©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Über den Einfluss der Temperatur auf die Potentialdifferenzen des Wechselstromlichtbogens

Joh. Zuchristian.

(Mit 8 Textfiguren.)

Aus dem physikalischen Institute der k. k. Universität Innsbruck.

Während bei Gleichstrom zwischen Metallelektroden ohne Schwierigkeit ein Volta'scher Lichtbogen erzeugt werden kann, gelingt dies bei Wechselstrom nicht. Prof. Lecher, der seinerzeit[1] eine Abhängigkeit der Potentialdifferenzen von der Temperatur bei einem Gleichstrom-Lichtbogen nachgewiesen hat, veranlasste mich nun, den Einfluss der in obiger Arbeit geschilderten Methoden auf den Wechselstrom-Lichtbogen zu untersuchen.

Bei Anwendung von Wechselstrom spielt nämlich die Wärmeleitungsfähigkeit der Elektroden sicher eine grosse Rolle, da bei 80 Stromwechseln in der Secunde die erhitzten Stäbe zwischen den einzelnen Strommaximis gewiss bedeutend abkühlen werden. Es war also von vornherein als wahrscheinlich vorauszusehen, dass die Unmöglichkeit eines Wechselstromlichtbogens zwischen gut leitenden Elektroden in eben dieser Leitungsfähigkeit gegeben sei, und dass alle Massnahmen, welche dieselbe herunterdrücken, ein Zustandekommen des Lichtbogens erleichtern werden. Diese Vermuthung wird durch die folgenden Versuche bestätigt.

Im Verlaufe der Versuche wurden nun zunächst die Potentialdifferenzen zwischen langen Kohlenstäben untersucht.

Wied. Ann., 33, S. 609, 1888.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

dann aber möglichst kurze Kohlenspitzen in Metallfassungen befestigt, so dass der Lichtbogen zwischen den Kohlenelektroden entstand, durch die Metallstäbe die erzeugte Wärme aber sofort abgeführt werden konnte.

Die Anordnung bei Ausführung dieser Messungen, wobei ich als Stromquelle den Wechselstrom vom Innsbrucker Elektricitätswerke benützte, war folgende: Der Strom S (Fig. 1) wurde direct zur ersten Elektrode E_1 geführt, von da durch den Lichtbogen zur zweiten E_2, durch den Rheostaten R und ein Ammeter A

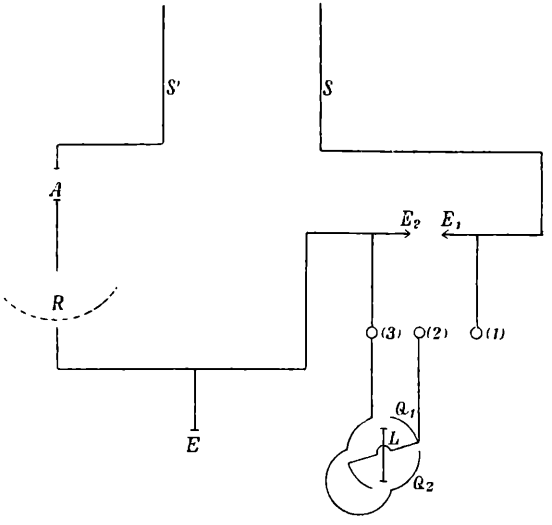

Fig.

zurück in die Hauptleitung S'. E_1 war dann mit einem Quecksilbernapf (1) und nach Überbrückung der beiden Quecksilberschalen (1) und (2) mit der Lemniscate L und einem Quadrantenpaare Q_1 eines Thomson'schen Quadrantenelektrometers verbunden. Vom zweiten Quadrantenpaare Q_2 ging eine Leitung durch den Quecksilbernapf (3) zur zweiten Elektrode E_2 und zur Erde E. Durch diese Aufstellung war es ermöglicht, das Elektrometer rasch mit den beiden Elektroden zu verbinden und zwar durch Überbrückung von (1) und (2), oder durch Verbindung von (2) und (3) zur Erde abzuleiten.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Geaicht wurde das Elektrometer mit 60 kleinen Zn|Cu Wasserelementen, welche wieder ihrerseits mit einem Flemming'schen Normaldaniell verglichen im Mittel 0·91 Volt hatten. Darnach ergaben 10 Volt bei obiger Schaltungsweise einen Ausschlag von 6·2 *mm*. Die übrigen Ausschläge verhielten sich wie die Quadrate der Potentialdifferenzen, was eine Durchprüfung mit den kleinen Elementen auch ganz genau bestätigte.

Die beiden Kohlen lagen horizontal in einer Vorrichtung, in der mit Hilfe einer Mikrometerschraube die Kohlendistanzen beliebig geändert werden konnten. Die Messung der Kohlendistanzen erfolgte in der Weise, dass man unmittelbar nach Ablesung der Potentialdifferenzen den Strom unterbrach und dann mit Hilfe eines langen Metallkeiles diese Distanzen bestimmte. Es ist diese Bestimmung der schwächste Theil der Arbeit, da besonders bei kleinen Distanzen das Abbrennen oft sehr ungleichmässig erfolgte.

I.

Die ersten Versuche machte ich mit zwei 8 *mm* starken Dochtkohlen, und zwar bei den Stromstärken 6·8, 8·6 und 10·5 Ampère und bei Kohlendistanzen bis zu 4 *mm*. (Grössere Distanzen untersuchte ich nicht mehr aus dem einen Grunde, weil ich diese Beobachtungen nur zum Vergleiche mit den späteren Versuchen, bei welchen Metallelektroden mit Kohlenspitzen verwendet wurden, anstellte. Ausführlichere Versuche wurden darüber von J. Heubach[1] ausgeführt.)

War die Stromstärke 6·8 Ampère, so konnte ich alle meine Versuchsresultate durch die Gleichung

$$V = 24 + 2 \cdot 9\, l \pm 0 \cdot 8$$

ausdrücken, wo V das Potentialgefälle in Volt und l die Elektrodendistanz in Millimeter gemessen ist (Fig. 2, *a*). Wenn die Constanten dieser Gleichung von jenen, die Heubach gefunden, abweichen, so ist das wohl nur dem Umstande zuzuschreiben, dass Heubach bei seinen Versuchen die Kohlen-

---

Elektrotechn. Zeitschr., 34, S. 460, 1892.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

elektroden vertical übereinanderstehen hatte, während ich dieselben horizontal gestellt habe, bei mir also die Erwärmung der oberen Elektrode durch die untere wegfiel, was, wie Nachfolgendes zeigt, einigen Einfluss ausübt.

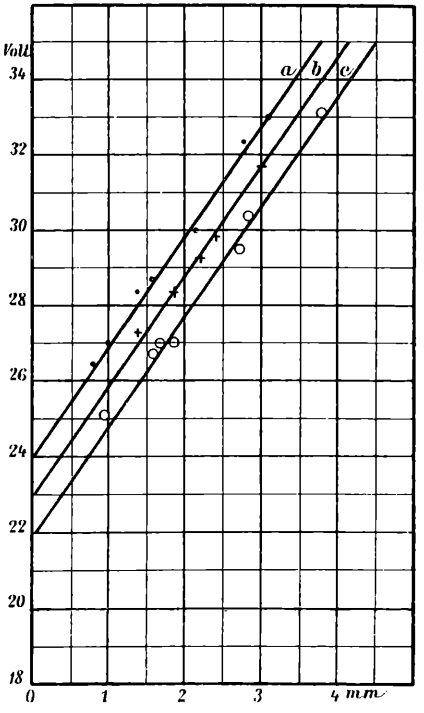

Fig.

Im zweiten Falle, wo die Stromstärke 8·6 Ampère betrug, liessen sich die erhaltenen Resultate in die Formel

$$V = 23 + 2 \cdot 9\, l \pm 1 \cdot 2$$

einreihen (Fig. 2, *b*) und für die Stromstärke 10·5 Ampère erhielt ich die Relation

$$V = 22 + 2 \cdot 9\, l \pm 1$$

(Fig. 2, *c*). Es scheint also, dass sich die Neigung der Potentiallinie mit der Stromstärke nicht ändere, sondern nur eine Parallelverschiebung eintrete. Es dürfte das aber nur für horizontal-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

gestellte, nicht aber auch für vertical übereinanderstehende Kohlenelektroden gelten, denn bei Heubach's Versuchen variirt auch die Neigung.

II.

Bei den folgenden Versuchen verwendete ich als Elektroden Messingcylinder mit Kohlenspitzen, deren Form aus Fig. 3 ersichtlich ist. *AB* ist ein 10 *mm* starker, schwarzgebrannter Messingstab mit einer ungefähr 17 *mm* langen Kohlenspitze *C*, die 5 *mm* tief unter gutem Contacte im Messingcylinder steckt.

Zuerst untersuchte ich nun mit diesen Messingelektroden den Lichtbogen bei einer Stromstärke von 6·8 Ampère. Es zeigte sich hiebei ein bedeutender Potentialanstieg gegenüber den Versuchen mit reiner Kohle; so war z. B. bei Anwendung von continuirlichen Kohlenelektroden für eine Distanz von

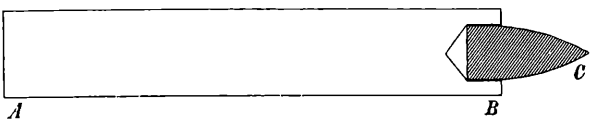

Fig. 3.

2·6 *mm* die Potentialdifferenz 31·5 Volt, bei Benützung von Messing 34·6 Volt.

Während aber mit reinen Kohlenstäben die Messungen bei dieser Stromstärke noch anstandslos von statten gingen, ist mit den obigen Messingelektroden der Lichtbogen sehr schwer herzustellen und erlischt viel zu rasch, als dass ein genaues Ablesen der Potentialdifferenzen möglich wäre; ich machte daher alle meine weiteren Beobachtungen bei einer Stromstärke von ungefähr 10·5 Ampère.

Aus ebendemselben Grunde konnte ich auch nur kleine Elektrodendistanzen nehmen, besonders gegen Ende der einzelnen Versuche, wo die Kohlenspitzen bereits sehr nahe an das Metall hin abgebrannt waren. Da ferner, wie aus den folgenden Versuchen klar hervorgeht, mit dieser Abnahme der Kohlenspitzen ein stetiger Potentialanstieg verbunden ist, war es nicht mehr möglich, alle Beobachtungen durch eine lineare Relation auszudrücken.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Nun habe ich mit den vorerwähnten Messingstäben bei einer Stromstärke von 10·6 Ampère eine grössere Anzahl von Versuchen ausgeführt und in drei Gruppen unterschieden (Fig. 4), je nachdem die Kohlenspitzen 11—7, 7—3 oder weniger als 3 *mm* aus der Fassung hervorragten.

Waren die Kohlen ganz bis an das Metall hin abgebrannt, dann war es nicht mehr möglich, einen Bogen zu erhalten.

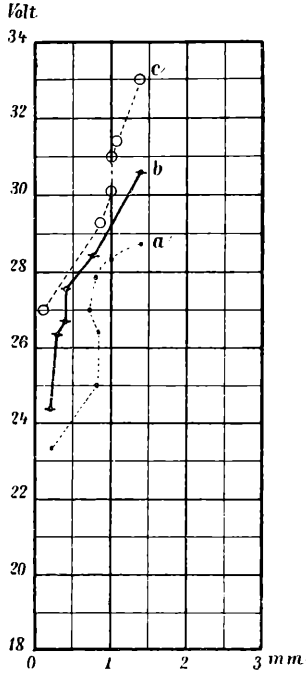

Fig. 4.

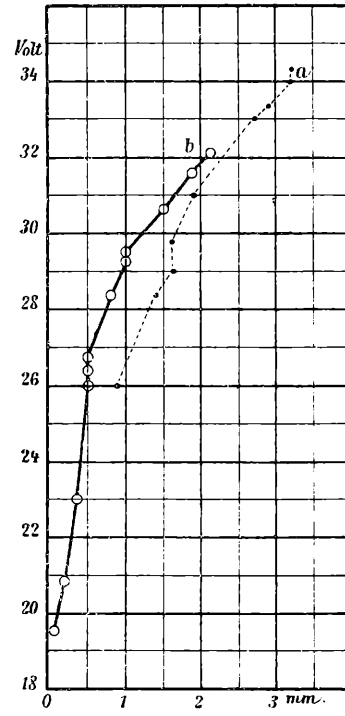

Fig.

Wie aus der Figur ersichtlich ist, ist vor Allem eine bedeutende Zunahme der Potentialdifferenzen gegenüber den Kohlenelektroden bemerkbar und es lässt sich auch ein Potentialanstieg bei der Verkleinerung der Kohlenspitzen nicht verkennen.

Zugleich kann man bei diesen Versuchen auch beobachten, wie die Kohlenspitzen beim Abbrennen nach und nach sehr stumpf werden und sich schliesslich ein Krater herausbildet,

ähnlich dem der positiven Kohlenelektrode beim Gleichstromlichtbogen.

Um einen besseren Vergleich mit den weiter unten folgenden Versuchen mit Eisen zu haben, nahm ich auch noch zwei Messingstäbe von der Dicke 12 *mm* und machte einige Messungen bei der nämlichen Stromstärke wie vorhin. Hier habe ich meine Beobachtungen in zwei Gruppen getheilt, und zwar je nachdem die Kohlenspitzen 12—6, oder weniger als 6 *mm* weit frei hervorstanden (Fig. 5).

Wenn auch bei diesen Versuchen die Potentialdifferenzen in Vergleich mit jenen in Fig. 4 etwas abgenommen haben, so sind sie doch noch wesentlich verschieden von denen, die bei reinen Kohlenelektroden auftreten; so ist z. B. bei einer Elektrodendistanz von 2·9 *mm* hier das Potentialgefälle 33·4 Volt, während es für Kohlenelektroden unter denselben Umständen bloss 30·4 Volt beträgt.

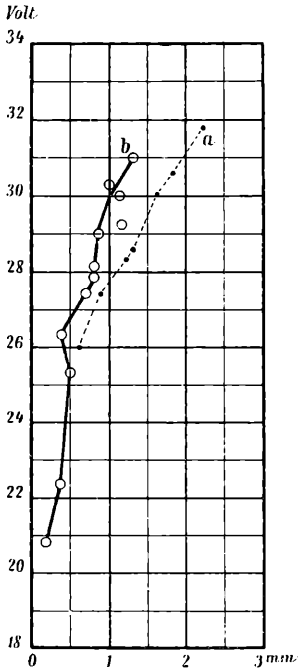

Fig. 6.

III.

Die nämlichen Versuche, die ich unmittelbar vorher mit Messing gemacht habe, wiederholte ich jetzt mit 12 *mm* starkem Eisen und theilte meine Beobachtungsresultate, wie aus Fig. 6 ersichtlich ist, wieder in zwei Gruppen, je nachdem die Länge der vorstehenden Kohlenspitzen 12—3, oder kleiner als 3 *mm* war.

Wie aus der Figur zu entnehmen ist, zeigen die Beobachtungen mit Eisen ein etwas höheres Potential, als die mit Messing, wenn auch der Unterschied nicht bedeutend ist. In allen anderen Beziehungen lehnen sich diese Versuche eng an die mit Messing an.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

IV

Ähnlich wie Lecher es bei seinen Versuchen gethan hat, umwickelte nun auch ich Kohle (8 *mm* stark) mit 1·9 *mm* dickem Kupferdraht, und zwar vorne etwa 2 *cm* in doppelter Lage. Die Kohlen standen anfangs 12 *mm* vor, und die Stromstärke war im Mittel 10·5 Ampère.

Wie Fig. 7 zeigt, ist auch hier ein deutlicher Potentialanstieg gegenüber der reinen Kohle vorhanden; doch weichen diese Resultate von denen der vorhergehenden Versuche insofern etwas ab, als die Zunahme der Potentialdifferenzen während des Abbrennens der Kohlenspitzen nicht mehr so scharf ausgeprägt ist. Es dürfte hier der Contact für die Wärmeleitungsfähigkeit ein geringerer gewesen sein.

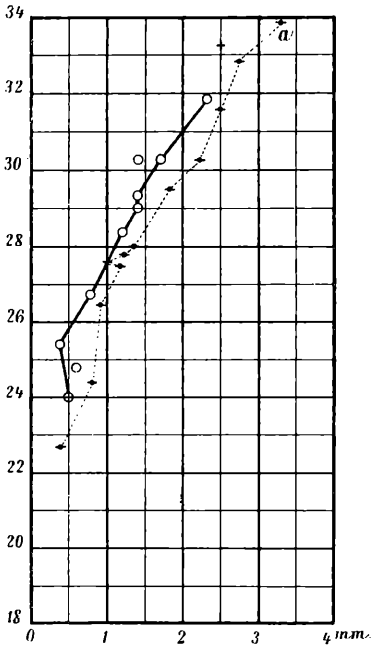

Fig. 7

V

Grosse Potentialdifferenzen erhielt ich auch bei einem Versuche, wo eine Kohlenelektrode (und zwar jene, welche nicht zur Erde abgeleitet war) in Quecksilber tauchte. Wie Fig. 8 darstellt, wurde einmal bei einer Kohlendistanz von 4·5 *mm* eine Potentialdifferenz von 51 Volt beobachtet, während für reine Kohlenelektroden dieser Bogenlänge nur 35 Volt entsprechen.

Alle diese Versuche zeigen also, wie sehr der Lichtbogen abhängig ist von der Temperatur, welche ihrerseits wieder durch die Wärmeleitungsfähigkeit der Elektroden bedingt ist.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

VI.

Zum Schlusse versuchte ich noch mit continuirlichen Metallelektroden einen Lichtbogen herzustellen, erhielt aber nur negative Resultate.

Zuerst wurden zwei Messingstäbe (12 *mm* im Durchmesser) mit angedrehten Spitzen eingespannt; bei einer Strom-

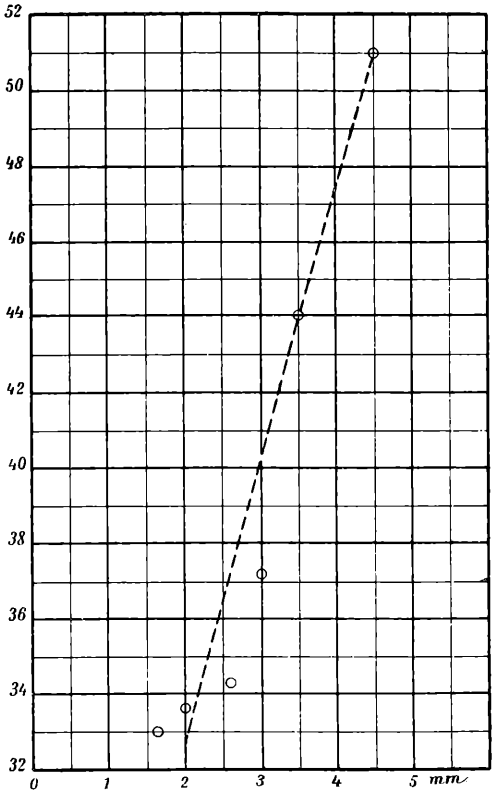

Fig. 8.

stärke von über 12 Ampère konnte ich noch keinen Bogen erhalten, auch nicht während oder nach Erhitzen mit einem Teclu-Spaltbrenner. Desgleichen ist es ganz unmöglich, einen Bogen herzustellen zwischen zwei Elektroden aus Messingdraht von 4 *mm* Dicke oder Kohlenelektroden mit aufgesetzten Messingspitzen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Doch ist es zeitweise gelungen, zwischen Kohle und Messing einen Lichtbogen zu erhalten, wenn mit einer zweiten Kohle, welche man unter die wenig von einander entfernten Elektroden hält, ein zweiter Lichtbogen (zwischen Kohle und Kohle) hergestellt und dadurch das Messing ausserordentlich stark erhitzt wurde. Dabei ist zu bemerken, dass sich die Kohle in das Messing vollständig hineinbrennt. Eine Messung der Potentialdifferenzen war aber nicht möglich, da oftmaliges Unterbrechen des Lichtbogens eintrat und dann immer die ganze Potentialdifferenz des verwendeten Stromes das Elektrometer in starke Schwingungen versetzte.

Ganz dasselbe gilt auch für Eisenelektroden.

Nicht unerwähnt lassen möchte ich aber schliesslich noch die Erscheinung, die sich zwischen zwei Eisendrahtelektroden (6 *mm*) gezeigt hat. Hat man nämlich zwei solche Eisendrähte spitz zugefeilt und mit einem Teclu-Brenner erwärmt, so schmelzen, sobald der Strom eingeleitet ist, diese Spitzen ab und es bildet sich eine schöne, hellleuchtende Eisenperle, die sich sehr lange constant erhält. Der Mechanismus des Glühens ist aber hier derselbe, wie bei einer Glühlampe.

Durch diese Versuche ist nun wenigstens einigermassen gezeigt, dass es unmöglich ist, zwischen zwei Metallelektroden mit Wechselstrom von der angegebenen Frequenz einen Lichtbogen herzustellen, wofür ein Grund gewiss der der starken Abkühlung durch die grössere Wärmeleitungsfähigkeit gegenüber der Kohle ist. Aller Wahrscheinlichkeit nach treten hier auch starke Phasenverschiebungen ein, deren Erforschung jedoch weiteren Untersuchungen vorbehalten bleibt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1893

Band/Volume: 102_2a

Autor(en)/Author(s): Zuchristian Joh.

Artikel/Article: Über den Einfluss der Temperatur auf die Potentialdifferenzen des Wechselstromlichtbogens. 567-576