufgabe, die ich zu lösen gesucht habe.

Yelin, Mitglied der Academie zu München, ist der erste, welcher vor einigen Jahren gesucht hat, ohne Anwendung von Wärme, einen elektrischen Strom in einer metallischen Kette zu erregen. Er bediente sich Streifen von Wismuth und Antimon, welche an den Enden des Drahtes eines Galvanometers befestigt waren, und nahm einen Strom gewahr, als er sie auf einander setzte; ähnliche Wirkungen erhielt er mit andern Metallen. Einige Zeit darauf untersuchte ich diese Erscheinungen, und fand, daß sie von Temperaturunterschieden in den Vereinigungspunkten des Drahts mit den Metallstreifen herrührten. Vielleicht stammten sie auch davon her, daß im Moment, wo man die Flächen auf einander legte, eine geringe Reibung zwischen ihnen stattfand.

Es lassen sich zwei Apparate anwenden, um die elektrischen Wirkungen der Reibung zu beobachten. Der erste besteht in einem gewöhnlichen Galvanometer. An jedem Ende des Drahtes, aus welchem er besteht, befestigt man ein Metallblättchen, an einem z. B. eins von Antimon und am andern eins von Wismuth, und überzieht die Verbindungspunkte mit Kitt oder einem andern schlecht leitenden Körper, um die in diesen Punkten

durch Temperaturveränderungen entstehenden thermoelektrischen Actionen zu verhindern. Nachdem diese Vorsichtsmaßregeln getroffen sind, und die beiden Platten gleiche Temperatur erlangt haben, legt man sie auf einander. Es findet keine Verschiebung der Elektrizität statt; sobald man aber eine gelinde Reibung bewirkt, zeigt sich augenblicklich ein Strom. Diese schwache Reibung reicht also hin, um die beiden Elektrizitäten zu trennen, die sich zum Theil mittelst des Drahts wieder vereinigen.

Stellt man auf diese Art den Versuch mit mehreren Metalllamellen an, so bildet man die folgende Tafel, in welcher jedes Metall negativ ist gegen die auf ihn folgenden, und positiv gegen die ihm vörhergehenden:

Wismuth, Nickel, Kobalt, Palladium, Platin, Blei, Zinn, Gold, Silber, Kupfer, Zink, Eisen, Cadmium, Antimon.

Diese Ordnung ist dieselbe, wie für die elektrischen Wirkungen, welche sich in einer Kette, gebildet aus zwei mit ihren Enden zusammengelötheten Drähten von verschiedenen Metallen, zeigen, wenn man eine der Löthstellen erhitzt, während man die Temperatur der andern constant läßt. Da die Reibung, wie schwach sie auch seyn mag, Wärme erzeugt, so könnte man glauben, daß sie hier eine thermo-elektrische Wirkung veranlasse, und in diesem Falle würde die Reibung nur als ein Wärme erregendes Mittel wirken. Allein dem ist nicht so; denn, wenn man eine Wismuth- und eine Antimonplatte nimmt, und dieselben, statt sie sanft zu reiben, durch wiederholte Schläge, mit Vermeidung aller Seitenreibung stark gegen einander drückt; so müssen die Flächen bei dieser Behandlung mehr Wärme erhalten, als durch eine sehr schwache Reibung; aber dennoch reicht sie nicht, um unter diesen Umständen eine thermo-elektrische Wirkung zu erzeugen, denn die Magnetnadel erleidet keine Ablenkung. Der elektrische Strom, welcher durch die

Reibung entsteht, hängt also von einer den Metalltheilchen in Richtung der Oberfläche ertheilten, besondern Erschütterungsart ab, und nicht von entwickelter Wärme.

Selbst, wenn man die beiden Platten, mittelst einer hölzernen Schraube, stark gegen einander drückt, läßt sich kein elektrischer Strom wahrnehmen.

Da die Wärme und die Reibung vibratorische Bewegungen in den Körpern erregen, so wäre es möglich, daß die ähnlichen elektrischen Wirkungen, die aus ihnen erfolgen, ihrerseits ebenfalls Schwingungen einer besondern Ordnung seyen. Was dieses glaublich macht, ist das: daß die durch Reibung in den Metallen erregte Elektrizität aus einer Action hervorgeht, die hinlänglich lange dauert, um einen Strom zu bestimmen, welcher, schon hiedurch allein, mit den sich fortpflanzenden Wellen Aehnlichkeit hat.

Wenn man diese Erscheinung durch die Annahme erklären wollte, daß beim Contact die Theilchen der beiden Flächen in einem verschiedenen elektrischen Zustand seyen, und daß im Moment, wo jedes von ihnen seinen Ort verändert, und sich mit einem andern Theilchen in Berührung setzt, die ursprünglich gebundene Elektrizität frei werde; so würde die elektrische Reihe der Metalle dieselbe wie die von Volta entdeckte seyn müssen; da sie es aber nicht ist, so darf man daraus schliessen, daß diese Hypothese nicht zulässig ist. Ich muß noch bemerken, daß Nickel und Kobalt, Platin und Palladium, Zink und Cadmium, die fast immer zusammen vorkommen und chemisch einander sehr ähnlich sind, beinahe ähnliche elektrische Eigenschaften bei Erwärmung und bei Reibung besitzen.

Bei den vorhergehenden Versuchen habe ich zwei Scheiben von verschiedenen Metallen angewandt; allein man erhält auch schon einen elektrischen Strom, wenn sie von einem und demselben Metalle sind. Man muß
nur

nur dafür sorgen, daß dieselben Punkte der einen Scheibe hinter einander alle Punkte der Oberfläche der andern durchlaufen. Diese Bedingung wird erfüllt, wenn man statt der einen Scheibe einen Knopf nimmt.

Wismuth, Antimon, Eisen und Platin besitzen die Eigenschaft, daß der Knopf positive Elektrizität annimmt, wenn man ihn schnell über die Lamelle hinführt; gerade umgekehrt wie man es erwarten sollte, da der Knopf sich am stärksten erwärmt. Zink zeigt dieselbe Erscheinung, aber in einem geringeren Grade.

Eine Ausnahme macht das Kupfer, so wie mehrere andere Metalle, von denen ich nicht spreche, weil geringe Verschiedenheiten in dem Zustande ihrer Oberfläche die Resultate abändern.

Der zweite Apparat, welcher dazu dient, die Wirkung der Reibung bei den Metallen zu beobachten, ist von Hrn. Singer erdacht, und von demselben in seinen *Elements of Electricity etc.* (p. 318. und 473. der Uebersetzung von Müller S. 199. u. 394.) beschrieben. Dieser besteht aus einer Schale von Kupfer, die mit einer isolirenden Handhabe versehen, und, nach Art eines Siebes, von einer Menge kleiner Löcher durchbohrt ist, und mit Feilicht von Zink oder andern Metallen gefüllt wird. Man legt eine große Zinn- oder Kupferscheibe auf den oberen Theil eines Goldblatt-Elektrometers, hält die Kupferschale an der isolirenden Handhabe, und läßt durch deren Oeffnungen die Zinkspähne gehen, die nun, wenn sie auf das Elektrometer fallen, demselben bald Zeichen von positiver Elektrizität geben. Untersucht man den Zustand des Kupfers, so findet man es negativ. Diesen Versuch kann man auch mit Feilspähnen von andern Metallen anstellen.

Hr. Singer hätte das, was bei diesem Versuche vorgeht, nicht den Wirkungen des Contacts zuschreiben sollen. Ueberdies sind nicht alle Resultate genau, welche er in seinem Werke angiebt; er konnte also nicht

die Folgerungen ziehen, zu welchen ich geführt wurde. Cavallo führt in seinem *Treatise of Electricity* einige Versuche über die Elektrizität an, welche gewisse Pulver bei ihrer Reibung gegen verschiedene Körper annehmen; allein er sagt nichts über die Wirkungen, welche entwickelt werden, wenn der Körper und das darübergehende Pulver aus Metallen bestehen, indem er sich folgendermaßen ausdrückt: „Man muß bemerken, daß das Pulver, wenn es, wie die Amalgame der Metalle u. s. w., von elektrischer Natur ist, in einer elektrischen Substanz, z. B. einem Glasgefäß, einem Wackskuchen u. s. w., gehalten werden muß u. s. w.“

Wenn die Methode von Singer mit Nutzen angewandt werden soll, so bedarf sie mehrerer Abänderungen. Die erste besteht darin, daß man das Sieb, da es, wenn die Feilspähne zart sind, schwierig vollkommen zu reinigen ist, durch eine bloße Metallplatte ersetzt, welche man geneigt hält, während man die Feilspähne darauf schüttet; letztere fallen nun in den Recipienten, wo sie die beim Hinabgleiten längs dem Metall erlangte Elektrizität absetzen. Durch diese Abänderung erlangt man den Vortheil, daß man der Oberfläche der Scheibe jeden beliebigen Grad von Politur geben kann. Die zweite Abänderung besteht darin, daß man die Scheibe nicht isolirt, damit die Elektrizität, welche sie in jedem Augenblick erhält, abfließen könne, und der späteren Entwicklung von Elektrizität nicht schade. Um endlich den Apparat, der zur Erkennung der Art der entwickelten Elektrizität gebraucht wird, empfindlich zu machen, muß man die Kupferschale, in welche die Feilspähne fallen, an einen Stab von demselben Metalle schrauben, welcher an seinem Ende ein Goldblättchen trägt, das man zwischen die entgegengesetzten Pole einer trocknen Säule stellt. Der Erfolg der Versuche hängt von der Isolirung des Stabes ab, in Bezug auf die Glocke, in der er befestigt ist; denn, wenn die Isolation unvollkommen ist, fließt, bei

feuchtem Wetter, die Elektrizität längs der Glocke ab, und dann bleibt das Goldblättchen in Ruhe. Um diesem Uebelstande zuvorzukommen, überzieht man eine Glasröhre innerlich und äußerlich mit mehreren Lagen von Gummilack-Firnifs, steckt den Metallstab hinein und hält denselben, in Richtung der Axe, mittelst eines Stöpsels von Gummilack. Eine, am obern Ende des Stabes angebrachte, Zwinke von Kupfer, bedeckt die Mündung der Röhre, ohne dieselbe zu berühren, und hindert hiedurch, daß die in ihr befindliche Luft sich erneuert, da sie nur sehr schwierig in den Capillaröffnungen circulirt. Nachdem dieses bewerkstelligt ist, steckt man die Röhre zum Theil in die obere Oeffnung der Glocke und befestigt sie darin mittelst eines Kittes. Diese, von Singer herstammende, Isolationsmethode ist ohne Widerrede die beste. Hält man dann den Apparat in einem durch Chlorcalcium ausgetrockneten Medio, so arbeitet man unter den günstigsten Umständen.

Es ist leicht zu erweisen, daß die Elektrizität, welche die Feilspähne beim Verlassen der Scheibe erhalten, von der Reibung und nicht von einer Wirkung der Berührung herrührt. Es seyen nämlich ein Zink- und ein Kupferstreifen mit den Enden zusammengelöthet; man halte den ersteren mit den Fingern und belege den andern mit einem Stücke feuchten Papiers, auf welchem man Kupferfeilicht ausbreitet. Es ist klar, daß alle Theile des letzteren dieselbe elektrische Spannung wie der Kupferstreifen besitzen, weil der Papierstreifen hier als Leiter wirkt. Wenn also, im ersteren Falle, der Wirkung von einer elektromotorischen Action abhinge, würde man im zweiten Falle dasselbe Résultat erhalten, d. h. die Feilspähne würden der Kapsel, beim Hineinfallen in dieselbe, die negative Elektrizität des Kupferstreifens mittheilen; allein der Apparat giebt keine Anzeigen von derselben, und mithin rührt die Elektrizität, welche durch

die Kupferspähne beim Rollen auf dem Zinkstreifen entwickelt wird, von der Reibung zwischen beiden her.

Mit dem auf die angegebene Weise abgeänderten Apparat erhält man folgende Resultate. Wenn Feilspähne eines Metalles über eine Scheibe desselben Metalles gehen, nimmt diese einen Ueberschufs von positiver Elektrizität an, während jene einen Ueberschufs von negativer Elektrizität annehmen.

Gold, Silber und Platin besitzen dieselbe Eigenschaft, aber in einem geringeren Grade.

Der Zustand der Zertheilung giebt also bei den Metallen zu elektrischen Erscheinungen Anlaß, die denen ähnlich sind, welche man beim Reiben eines mattgeschliffenen Glases gegen ein Glas mit spiegelnder Oberfläche erhält. Die Feilspähne dürfen indess hier nicht als mattgeschliffene oder mit einer schwachen Oxydhaut überzogene Körper betrachtet werden; denn man erhält dasselbe Resultat, wenn jedes Korn mehrere Millimeter groß ist, und dessen Flächen polirt sind; mithin hat der Zertheilungszustand der Körper wirklich einen Einfluß auf die Erzeugung des angegebenen Phänomens.

Kupferfeilicht ist negativ gegen Zink, Blei, Zinn, Eisen, Wismuth und Antimon, d. h. gegen Metalle, die positiver als dasselbe sind; dagegen giebt es keine Zeichen von Elektrizität mit Platin, Gold und Silber. Alle Resultate, welche ich beibringen konnte, neigen dahin, die Wahrheit zu beweisen, daß die Metalle, wenn sie in Form von Feilspähnen auf eine Metallscheibe fallen, eine Tendenz zur Annahme von negativer Elektrizität besitzen, daß aber dennoch die Feilspähne eines positiven Metalles durch diese Tendenz nicht gehindert werden, positiv gegen die negativeren Metalle zu seyn.

Die Metalloxyde, so wie die Schwefelmetalle, sind negativ gegen die Metalle, aus denen sie hervortreten. Man muß vermeiden, daß die Pulver zu fein seyen, denn sie haften sonst an den Metallflächen, bleiben daran sitzen,

und verhindern die Reibung der Theile, welche hernach kommen. Die Reibungswirkungen, die man mit den intermediären Metallen erhält, sind sehr schwach, und deshalb halte ich es für zweckmäfsig, die Tafel der elektrischen Eigenschaften dieser Metalle nicht zu geben, aus Furcht, dafs sie nicht genau seyen.

Ich wurde natürlich darauf geführt, die obigen Resultate mit denen mit dem Galvanometer erhaltenen zu vergleichen.

Wegen der Verschiedenheit in der Wirkung zwischen einem Metall in Form von Feilspähnen und dem nämlichen in Masse, ist es schwierig Beziehungen zwischen den erwähnten Resultaten anzustellen, um so mehr, als es unmöglich ist, zu beobachten, was in einem Galvanometer vorgeht, wenn eins der Metalle als Feilspähne angewandt wird; denn, wenn man Antimonspähne auf eine Scheibe desselben Metalls schüttet, die an einem Ende des Drahts befestigt ist, und nun eine Wismuthscheibe mit Reibung über die Feilspähne hinweggehen läfst, so zeigt sich kein Strom, obgleich die Kette geschlossen ist. Man mufs also hier aus schliessen, dafs, wenn die Oberfläche der Scheibe, auf welche man die oben erwähnte Erschütterung erregt, nicht continuirlich ist, diese Erschütterung sich nicht durch die ganze Kette verpflanzt. Man sieht also, wie schwierig es ist, einen Vergleich zwischen den oben erwähnten Resultaten anzustellen.

Es ist hier noch eine wichtige Bemerkung zu machen, nämlich die: dafs die Elektrizität, welche bei Reibung zweier Metalle gegen einander, z. B. zwischen Antimon und Wismuth, entwickelt wird, aufhört ihre Wirkung zu zeigen, wenn die metallische Kette durch eine Flüssigkeit, selbst durch eine sehr gut leitende, unterbrochen wird. Diese Art von Strom pflanzt sich also nicht durch eine Flüssigkeit fort.

Ohne etwas über die Natur des elektrischen Prin-

cips zu entscheiden, glaube ich doch, daß die in dieser Abhandlung enthaltenen Beobachtungen von der Art sind, daß sie die Aufmerksamkeit der Physiker auf eine sich auf sie beziehende Frage lenken, deren Lösung sehr viel zur Aufklärung der von dem Lichte, der Elektrizität und dem Magnetismus abhängenden Erscheinung beitragen wird.

IX. Ueber die elektrischen Eigenschaften des Turmalins.

Die von einigen Physikern aufgestellte Hypothese, daß die Atome der Körper mit elektrischen Eigenschaften, ähnlich denen durch Erwärmung in Turmalin erregten, begabt seyen, hat Hrn. Becquerel Veranlassung gegeben, das elektrische Verhalten dieses Krystalles näher zu prüfen. Diese Untersuchung, welche in den *Annal. de chim. et de phys. T. XXXVII. p. 5. und 355.* mitgetheilt ist, hat ihn zu dem Schlusse geführt, daß man die chemischen Actionen nicht durch jene Hypothese erklären könne, weil die elektrische Spannung bei den Turmalinen nur so lange dauert, als eine Erhöhung oder Senkung der Temperatur stattfindet, wonach also die chemischen Verbindungen zerfallen müßten, sobald die Temperatur stationär würde; auch setzt er hinzu, sehe man nicht ein, wie, selbst bei der Annahme einer permanenten Polarität der Atome, analoge elektrische Modificationen, wie die, welche bei Temperaturerhöhungen im Turmalin beobachtet werden, die Erscheinungen der chemischen Verwandtschaft hervorbringen könnten. Die Versuche, worauf sich diese Folgerung gründet, bestätigen die schon bekannten Erfahrungen, daß der Turmalin (wenn er nicht vorher durch Temperaturänderungen elektrisch geworden ist) in constanter Temperatur keine freie