

V.

Vorläufige Anzeige des Gesetzes, nach welchem Metalle die Contactelektricität leiten;

v o n

Dr. G. S. OAM, Oberlehrer zu Köln.

Durch mehrere Wahrnehmungen veranlaßt, habe ich sorgfältige und vielfach wiederholte Versuche über die Fortleitung der Contactelektricität in Metallen angestellt und Resultate erhalten, zu deren schleuniger Mittheilung ich mich um so mehr bewogen fühle, als meine geringe, ziemlich verkümmerte Muse mir es nicht verstatet, das Ende dieser Untersuchung so bald herbeizuführen. Und ich hoffe, dem theilnehmenden Publikum einen Dienst zu erzeigen, indem ich an jeder Stelle den Grund angebe, der mich zu einer neuen Reihe von Versuchen bewog.

Zu den Versuchen selbst gebrauchte ich einen Kupfer-Zink-Trog von 15 Zoll Höhe und 16 Zoll Länge. Aus dem Zink ging ein Drath *A* in ein Gefäß mit Quecksilber *M*, aus dem Kupfer ein Draht *B* in ein Quecksilbergefäß *N*; ferner wurde ein Drath *C* aus dem Gefäße *M* in ein drittes *O* geleitet. Der Kürze halber werde ich die Dräthe *A*, *B*, *C* zusammengekommen den *unveränderlichen Leiter* nennen. Außer diesen hatte ich noch 6 andere: *o*, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, deren Längen respektive $\frac{1}{2}$, 1, 3, 6, $10\frac{1}{2}$, 23 Fuß be-

ringen und die dazu dienten, die Gefäße *N* und *O* mit einander zu verbinden und so die Kette zu schließen; ich werde sie *veränderliche* nennen. Diese veränderlichen Leiter, mit Ausnahme des Leiters *o*, der sehr dick war, hatten alle 0,3 Linien im Durchmesser. Ueber dem Theile *O* des unveränderlichen Leiters hing eine Magnetnadel in einer Coulombschen Drehwage von besonderer Einrichtung, die der jedesmaligen Kraftbestimmung zum Maassstab diente.

Erste Reihe von Versuchen.

Der unveränderliche Leiter war 4 Fufs lang und $1\frac{1}{4}$ Linie dick. Die veränderlichen Leiter wurden in folgender Ordnung angewendet:

o a o b o c o d o e o

und jedes Mal die Kraft des unveränderlichen Leiters auf die Magnetnadel gemessen. Aus vielen solchen Versuchsreihen ergaben sich folgende Mittelwerthe für den Verlust an Kraft, welcher eintrat, wenn ein veränderlicher Leiter die Kette schloß.

Leiter	<i>o</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
Kraftverlust beob.	0,00	0,12	0,25	0,35	0,43	0,58

Der Zahlenreihe liegt die Kraft des Leiters *o*, die ich *Normalkraft* nennen werde, als Einheit zum Grunde. Diese Normalkraft wurde an der Drehwage durch 150 Theile, deren 100 eine ganze Umdrehung ausmachen, angezeigt.

Die Werthe dieser Zahlenreihe lassen sich sehr genügend durch die Formel:

$$v = 0,41 \log (1 + x)$$

darstellen, wobei v den Kraftverlust und x die Länge des veränderlichen Leiters in Fußsen anzeigt. Man erhält hieraus durch Rechnung:

Leiter	o	a	b	c	d	e
Kraftverlust berechn.	0,00	0,12	0,25	0,35	0,43	0,57

Um mich zu überzeugen, ob diese Uebereinstimmung nicht vielleicht doch nur zufällig sey, confirmirte ich einen neuen veränderlichen Leiter f von 75 Fuß Länge. Die Beobachtung gab seinen

Kraftverlust = 0,78 bei einer Normalkraft von 168 Thlen

- - = 0,75 - - - - - 130 -

Die Rechnung giebt für diesen Kraftverlust 0,77

bei einer Normalkraft von 150 Theilen.

Zweite Reihe von Versuchen.

Differenzirt man die Gleichung

$$v = 0,41 \log (1 + x),$$

so erhält man

$$dv = m \frac{dx}{1 + x}$$

Durch die Form dieser Differenzialgleichung kam ich auf den Gedanken, ob nicht vielleicht ihre allgemeine Form seyn werde:

$$dv = m \frac{dx}{a + x},$$

wobei a von der Länge des unveränderlichen Leiters abhängig seyn dürfte; denn da der 4 Fuß lange unveränderliche Leiter $\frac{1}{4}$ Linie dick war, so war es mög-

lich, daß diese Länge der von einem Fuße des 0,3 Linien dicken Drahtes das Gleichgewicht hielt. Findet sich diese Vermuthung bestätigt, so verwandelt sich obige Formel in diese:

$$v = m \log \left(1 + \frac{x}{a} \right)$$

Um hierüber zur Gewissheit zu gelangen, substituirte ich statt der Theile *A* und *B* des unveränderlichen Leiters, welche zusammen $2\frac{1}{2}$ Fuße ausmachten, zwei andere von derselben Länge und 0,3 Linien Dicke. Damit angestellte Versuche gaben bei einer Normalkraft von 133 Theilen

Leiter	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	
Kraftverlust beob.	0,00	0,07	0,16	0,24	0,32	0,49	0,75

Da aber von dem dicken Drahte $1\frac{1}{2}$ Fuße blieb und $2\frac{1}{2}$ Fuße dünner hinzukam, so wäre (wenn nach der eben aufgestellten Vermuthung 4 Fuße vom dicken, einem Fuße vom dünnen Drahte gleich kamen) für beide zusammen 2,9 Fuße dünner zu setzen. Berechnet man nun *v* aus voriger Formel, indem man $a = 2,9$ und $m = 0,525$ setzt, so findet man

Leiter	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	
Kraftverlust berechn.	0	0,07	0,16	0,25	0,54	0,50	0,75

und man sieht leicht, daß der Werth von *m*, der allein aus dem Kraftverlust des Leiters *f* hergeholt worden ist, den Beobachtungen noch besser hätte angepaßt werden können. Uebrigens ist zu bemerken, daß die hier beobachteten Werthe nur aus einer einzigen Reihe von Versuchen hergeleitet sind.

Dritte Reihe von Versuchen.

Ich hatte unterdessen einen ziemlichen Grad von Sicherheit in Versuchen dieser Art erlangt, und war auf einem Umstand aufmerksam geworden, der leicht einen Irrthum von 2 und mehr Theilen in jeder einzelnen Beobachtung an der Drehwage herbeizuführen im Stande ist, und den ich in den vorigen Versuchen nicht berücksichtigt hatte, weil er mir damals noch unbekannt war. Dieser Umstand besteht in folgender an sich merkwürdigen Thatfache. Wenn nämlich unmittelbar auf den Leiter *o* einer der andern veränderlichen in die Kette gebracht wird, so bedarf es wohl einer halben Minute und darüber Zeit, bis die Wirkung auf die Nadel ihr Maximum erreicht hat, das man abwarten muß, wenn man nicht eine zu kleine Zahl aufzeichnen will; und umgekehrt, wenn nachher wieder der Leiter *o* in die Kette kommt, so ist die Wirkung auf die Nadel in der ersten Zeit zu groß, und man muß, um sicher zu gehen, ihr Minimum abwarten *).

So ausgerüstet beschloß ich zur Sicherstellung des aufgefundenen Gesetzes eine neue Reihe von Versuchen, die für jeden Leiter nur aus zwei Beobachtungen, welche äußerst nahe mit einander übereinstimmen, besteht. Dabei brachte ich an die Stelle des

*) Es wäre zu wünschen, daß der Hr. Verfasser Muse fände, diese und ähnliche Gesetzbestimmungen mit der sogenannten thermoelektrischen Kette vorzunehmen. Die Wirkungen sind bei dieser bei weitem beständiger, als bei der sogen. hydroelektrischen Kette, und lassen deshalb sehr scharfe Messungen zu. P.

Theilers C vom unveränderlichen Leiter 2 Fuß 0,3 Linien dicken Draht, so daß also im Ganzen der unveränderliche Leiter jetzt aus 4,5 Fuß von demselben Drahte bestand, woraus die veränderlichen Leiter a bis f gebildet waren. Das Resultat dieser Versuche war folgendes:

Leiter	a	b	c	d	e	f
Kraftverlust beob.	0,00	0,04	0,10	0,16	0,23	0,36

Setzt man in obige Formel, wie hier geschehen muß, $a = 4,5$ und wählt für m den Werth 0,452, wie ihn die letzte Angabe liefert, so findet man

Leiter	a	b	c	d	e	f
Kraftverlust berechn.	0,000	0,039	0,100	0,166	0,234	0,355

Diese Uebereinstimmung der beobachteten mit den berechneten Werthen ist als vollkommen anzusehen, um so mehr, als bei diesen Versuchen die Normalkraft an der Drehwage stets zwischen 44 und 45 Theilen sich aufhielt, und ich kleinere als halbe Theile nie berücksichtigt habe.

Nach diesen Versuchen sehe ich das Gesetz

$$v = m \log \left(1 + \frac{x}{a} \right)$$

als hinlänglich durch die Erfahrung bestätigt an. Daß es für $x = -a$, $v = -\infty$ giebt, widerspricht keineswegs unserer anderweitigen Vorstellung von der Natur der galvanischen Kraft. Aus ihm erklärt sich von selbst die auffallend starke Wirkung des von

Wollaston ausgeführten Glühapparats, eben so die verhältnißmäßig so starke Wirkung des elektromagnetischen Apparats nach der von Gilbert getroffenen Einrichtung; ferner liegt in ihm der Grund, warum, nach Poggendorff, auf einem gewissen Punkte die Vervielfältigung der Windungen am Multiplikator zur Stärke der Wirkung nichts mehr beiträgt, und er fügt noch hinzu, daß durch immer fortgesetzte Vervielfältigung der Windungen die Wirkung wieder abnehmen und zuletzt ganz verschwinden müsse; es verspricht endlich eine tiefere Einsicht in die Natur des Thermomagnetismus.

Der Coëfficient m ist eine Funktion von der Normalkraft, von der Dicke des Leiters, von dem Werthe a und, wie ich Ursache zu glauben habe, von der elektrischen Spannung der Kraft. Ich bin eben noch damit beschäftigt, die Natur dieser Funktion durch genauere Versuche fest zu begründen. Um jedoch schon jetzt die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf diesen Gegenstand zu lenken, erwähne ich noch folgender Beobachtung. Die Kette war mit dem Leiter f geschlossen, und in den Trog verdünnte Schwefelsäure gegossen, wie man sie zu den elektromagnetischen Versuchen anzuwenden pflegt; die Drehwage zeigte 50 Theile, die Nadel ging allmählig, aber äußerst langsam rückwärts, und nach Verlauf von mehr als einer Viertelstunde, als das Brausen schon fast ganz nachgelassen hatte, zeigte die Drehwage 45 bei einer Normalkraft von 447 Theilen. Frühere Versuche hatten mich aber belehrt, daß bei einem so gefüllten Trog nach Verlauf von 12 Minuten, bei schon stiller gewordenem Brausen, die Normalkraft noch 1300

Theile betrage. Dieser Leiter ist folglich im Stande die Normalkraft auf weit weniger als ihren 26st. Theil zurückzubringen. *Wirkungen von Leitern auf Leiter, die in derselben Kette sich befinden, können durch solche Hindernisse leicht 1000fach geschwächt werden!*

Nachschrift. Des Döbereiner'schen Feuerzuges bediene ich mich schon seit einigen Jahren, und glaube während dieser Zeit bemerkt zu haben, daß ein gut beschaffener Platinschwamm durchaus keiner weitem Sorge bedürfe. Der letzte, den ich auf meine Lampe gesteckt habe, dient mir schon seit fast einem Jahre mit immer gleicher Schnelligkeit; er spricht Sommer und Winter stets nach Ablauf von 1 bis 2 Sekunden an, sogar wenn er Wochen lang geruhet hatte. Wenn diese Schwämme anfangen zunehmend langsamer zu wirken, so sind sie ihrem Verderben nahe, und keine Bedeckung kann sie schützen, selbst ein neues Erglühen setzt sie nur auf eine sehr kurze Zeit in ihre alte Wirksamkeit. Ich beobachte stets folgende Regeln. Bei ihrer Bereitung lasse ich sie lange, aber nicht stärker als dunkelroth glühen. Die Flamme der Lampe mache ich sehr klein, nicht viel über einen halben Zoll lang. Den Platinschwamm bringe ich sehr nahe an die Mündung der Ausflusssäule, noch nicht eine Linie von ihr entfernt, und zwar erkenne ich seinen rechten Stand an folgenden Zeichen: Wenn der Hahn geöffnet wird, muß der Platinschwamm schnell erglühen; so wie aber die Flamme ausbricht, muß die ganze dem Strome zugekehrte Seite schwarz werden und bleiben.

Da ich keine Gelegenheit gehabt habe vergleichende Beobachtungen anzustellen, so kann ich nicht dafür bürgen, daß alle diese Vorschriften gleich wesentlich sind, aber dafür, daß hier in Köln viele solche Feuerzeuge nach jenen Regeln behandelt, fortwährend ihre guten Dienste thun. (Die Temperatur, welche der Platinschwamm bei seiner Bereitung und seinem nachherigen Gebrauche unterworfen ist, hat offenbar den größten Einfluß auf die Bewahrung seiner Wirksamkeit. Vergl. Magnus Abhandlung Bd. 79. S. 81.)

Späterer Nachtrag.

Eine nähere Untersuchung in Bezug auf das Steigen und Fallen der Kraft bei verändertem Zwischenleiter in der elektrischen Kette, hat mich zu folgenden Resultaten geführt:

- 1) *Die elektrische Kraft ist bei jedem Leiter im ersten Augenblicke der Schließung der Kette am stärksten, nimmt von da an allmählig ab und gelangt endlich, wenn man sich die leitende Flüssigkeit unverändert denkt, zu einem Minimum. Durch ein Oeffnen der Kette auf längere Zeit erhält sie wieder ihre vorige Stärke.*
- 2) *Dieses Minimum liegt der anfänglichen Kraft beim längern Leiter verhältnißmäßig näher als beim kürzern (es versteht sich, daß hierbei die Dicke constant angenommen wird); daher wächst die Kraft allmählig, und gelangt scheinbar zu einem Maximum, wenn unmittelbar nach dem kürzern, ein längerer Leiter in die Kette gebracht wird.*

Nachdem ich die Natur dieser Erscheinung erkannt und ihre Größe in verschiedenen Fällen ausgewerthet hatte, stand ich keinen Augenblick mehr an, in ihr den Grund zu suchen, warum die Wirkung des Wollaston'schen Glühapparats, wenn sie bereits aufgehört hat, dadurch, daß man ihn auf kurze Zeit der Luft aussetzt, wiederholt erneuert werden kann. Ich überzeugte mich hievon noch besonders auf folgende Weise: Den an dem Zinke angebrachten Kupferstreifen schnitt ich, so weit er über dasselbe hinausragte, ab, und verband diese beiden Stücke durch einen Streifen Elfenbein, der die Leitung unterbrach. Auf jedes dieser Stücke schraubte ich ein Schälchen von Messing mit Quecksilber angefüllt und verband diese mit einem Bogen von Messingdraht, der die Leitung auf solche Weise wieder ergänzte. Den so abgeänderten Apparat brachte ich hierauf in verdünnte Salzsäure, und als der Platindraht zu glühen aufgehört hatte, hob ich, ohne den Apparat aus der Flüssigkeit zu nehmen, den Messingdraht aus den Schälchen heraus und brachte ihn nach kurzer Zeit wieder in dieselben hinein. Der Platindraht fing dann aufs Neue an zu glühen und ich konnte diese Erneuerung der Wirkung viele Male wiederholen. Als aber endlich durch dieses Mittel kein Glühen mehr bewirkt werden konnte, half auch ein Herausnehmen des Apparats aus der Flüssigkeit und Wiedereintauchen nicht mehr.
