

stirt, aber an *jeder Stelle abgeleitet* werden kann; endlich

- 4) daß die an dem zugewandten Ende befindliche, stets in *enge Gränzen eingeschlossene ungleichnamige* Elektricität zwar durch *repulsive* und *anziehende Thätigkeit nach aussen wirkt*, aber *alles Propagationsvermögen verloren hat, nicht abgeleitet werden kann*, zugleich *ungebunden* und *gebunden* ist.

Dies nun ist das grofse Problem, welches durch die gewöhnliche Theorie von der Vertheilung nicht erklärlich ist, und dem Nachdenken der Physiker empfohlen wird.

---

## XI. *Einige Versuche im Gebiete des Galvanismus; von E. Lenz.*

(Aus dem *Bulletin scientifq.* der St. Petersburger Academie, mitgetheilt vom Verfasser.)

---

### 1) Ueber Kälteerzeugung durch den galvanischen Strom.

Peltier hat bekanntlich gefunden, daß an der Löthstelle einer Wismuth- und Antimonstange durch einen hindurchgehenden galvanischen Strom Kälte erzeugt wird, wenn er vom Wismuth zum Antimon geht, Wärme hingegen, wenn die Richtung des Stromes die umgekehrte ist <sup>1)</sup>. Die Kälteerzeugung ist eine den sonstigen Wirkungen der galvanischen Kette so entgegengesetzte Erscheinung, daß sie, wie ich aus Privatmittheilungen weiß, von Vielen bezweifelt wird. Ich halte es daher nicht für überflüssig für's Erste die Richtigkeit der Thatsache ausser Zweifel zu setzen.

Ich wiederholte zuerst die Versuche Peltier's, d. h.

1) S. Annal. Bd. XXXXIII S. 324.

ich nahm eine  $4\frac{1}{2}$  Zoll engl. lange, und in ihrem quadratischen Querschnitt 0,4 Zoll breite Wismuth- und eine eben solche Antimonstange, legte sie rechtwinklich kreuzweise über einander, liefs sie an der Kreuzungsstelle zur Hälfte in einander ein und löthete sie hier mit Zinn an einander. Nennt man nun die Enden der Wismuthstange  $W$  und  $W'$ , die der Antimonstange  $A$  und  $A'$ , so verband ich zuerst  $W$  und  $A$  mit einem für thermoelektrische Ströme geeigneten Multiplicator, dann  $W'$  und  $A'$  mit einem Wollaston'schen Element von  $\frac{1}{4}$  Quadratzoll Oberfläche. Ging der galvanische Strom von  $W'$  zu  $A'$ , so wich der Multiplicator im ersten Augenblick des Schliessens durch den an der Löthstelle erregten thermo-elektrischen Strom zuerst um  $80^\circ$  ab, und stellte sich dann auf  $20^\circ$  ein, und zwar zeigte die Richtung der Abweichung, dafs die Löthstelle sich erkältet hatte. — Ging der galvanische Strom aber von  $A'$  nach  $W'$ , so erfolgte ein entgegengesetzter Ausschlag der Multiplicatornadel bis  $50^\circ$ , die Nadel stellte sich ein auf  $30^\circ$ . — Als ich ein kleines Thermometer, dessen Kugel  $1\frac{3}{4}$  Linien im Durchmesser hatte, an die Löthstelle hielt, zeigte sich im ersten Fall ein Sinken der Temperatur von  $0^\circ,7$  R., im zweiten aber ein Steigen derselben von  $3^\circ,3$ .

Bei diesem Versuche könnte man aber glauben, dafs ein Theil des galvanischen Stromes durch die thermoelektrische Kette gegangen sey und die Bewegung der Multiplicatornadel veranlafst habe, und allerdings würde dann die Richtung der Abweichung der Nadel des Multiplicators natürlich mit Umdrehen des galvanischen Stromes entgegengesetzt ausfallen. Indessen ist dem nicht so, denn *erstlich* ist kein Grund vorhanden, warum dieser Nebenstrom eher in der einen Richtung, als in der entgegengesetzten durch die thermo-elektrische Kette gehen sollte, was sich auch dadurch bestätigt, dafs, wenn  $A$  und  $A'$  mit dem galvanischen Elemente,  $W$  und  $W'$

aber mit dem Multiplicator verbunden wurden, oder umgekehrt, gar keine Abweichung der Multiplicatornadel erfolgte; *zweitens* erlangte ich ähnliche Resultate, wenn ich zuerst bloß *A'* und *W'* mit der galvanischen Kette eine Zeit lang verband, dann die Verbindung aufhob, und *A* und *W* mit dem Multiplicator in Verbindung setzte, nur war der Ausschlag geringer; und *drittens* zeigt die unmittelbare Angabe des Thermometers die Richtigkeit des Phänomens an.

Um diesen letzten directesten und daher schlagendsten Beweis noch vollständiger zu führen, liefs ich zwei viereckige Stangen von Wismuth und Antimon von derselben Dicke, wie die früher gebrauchten, an einander löthen, so dafs sie eine einzige Stange von doppelter Länge bildeten, an der Löthstelle aber ein Loch hineinbohren, in welches die Kugel des kleinen Thermometers bis zur Mitte der Löthstelle hineingebracht wurde. Der nicht ausgefüllte obere Theil des Loches ward mit Eisenfeilspänen ganz ausgefüllt. Darauf ward mit dieser Stange ein einfaches Zink-Platin-Element von 1 Quadratfufs Oberfläche geschlossen. — Ging der Strom vom Wismuth (*W*) zum Antimon (*A*), so sank das Thermometer von 12,3 bis 9,4, also fast um 3° R., nach einer Zeit lang aber fing es wieder an zu steigen. Dieses rührte aber offenbar von der starken Erhitzung der Wismuthstange her, die sich durch das Anfühlen sehr stark kund gab und durch Fortleitung die Temperatur der Löthstelle erhöhte. Die Antimonstange erwärmte sich, wenigstens dem Anfühlen nach, nicht merklich, was von der besseren Leitungsfähigkeit derselben herrührt (siehe weiter unten). — Stand der Strom umgekehrt, so dafs er von *A* nach *W* ging, so stieg die Temperatur bis über 48° hinaus.

Dieser Versuch beweist nun das Daseyn einer Erkältung bei der Richtung des Stromes von *W* nach *A* unwiderleglich; zugleich aber wird dadurch klar, dafs es

nicht die rechte Methode ist, wenn man, wie Peltier es that, die beiden Metalle durch die Kugel eines Luftthermometers führt; hier ist es nämlich nicht zu vermeiden, daß außer der Löthstelle noch ein Theil der Wismuthstange selbst durch die Kugel geht, und deren starke Erwärmung kann die Wirkung der erkalteten Löthstelle leicht mehr wie compensiren.

Endlich führte ich den Beweis der Erkaltung noch anders. Ich füllte das Loch der Löthstelle, welches früher die Thermometerkugel einnahm, mit Wasser und legte die Stange auf schmelzenden Schnee, mit welchem ich auch die übrigen Theile derselben, außer der Löthstelle, bedeckte. Die Stange erhielt dadurch natürlich  $0^{\circ}$ , welches auch das in das Wasser der Löthstelle getauchte Thermometer 10 Minuten hindurch richtig angab. Als jetzt der Strom die Stange von *W* nach *A* durchlief, war das Wasser in dem Loche der Löthstelle nach 5 Minuten vollständig gefroren. Tauchte dabei das Thermometer in dieses Wasser, so sank es auf  $-3^{\circ}.5$ . Der Versuch wurde mehrmals mit demselben Erfolge wiederholt, wobei ich als thätig-theilnehmende Zeugen Hrn. Prof. Jacobi aus Dorpat und Dr. Nervander aus Helsingfors anführe. Dieses ist, so viel ich weiß, die erste Eisbildung auf galvanischem Wege gewesen.

## 2) Ueber die Leitungsfähigkeit des Wismuths, Antimons und Quecksilbers.

Ich habe die Leitungsfähigkeit der genannten Metalle nach der von mir schon oft angewandten und beschriebenen Methode (Poggend. Annalen, Bd. XXXIV S. 418) durch Inductionsströme bestimmt, und da zwei von diesen Bestimmungen, namentlich die Leitungsfähigkeit des Wismuths und Antimons, ohne Zweifel auf die oben unter I. angeführten Versuche von Einfluß sind, so mögen die Resultate hier ihren Platz finden. Die Versuche sind vorläufig nur bei *einer* Temperatur, näm-

lich der des Zimmers, nahezu bei  $15^{\circ}$  R., gemacht worden. Aus dem Wismuth und Antimon hatte ich viereckige Stangen von  $2\frac{1}{2}$  Fufs Länge giefsen und ihnen überall eine möglichst gleiche Dicke durch Abfeilen geben lassen; diese Dicke ward dann durch Abmessen bestimmt. Das Quecksilber ward in eine Glasröhre gefüllt, deren Länge genau bekannt war, und deren innerer Durchmesser durch Abwiegung des Quecksilbers bestimmt wurde. — Wenn die Leitung des Kupfers — 100 angenommen wird, so fand ich folgende Resultate:

Leitungsfähigkeit des Quecksilbers = 4,66

- - Antimons = 8,87

- - Wismuths = 2,58.

Die Bestimmungen haben dieselbe Genauigkeit, wie meine früheren Resultate der Art.

Ich versuchte hierauf die Leitungsfähigkeit beider Stangen von Wismuth und Antimon zu bestimmen, wenn ich sie als eine verband, und zwar zuerst, wenn der Strom vom Wismuth zum Antimon, und dann, wenn er in umgekehrter Richtung durchlief. Zu dem Ende wurden beide Stangen mit zwei ihrer Enden durch einen, 1 Zoll langen Kupferdraht verbunden, während die anderen Enden mit der elektromotorischen Spirale vereinigt waren. Ich erhielt auf diese Art:

Wenn der Strom vom Wismuth zum Antimon gieng, den Leitungswiderstand = 3,53

Wenn der Strom vom Antimon zum Wismuth gieng, den Leitungswiderstand = 3,59

Als Einheit gilt hier der Widerstand eines Kupferdrahts von 1 Fufs Länge und 0,0008856 Quadratzoll engl. Querschnitt, welcher mir für alle meine Versuche der Art als Normaldraht dient. Es macht also keinen merklichen Unterschied für die Leitung, ob der Strom vom Wismuth zum Antimon, oder umgekehrt, durch das System beider Stangen geht. Auch ist der Leitungswiderstand fast genau eben so groß, als die Summe der

Leitungswiderstände beider Stangen, wenn diese, getrennt von einander, bestimmt werden. Diese Summe ist nämlich 3,50, was mit der mittleren Zahl aus den beiden oben erhaltenen, nämlich 3,56, gut übereinstimmt.

Indessen scheint die Leitungsfähigkeit dieser beiden Metalle doch zwischen ziemlich weiten Gränzen zu variiren. Ich finde nämlich aus meinem Tagebuche, daß ich vor einem Jahre etwa den Leitungswiderstand einer thermoelektrischen Kette von 5 Paar Wismuth- und Antimonstangen bestimmt habe  $= 3,71$ , während derselbe nach den so eben mitgetheilten Werthen aus den genommenen Dimensionen  $= 5,04$  sich hätte geben müssen. — Eben so war die Leitungsfähigkeit einer in ein Glasrohr eingeschmolzenen Wismuthstange  $= 1,60$ , statt, wie oben, 2,58 gefunden worden, indessen mag der erste geringe Werth derselben wohl daher rühren, daß die eingeschmolzene Wismuthstange an mehreren Stellen bedeutend große Blasen enthielt; dagegen war die oben untersuchte viereckige Stange im Guß sehr rein ausgefallen.

### 3) Ueber die Beziehung zwischen elektromagnetischen und magneto-elektrischen Strömen.

Ich habe in einem Aufsätze, der sich in den *Annalen von Poggendorff* (Bd. XXXI S. 483) befindet, die Ansicht entwickelt, daß jeder elektromagnetische Versuch in der Art umgekehrt werden kann, daß er einen entsprechenden magnetoelektrischen erzeuge; dazu braucht dem galvanischen Leiter nur diejenige Bewegung, die er, während der Strom durch ihn hindurchgeht, im elektromagnetischen Versuche hat, auf anderem Wege mitgetheilt zu werden, und es wird sich in ihm ein Strom *erzeugen*, der die entgegengesetzte Richtung des vorigen hat. Ich habe in jenem Aufsätze die Richtigkeit dieses Satzes an den bekanntesten elektromagnetischen Versuchen zu zeigen mich bemüht. — In diesen Tagen habe ich eine interessante Bestätigung der Ansicht erhalten.

Allen, die sich mit galvanisch-elektrischen Versuchen beschäftigt haben, ist die magneto-elektrische Maschine von Pixii bekannt, an der zuerst sämtliche Erscheinungen des galvanischen Stromes durch Rotation eines Magneten hervorgebracht wurden. In dieser Maschine wird der Strom bei jeder halben Umdrehung des Magneten in der einen, bei jeder folgenden in der entgegengesetzten Richtung erzeugt, und so immer fort. Um diesen umgekehrten Strömen eine und dieselbe Richtung zu geben, brachte Pixii mit dem Drahte, in welchem der Strom erzeugt wird, eine *bascule*, nach Ampere, in Verbindung. Ich habe diesen Commutator mit einem rotirenden, dem Principe nach dem Jacobi'schen ähnlichen, der unmittelbar an der rotirenden Axe des Stablmagneten sitzt, vertauscht, und erhalte nun mit dem Apparate einen zwar intermittirend, aber beständig nach einer und derselben Richtung laufenden Strom, der z. B. ein elektromagnetisches Hufeisen bei *angelegtem Anker* so stark magnetisirt, daß es 70 Pfund zu tragen vermag. Nach dem oben angeführten Gesetze der Reciprocität magneto-elektrischer und elektromagnetischer Erscheinungen, müßte nun, wenn der Apparat ganz in dieser Anordnung bliebe, und nur der Stablmagnet nicht gedreht würde, eine fortlaufende Rotation erhalten werden, sobald ich den im früheren Versuch *erzeugten Strom* jetzt durch eine galvanische Kette hervorrufe; nur wird die Richtung der Drehung eine entgegengesetzte seyn. Als ich, in Verbindung mit dem Hrn. Prof. Jacobi, den Versuch mit einer Kette von 12 Wollaston'schen Paaren, 12 Quadratzoll groß, anstellte, gelang er vollständig. Der Magnet rotirte anfangs mit hinlänglicher Kraft, um das mit ihm verbundene Räderwerk mit der Kurbel um herumzuführen; allein er verlor bei diesem Versuche bald den größten Theil seiner ursprünglichen Kraft, weil er während desselben den stark magnetischen gleichnamigen Polen des Ankers in zu große Nähe kam. Mau

kann sich leicht von der Nothwendigkeit dieser rotirenden Bewegung im Detail Rechenschaft geben; es ist im Grunde nichts anderes, als die rotirende Maschine des Prof. Jacobi, in der einer der Elektromagnete durch einen Stahlmagneten ersetzt ist.

---

## XII. Ueber das Verhalten der Kupfervitriollösung in der galvanischen Kette; von E. Lenz.

(Aus dem *Bulletin scientifique* der St. Petersburger Academie, mitgetheilt vom Verfasser.)

---

In einem Briefe des Hrn. Prof. Jacobi aus Dorpat, der sich in diesem Bulletin (No. 4) abgedruckt befindet <sup>1)</sup>, theilt der Verfasser mir ein Mittel mit, einen constanten Strom zu erhalten, welches darin besteht, jede der die galvanische Kette constituirenden Metallplatten mit einer verschiedenen, ihr angemessenen Flüssigkeit in Berührung zu bringen; er hatte dazu für die Kupferplatte eine gesättigte Auflösung von Kupfervitriol, für die Zinkplatte eine Salmiakauflösung gewählt, und die beiden Flüssigkeiten durch eine Membran getrennt. Bei dieser Gelegenheit forderte er mich dazu auf, den Leitungswiderstand des Kupfervitriols in Berührung mit dem Kupfer in meinem magneto-elektrischen Apparate zu bestimmen, da dieser hier besonders zu beachten ist; denn Fechner hat bereits in seinen Maafsbestimmungen der galvanischen Kette gezeigt, daß die Schwächung des Stromes vorzüglich von der raschen Vergrößerung des Leitungswiderstandes des Ueberganges aus dem negativen Metall (also dem Kupfer) in die dasselbe benetzende Flüssigkeit herrühre. Ich war um so eher bereit dem Wunsche des Hrn. Jacobi zu entsprechen, da ich da-

1) S. Annal. Bd. XXXXIII S. 328.