

**7. Ein electrochemisches Verfahren, um
Wechselströme in Gleichströme zu verwandeln;
von L. Graetz.**

(Aus den Sitzungsber. der k. bayr. Akad. d. Wissensch. zu München,
vom 1. Mai 1897.)

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 Electrodynamometer 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 Disjunctoren, bei denen aber bekanntlich eine Hauptschwierigkeit in der Erhaltung constanter Drehungsgeschwindigkeit und in der Veränderung der Contactflächen liegt. Im Grunde dieselbe Methode, nämlich die Benutzung von rotirenden Commutatoren, wird auch in der Electrotechnik zuweilen angewendet. Gewöhnlich aber bewirkt man dort die Verwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom auf ganz indirectem 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 Zuhülfenahme der Polarisations-eigenschaften des Aluminiums. Es ist schon lange bekannt ¹⁾, dass eine electrolytische Zelle,

1) Buff, Lieb. Ann. 102. p. 296. 1857; Ducretet, Journ. de phys. 4. p. 84. 1875.

in welcher die eine Electrode aus Aluminium besteht, eine ausserordentlich starke Schwächung eines hindurchgeschickten Stromes bewirkt, wenn die Aluminiumelectrode die Anode ist und an ihr Sauerstoff auftritt, während sie keine erheblichen Stromänderungen verursacht, wenn die Aluminiumelectrode die Kathode ist. Die Ursache dieser Erscheinung wurde auf die Bildung eines sehr schlecht leitenden Oxyds an der Anode geschoben¹⁾, also auf einen Uebergangswiderstand, während wahrscheinlicher eine Art von Condensatorwirkung zwischen der Electrode und der Flüssigkeit, also eine Art von dielectrischer Polarisirung, zum Unterschied von der gewöhnlichen electrolytischen Polarisirung, die richtigere Erklärung bietet.²⁾ Die Begründung dieser letzteren Ansicht liegt darin, dass eine jede solche Zelle einer ganz bestimmten, von der Stromdichte abhängigen, electromotorischen Kraft das Gleichgewicht hält, nämlich, nach meinen Messungen, von 22 Volt, sodass 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 electrolytischen Polarisirung spricht, abgesehen von der aussergewöhnlichen Grösse derselben, der Umstand, dass auch sehr rasch nach der Unterbrechung des ladenden Stromes eine Polarisirung von annähernd diesem hohen Betrag nie zu finden ist. Die beobachtbaren bleibenden Polarisirungen 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.

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

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

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

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 Electrode der Zelle spielt zunächst 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 direct oder durch secundäre Prozesse Sauerstoff zu entwickeln. Es eignen sich also verdünnte Säuren und insbesondere Alaunlösungen (Natron- und Kalialaunlösungen) dazu.

Schickt man durch einen Commutator abwechselnd einen Strom in der einen oder anderen Richtung durch eine solche Reihe von Zellen, so findet man, dass unmittelbar, wie es scheint momentan, die dielectrische Schicht an der Anode sich bildet und bei Umkehrung des Stromes wieder verschwindet. Wie rasch das geschieht, kann man daraus sehen, dass es nicht möglich ist, den Widerstand einer solchen Zelle nach der Kohlrausch'schen Methode mit Wechselströmen und Telephon zu bestimmen. Man erhält kein Verstummen des Telephons, sodass auch bei diesen raschen Wechseln die Zelle nicht bloss Widerstand, sondern auch Capacität zeigt.

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 Wechselstromes 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 abgesondert und es geht infolge dessen ein (unterbrochener) Gleichstrom durch die Leitung. Dieser Gleichstrom hat aber naturgemäss nur ungefähr die halbe Stärke des vorherigen Wechselstromes. Ein Verlust der halben Energie ist allerdings damit nicht verbunden. Da die positiven Stromtheile

gar nicht zu Stande kommen, so ist zur Erzeugung des Stromes 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 Aluminiumelectroden, die kurzen die anderen Electroden.

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

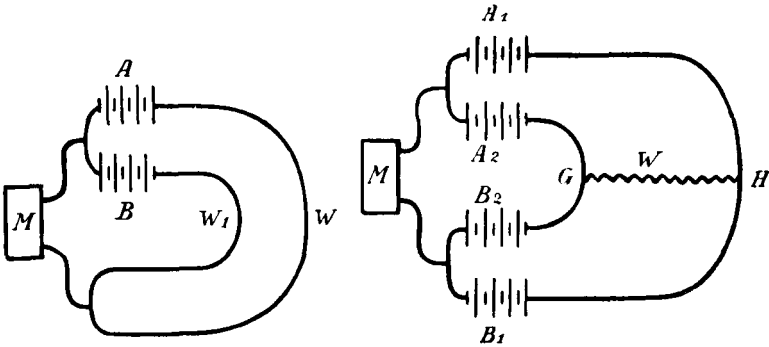


Fig. 1.

Fig. 2.

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

Man kann aber endlich auch durch eine besondere Schaltung die beiden Stromtheile durch denselben Draht nach derselben Richtung senden, sodass 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 und 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 Wechselstromes 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 .

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.

Was den Betrag der Energie anbetrifft, den man bei dieser Umwandlung von Wechselströmen in Gleichströme nach der letzten Aordnung verliert, so hängt dieser natürlich ab von dem Widerstand der Zellen einerseits und von dem Verhältniss der Grösse der Polarisirung in der einen Richtung zu der in der anderen Richtung. Der Widerstand der Zellen kann durch Vergrösserung der Querschnitte auf beliebig kleine Beträge hinuntergebracht werden. Die Grösse der Polarisirung, bei welcher Aluminium Kathode ist, hängt einigermaassen davon ab, welches Metall die zweite Electrode bildet. Unter geeigneten Umständen kann man bewirken, dass die Sauerstoffpolarisation mindestens 20—25 mal so gross ist, wie die Wasserstoffpolarisation, sodass man auf diese Weise bei genügend grossen Zellen bis zu 95—96 Proc. der Energie des Wechselstromes in Gleichstromenergie umwandeln kann.¹⁾

München, Physik. Inst. d. Univ., 25. April 1897.

1) Nach der ersten Publikation dieser Arbeit (1. Mai) ist in der *Electrotechn. Zeitschr.* vom 24. Juni ein Aufsatz erschienen, aus dem hervorgeht, dass die Accumulatorenfabrik Pollak in Frankfurt a/M. dasselbe Verfahren gefunden hat und im Grossen zu verwenden beabsichtigt.

(Eingegangen 30. Juni 1897.)