

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

Band XXVII. Jahrgang 1897.

München.

Verlag der k. Akademie.

1898.

In Commission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth).

Ein elektrochemisches Verfahren, um Wechselströme in Gleichströme zu verwandeln.

Von L. Graetz.

(Eingelaufen 1. Mai.)

Die Aufgabe, die positiven und die negativen Stromtheile von Wechselströmen zu trennen, und sie entweder getrennt in verschiedenen Leitungen oder gemeinschaftlich in derselben Leitung nach gleicher Richtung zu senden, ist bei wissenschaftlichen Messungen immer dann von Wichtigkeit, wenn man statt der Elektrodynamometer die weit empfindlicheren Galvanometer anwenden will oder muss, z. B. bei einigen Methoden zur Bestimmung der kritischen Geschwindigkeit und bei gewissen Methoden zur Messung des Selbstpotentials. Gelöst wird diese Aufgabe bisher durch die Anwendung von Disjunktoren, bei denen aber bekanntlich eine Hauptschwierigkeit in der Erhaltung constanter Drehungsgeschwindigkeit liegt. Im Grunde dieselbe Methode, nämlich die Benutzung von rotirenden Commutatoren, wird auch in der Elektrotechnik zuweilen angewendet. Gewöhnlich aber bewirkt man dort die Verwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom auf ganz indirektem Wege und nur mit erheblichen Verlusten an Energie, indem man einen Wechselstrommotor und eine Gleichstromdynamo auf dieselbe Axe setzt, von dem Wechselstrom den Motor und damit die Dynamomaschine treiben lässt, und von der letzteren den Gleichstrom abnimmt. Der erzeugte Gleichstrom besteht dabei in keiner Weise aus den Theilen des Wechselstroms, sondern ist ein ganz anderer, mit beliebig anderen Spannungs- und Stromverhältnissen.

Auf eine wesentlich andere und zwar einfachere und sichere Art lassen sich aber diese Aufgaben lösen durch Zuhilfenahme der Polarisations-eigenschaften des Aluminiums. Es ist schon lange bekannt,¹⁾ dass eine elektrolytische Zelle, in welcher die eine Elektrode aus Aluminium besteht, eine ausserordentlich starke Schwächung eines hindurch geschickten Stromes bewirkt, wenn die Aluminiumelektrode die Anode ist und an ihr Sauerstoff auftritt, während sie keine erheblichen Stromänderungen verursacht, wenn die Aluminiumelektrode die Kathode ist. Die Ursache dieser Erscheinung wurde auf die Bildung eines sehr schlecht leitenden Oxyds an der Anode geschoben,²⁾ also auf einen Uebergangswiderstand, während wahrscheinlicher eine Art von Condensatorwirkung zwischen der Elektrode und der Flüssigkeit, also eine Art von dielektrischer Polarisierung, zum Unterschied von der gewöhnlichen elektrolytischen Polarisierung, die richtigere Erklärung bietet.³⁾ Die Begründung dieser letzteren Ansicht liegt darin, dass eine jede solche Zelle einer ganz bestimmten elektromotorischen Kraft das Gleichgewicht hält, nämlich, nach meinen Messungen, von 22 Volt, so dass Ströme von geringerer Spannung überhaupt nicht durch die Zelle gehen, Ströme von grösserer Spannung aber so, als ob diese Spannung um den Betrag von 22 Volt vermindert wäre. Wollte man einen Uebergangswiderstand annehmen, so müsste dieser der vorhandenen Stromstärke umgekehrt proportional sein, was nicht wohl interpretirbar ist. Gegen die Annahme einer gewöhnlichen elektrolytischen Polarisierung spricht, abgesehen von der aussergewöhnlichen Grösse derselben, der Umstand, dass auch unmittelbar nach der Unterbrechung des ladenden Stromes eine Polarisierung von annähernd diesem hohen Betrag nie zu finden ist. Die beobachtbaren bleibenden Polarisierungen halten sich um den Betrag von 1 Volt herum. Eine Condensatorwirkung dagegen würde sowohl die Grösse der vorhandenen Gegenkraft, wie das Aufhören derselben nach Stromöffnung erklären.

1) Buff Lieb. Ann. 102 p. 296, 1857. Dueret J. de phys. 4 p. 84, 1875.

2) Beetz Wied. Ann. 2 p. 94, 1877.

3) Streintz Wied. Ann. 32 p. 116, 1887. 34 p. 751, 1888.

Durch eine Reihe von solchen Zellen, hintereinander geschaltet, kann man daher einem primären Strom in der einen Richtung eine Gegenkraft entgegensetzen, welche der Anzahl der Zellen mal 22 Volt gleich ist. In dieser Richtung, nämlich in derjenigen, in welcher das Aluminium die Anode ist, geht dann von dem primären Strom, wenn seine Spannung kleiner als der genannte Betrag ist, kein mit empfindlichen Galvanometer messbarer Strom hindurch. In der entgegengesetzten Richtung aber ist der Strom durch die erzeugte Wasserstoffpolarisation nur wenig geschwächt (die Gegenkraft beträgt weniger als 1 Volt für jede Zelle).

Die andere Elektrode der Zelle spielt keine wesentliche Rolle. Sie kann aus Platin oder einem anderen brauchbaren Metall bestehen. Ich habe gewöhnlich Kohlen genommen, wie sie in Bunsen'schen Elementen gebraucht werden. Jedenfalls darf sie für die folgenden Zwecke nicht auch aus Aluminium bestehen. Die Flüssigkeit muss die Eigenschaft besitzen, an der Anode direkt oder durch sekundäre Prozesse Sauerstoff zu entwickeln. Es eignen sich also verdünnte Säuren und insbesondere Alaunlösungen (Natron- und Kalialaunlösungen) dazu.

Sendet man nun durch eine solche Reihe von Zellen einen Wechselstrom hindurch, und wählt man die Zahl der Zellen so gross, dass die Anodenpolarisation die Spannung des Wechselstroms überwiegt oder mindestens ihr gleich ist, so sieht man, dass die positiven Stromtheile, in welchen Aluminium Anode würde, alle nicht hindurchgelassen werden und dass nur die negativen Stromtheile hindurchgehen. Es sind also aus dem Wechselstrom die Stromtheile einer bestimmten Richtung alle abgesondert und es geht in Folge dessen ein (unterbrochener) Gleichstrom durch die Leitung. Dieser Gleichstrom hat aber naturgemäss nur ungefähr die halbe Stärke des vorherigen Wechselstroms. Ein Verlust der halben Energie ist allerdings damit nicht verbunden. Da die positiven Stromtheile gar nicht zu Stande kommen, so ist zur Erzeugung des Stroms auch nur die halbe Energie nothwendig.

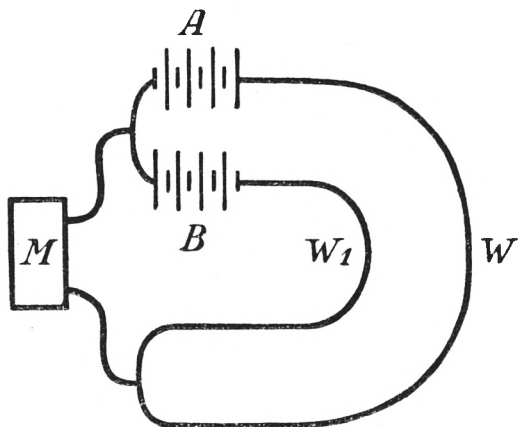
Man kann aber ebenso in einem zweiten Stromkreis die

anderen Stromtheile für sich auffangen, indem man eine zweite Batterie von solchen Zellen in umgekehrter Anordnung mit den Polen der Wechselstromquelle verbindet.

In Fig. 1 ist M die Wechselstromquelle, A und B sind solche Batterien aus Aluminiumzellen, die langen Striche bedeuten die Aluminiumelektroden, die kurzen die anderen Elektroden.

In dem Draht W fließen die gleichgerichteten Stromtheile der einen Art, in dem Draht W_1 die gleichgerichteten Strom-

Fig. 1.

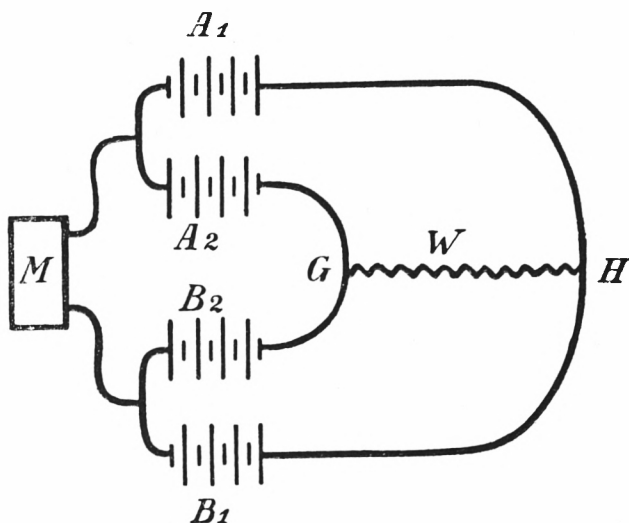


theile der anderen Art. Die beiden Stromtheile sind so getrennt und je durch einen besonderen Leiter gesendet. Der Apparat vertritt vollkommen einen Disjunktork und besitzt keine beweglichen Theile.

Man kann aber endlich auch durch eine besondere Schaltung die beiden Stromtheile durch denselben Draht nach derselben Richtung senden, so dass damit vollständig der Wechselstrom in pulsirenden Gleichstrom verwandelt ist. Zu dem Zweck schaltet man, wie in Fig. 2, an jeden Pol der Wechselstromquelle zwei entgegengesetzt geschaltete Batterien $A_1 A_2$ und $B_1 B_2$ nebeneinander, verbindet hinten die gleichnamigen Pole (A_1 mit B_1 und A_2 mit B_2) und verbindet diese endlich, bei G

und H , durch denjenigen Draht W , in welchem der Gleichstrom fließen soll. Man sieht leicht, dass in dem Draht W stets ein gleichgerichteter Strom fließt, welches auch die augenblickliche Stromrichtung des Wechselstroms sei. Denn wenn der obere Pol von M positiv ist, so geht der Strom von M über A_1 H G B_2 nach dem unteren Pol. Und wenn der untere Pol positiv ist, so geht der Strom über B_1 H G A_2 nach dem oberen Pol, also beide Male in der Richtung von H nach G .

Fig. 2.



In der That konnte ich bei einer Schaltung dieser Art in dem Draht W von einer kleinen Wechselstrommaschine einen Gleichstrommotor treiben lassen, ich erhielt Galvanometerangaben und Kupferniederschläge ganz so, als ob die Stromquelle M nicht eine Wechselstrommaschine, sondern eine Gleichstrommaschine gewesen wäre.

Da bei diesen Versuchen die Wechselstrommaschine nach den Angaben des Voltmeters nur 62 Volt Spannung besass, so war nach den vorhergehenden Messungen zu erwarten, dass mit je drei solchen Zellen der Strom der einen Richtung vollständig zum Verschwinden zu bringen sei. Unerwarteter Weise

war das nicht der Fall. Durch Variiren der Zellenzahl ergab sich, dass erst bei 4 Zellen die vollkommenste Wirkung eintrat. Der Grund dafür ist aber leicht einzusehen. Das Voltmeter giebt nur die mittlere Spannung des Wechselstroms. Um aber die Stromtheile der einen Art ganz zu vernichten, muss die Gegenspannung der Zellen der Maximalspannung des Wechselstroms das Gleichgewicht halten. Deshalb sind die Angaben des Spannungsmessers dafür nicht massgebend.

Was den Betrag der Energie anbetrifft, den man bei dieser Umwandlung von Wechselströmen in Gleichströme nach der letzten Anordnung verliert, so hängt dieser natürlich ab von dem Widerstand der Zellen einerseits und von dem Verhältniss der Grösse der Wasserstoffpolarisation zu der der Sauerstoffpolarisation, wenn man für diese eben das Wort Polarisation benützen will. Der Widerstand der Zellen kann durch Vergrösserung der Querschnitte auf beliebig kleine Beträge hinuntergebracht werden. Da die Sauerstoffpolarisation mindestens 20—25 mal so gross ist, wie die Wasserstoffpolarisation, so erkennt man leicht, dass man auf diese Weise bei genügend grossen Zellen bis zu 95—96% der Energie des Wechselstroms in Gleichstromenergie umwandeln kann.
