©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

## 2. Ueber den galvanischen Uebergangswiderstand an den Berührungsstellen metallischer Leiter.

Von Dr. Friedrich C. G. Müller.

In einer früher von mir veröffentlichten Untersuchung über die galvanische Polarisation, Pogg. Ann. CLI, 295, findet sich bei der Beschreibung der angewendeten Apparate die Angabe, dass Commutatoren mit schleifenden Metallfedern dem Stromdurchgang einen Uebergangswiderstand darböten, welcher nicht blos mit der Stellung der Walze, sondern auch mit der Stromstärke variire. Zu dieser Wahrnehmung gab ein allerdings mittelmässig gearbeiteter Rhumkorff'scher Commutator Anlass, welcher es nie gestattete, den Strom ohne erhebliche Aenderung der Intensität zu wenden. Später fand ich bei dem nämlichen Apparate durch directe Messung Widerstände, welche zwischen 1,7 und 12,0 lagen; ebenfalls zeigte es sich augenscheinlich, dass dieser Widerstand mit der Stromstärke in unregelmässigster Weise schwankte. Diese Beobachtungen machten mich daher so besorgt, dass ich bei meinen galvanometrischen Apparaten fast alle Klemmschrauben entfernte und dafür die Leitungen mit Zinn verlöthete. Denn jede Contactstelle konnte ja einen ähnlichen Uebergangswiderstand und somit eine unberechenbare Fehlerquelle veranlassen. Da sich aber Contactstellen im Stromkreise wohl kaum beseitigen lassen, zumal, wenn man mit Zink-Kohle-Elementen arbeitet, so beschloss ich der Sicherheit halber die Frage einer eingehenden Prüfung zu unterwerfen. Die Thatsache, dass überhaupt ein Uebergangswiderstand der angedeuteten Art stattfindet, erinnere ich mich in verschiedenen Lehrbüchern und Originalabhandlungen erwähnt gefunden zu haben, ohne dass irgendwo viel Aufsehens davon gemacht wurde. Eine eingehende Specialuntersuchung über diesen Punkt ist mir nicht zu Gesicht gekommen.

Die wichtigste Rolle bei der nunmehr mitzutheilenden Experimentaluntersuchung spielt eine Kette, welche aus Messingdraht

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

von 1,95 mm. Dicke angefertigt war. Die kurzen Glieder dieser Kette hatten eine Oförmige Gestalt, sodass sie bequem zusammengesetzt und auseinandergenommen werden konnten. Das oberste Glied kam vermittels eines mit Quecksilber versehenen Doppelhakens an ein Stativ zu hängen, das unterste trug einen ähnlichen Doppelhaken mit Quecksilbernäpfchen, welches seinerseits eine Wagschale trug. Die nahe über der Tischfläche schwebende Schale stützte sich zur Vermeidung von Schwankungen auf einen Ballen lockerer Baumwolle. Die Berührungsstellen der einzelnen Glieder der Kette waren blank polirt, was leicht vermittels eines darum geschlungenen Bindfadens geschieht, dem man, nachdem er mit caput mortuum bestreut, eine sägende Bewegung ertheilt. Die aus 15 Gliedern bestehende Kette wog 10,45 Gr., der daran hängende Napf nebst Wagschale 34,3 Gr. Um das seitliche Ausweichen der Kette zu verhüten, liess man sie durch ein vertikal eingespanntes, genau anschliessendes Glasrohr gehen.

Ein durch die Kette vermittels der erwähnten Quecksilbernäpfe geleiteter Strom musste also 16 Berührungsstellen passiren und dadurch voraussichtlich einen beträchtlichen Widerstand erfahren. Die Kette konnte leicht und ohne Erschütterung der Aufstellung durch einen Quecksilber-Umschalter in den Schliessungsbogen ein- oder ausgeschaltet werden. Der Strom ging ausserdem durchs Galvanometer und Rheochord. Bei Abgleichung der Widerstände fand die in der angeführten Abhandlung pag. 292 ausführlich beschriebene mikroskopische Ablesung der Nadelstellung statt. Als Stromquelle diente in der Regel ein sehr constantes Daniell'sches Element.

So war alles gethan um für die Widerstandsmessungen eine grosse Genauigkeit garantiren zu können. In der That beliefen sich bei der Ausmittelung der Leitungsfähigkeit des zur Kette benutzten Drahts die grössten Abweichungen vom Mittel nicht über $\frac{1}{50}$ Einheit.

Die Untersuchung selber anlangend, muss von vorn herein bemerkt werden, dass ich damit anfänglich auf Irrwege gerathen bin. Aus meinen Messungen glaubte ich schliessen zu müssen, der Uebergangswiderstand sei nicht allein der Intensität proportional, sondern auch der elektromotorischen Kraft der angewandten Elemente. Erst nachdem eine grosse Zahl von Beobachtungsreihen ausgeführt waren, welche durchaus nicht in Einklang gebracht werden konnten, gelang es mir, die Quelle der grössten Irrthümer

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

zu erkennen und zu vermeiden, worauf einige weitere Messungsreihen sofort zum Endresultat führten.

Die Schwierigkeit zeigte sich darin begründet, dass trotz der Politur der Uebergangswiderstand auch an noch so nahe liegenden Punkten der Berührung ein anderer ist, wovon man sich durch gelindes Ausbiegen der Kette leicht überzeugen kann; dadurch wird sich nämlich ihr Widerstand möglicherweise um das 12fache vermehren oder vermindern. Nachdem ich die Kette in das Glasrohr eingeschlossen, glaubte ich einer derartigen Störung genügend vorgesehen zu haben. Das ist indessen nicht der Fall, sondern die geringste Erschütterung des Hauses und des Tisches ändert den Widerstand der Kette. Durch die kaum wahrnehmbaren Stösse, welche durch den Wagenverkehr in entfernteren Strassen hervorgebracht werden, pflegt der Widerstand stetig geringer zu werden, stärkere Erschütterungen, z. B. Fahren in der Nähe des Hauses, können ihn plötzlich bedeutend steigern. Darin liegt der Grund, erstens dass namentlich für geringe Belastungen der Schale die Werthe der einzelnen Messungsreihen durchaus nicht mit der erwarteten Genauigkeit unter einander stimmten, zweitens dass die Mittelwerthe der zu verschiedenen Zeiten gefundenen Reihen gar nicht mit einander verglichen werden konnten.

Durch folgenden Kunstgriff liess sich der Uebelstand schliesslich in etwas beseitigen. Der Strom wurde mit der gewünschten Intensität hindurch gelassen und das Mikroskop auf die Galvanometernadel eingestellt. Während man durch dasselbe die Nadel beobachtete, wurde mit einem kleinen Stäbchen ununterbrochen an den Tisch, welcher das Stativ mit der aufgehängten Kette trug, geklopft. Die Nadel ging dabei stetig vorwärts, bis sie schliesslich stationär blieb. Dann hatten sich, wie leicht zu verstehen, die Berührungspunkte der einzelnen Glieder auf die Orte der grössten Stabilität begeben, aus der sie thatsächlich nur durch eine stärkere Erschütterung wieder zu entfernen waren, vorausgesetzt die Belastung der Schale mindestens 100 Gr. betrug. Bei geringerer Belastung versagte auch die angegebene Manipulation völlig ihren Dienst. Die alsbald mitzutheilenden Zahlen wurden erhalten, nachdem vor jeder Versuchsreihe durch Klopfen der stationäre Zustand herbeigeführt war.

Der metallische Widerstand der Kette lässt sich nicht genau angeben, weil man die wahre Länge des aus gekrümmten Gliedern zusammengesetzten Leiters nicht kennt. Meine Kette war 21 Ctm.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

lang, daraus schätze ich die absolute Länge des durchströmten Drahts auf 26 Ctm. Der Widerstand eines 26 Ctm. langen Stücks des zur Kette verwandten Messingdrahts wurde direct zu 0,64 gefunden. Hierzu würde ein geringer Betrag auf Rechnung des an jedem Berührungspunkte stattfindenden Ausbreitungswiderstands zuzuzählen sein. Wir dürfen also annehmen, die Zahl 0,7 bezeichne den metallischen Widerstand. Uebrigens ist es für unsere Messungen meistens wenig störend, wenn die Zahl 0,7 auch um 5 Procent fehlerhaft sein sollte, weil sie ja von dem vielfach grösseren Gesammtwiderstande subtrahirt werden muss, um als Rest den Uebergangswiderstand zu geben.

I. Belastung der Schale 100 Gr. Als Elektromotor ein Zink-Kohle-Element.

a) J = 10. Der Gesammtwiderstand W wurde gefunden
4,4 4,0 3,8 4,0
Mittel 4,05.
Daraus der Uebergangswiderstand
U = 3,35.

b) J = 20
W = 4,0 4,0 3,84
Mittel 3,946
U = 3,246.

c) J = 10
W = 4,0 3,8 3,8
Mittel 3,866
U = 3,166.

d) Elektromotor ein Daniell'sches Element, sonst wie c).
W = 4,4 4,2 4,3
Mittel 4,3
U = 3,6.

II. Belastung 200 Gr. J = 10
W = 3,0 3,0 3,0 2,8
Mittel 2,95
U = 2,25.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

III. Belastung 400 Gr. J = 10.

W = 0,98 0,98 0,96 0,97

Mittel 0,972

U = 0,272.

Aus den vorstehenden Beobachtungen leitet sich sofort eine negative Antwort auf die den Ausgangspunkt der Untersuchung bildende Frage her. Der Uebergangswiderstand ist unabhängig von Intensität und elektromotorischer Kraft; die Grösse desselben ist verschwindend klein, selbst wenn Leiter sich nur in einem Punkt bei einem gegenseitigen Druck von 400 Gr. berühren. Nach Reihe III ist sie ja für eine einzige Uebergangstelle nur 0,017, nach Reihe II 0,14. Daraus ergibt sich, dass der durch Einführung von Klemmschrauben veranlasste Uebergangswiderstand vollständig unmessbar sein muss, denn durch gehöriges Anziehen der Schraube wird ein Druck von mehreren Kilogrammmen hervorgebracht, abgesehen davon, dass sich die Leiter dabei nicht in einem Punkte, sondern in einer Linie berühren.

Die mitgetheilten Zahlen sind zur Feststellung des negativen Resultats durchaus beweisend, obgleich sie aus den angeführten Gründen nicht mit der Schärfe übereinstimmen, welche zur Begründung positiver Gesetze erforderlich ist. Das von mir eingeschlagene Verfahren wenigstens dürfte auch kaum anwendbar sein, um die Abhängigkeit des Uebergangswiderstands von der Stärke des Drucks festzustellen, mit der die sich berührenden Leiter auf einander gepresst sind.

Um einen Begriff davon zu geben, wie gross der Widerstand in der nämlichen Kette gewesen ist, wenn sie vorher nicht in der beschriebenen Weise andauernd erschüttert war, theile ich aus der Zahl meiner vergeblichen Messungsreihen folgende Mittelwerthe mit.

Für die Belastung der Schale mit 200 Gr. wurde zu verschiedenen Zeiten gefunden:

U = 2,66 5,68 6,28

ebenso für 100 Gr. Belastung:

U = 4,84 9,18 7,14 12,5 12,3 10,62, 10,3.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Der Leser wird fragen, wie es zugegangen, dass mein Rhumkorff'scher Commutator ebenfalls einen variablen Widerstand bei unveränderter Stellung der Walze zeigte, so dass er Anlass zu der früheren falschen Behauptung und der vorstehenden Untersuchung werden konnte? Der Grund liegt, wie ich mich hernach überzeugt habe, einfach darin, dass die an sich schwachen Federn fast gleich stark waren. Dadurch wurde die Walze in der Schwebe gehalten, so dass die schlotternden Zapfen bei jeder Erschütterung in ihren Lagern einen andern Berührungspunkt finden mussten, obendrein noch unter unzureichendem Drucke. Durch folgende einfache Abänderung wird jedoch auch der Rhumkorff'sche Commutator zu exacten Versuchen brauchbar: Man macht die thunlichst kräftigen Federn ungleich stark, dann werden durch den Ueberdruck der stärkeren die Zapfen fest an die Lagerwandung gepresst.

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahresbericht des Naturwissenschaftlichen Vereins Osnabrück

Jahr/Year: 1875

Band/Volume: 2

Autor(en)/Author(s): Müller Friedrich Carl Georg

Artikel/Article: Ueber den galvanischen Uebergangswiderstand an den Berührungsstellen metallischer Leiter 28-33