Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

Band I. Jahrgang 1871.

München.
Akademische Buchdruckerei von F. Straub.
1871.

In Commission bei G. Franz.

Sitzung vom 7. Januar 1871.

Mathematisch-physikalische Classe.

Herr W. Beetz spricht:

„Ueber die Messung des inneren Widerstandes voltaischer Ketten nach der Compensationsmethode."

Die einzige brauchbare Methode, welche bisher zur Messung des inneren Widerstandes galvanischer Ketten vorgeschlagen ist, rührt von Herrn von Waltenhofen her.[1]) Sie ist eine Anwendung der Poggendorff'schen Compensationsmethode, und erlaubt den Widerstand der compensirten Kette in der Nähe des Compensationspunktes zu messen, also bei Stromstärken, welche keine bedeutende chemische Veränderung in der Leitungsflüssissigkeit der Kette veranlassen. Alle übrigen Methoden, welche der Hauptsache nach auf die älteste, die Ohm'sche, zurückkommen, liefern unrichtige, oft ganz absurde Resultate. Herr von Waltenhofen hat gezeigt, dass der Grund hiervon nicht nur in der, auch in sogenannten constanten Ketten eintretenden Polarisation, sondern auch in der Veränderung der Leitungs-

1) Poggend. Annalen. CXXXIV p. 218.

fähigkeit der Flüssigkeiten zu suchen ist, welche durch die electrolytischen Vorgänge in derselben bedingt wird. In Bezug auf Ketten, welche poröse Diaphragmen enthalten, darf auch der von der Stromstärke abhängige Betrag an Arbeit, welche für Fortführung der Flüssigkeit mit der Stromrichtung verbraucht wird, nicht ausser Acht gelassen werden.

Aber während die Messungen electromotorischer Kräfte und äusserer Widerstände durch die verschiedenen Compensationsmethoden und Brückencombinationen ganz und gar auf die Beobachtung eines Galvanoskops und auf die Ablesung von Rheostatenwerthen zurückgeführt sind, ist immer noch kein Verfahren benutzt worden, um durch gleich einfache Beobachtungen, ohne alle strommessende Apparate, innere Kettenwiderstände zu messen. Der Vortheil eines solchen Verfahrens besteht darin, dass es nur momentane Kettenschlüsse erfordert, während bei jeder Art von Strommessung, bei welcher die Stromstärke eine constante Grösse angenommen hat, diese nur das Endresultat einer Reihe von Veränderungen in der electromotorischen Kraft sowohl, als im Widerstande ist. Durch sehr kurz dauernde Schliessungen können allerdings diese Veränderungen auch nicht vollständig vermieden werden, aber es ist möglich, dieselben, wenigstens in den meisten Fällen, auf ein so geringes Maass zurückzuführen, dass ihr Einfluss vernachlässigt werden darf.

Das Verfahren, welches ich für Messung innerer Kettenwiderstände anwende, beruht ebenfalls auf der Compensationsmethode, nur messe ich nicht den Widerstand der compensirten, sondern den der compensirenden Kette. Ich bediene mich hierzu desjenigen Compensationsverfahrens, welches Herr E. du Bois-Reymond angegeben hat.[2]) Die Pole einer compensirenden Kette, deren electromotorische

---

2) Abh. d. Akad. der Wissensch. zu Berlin. 1863. p. 107.

Kraft $= E$ und deren innerer Widerstand $= w$ sei, werden durch dicke Drähte mit den beiden Enden eines Compensatordrahtes vom Widerstande b verbunden. Am einen Ende dieses Compensatordrahtes (es soll das untere heissen) beginnt ausserdem eine Zweigleitung, in welche hintereinander die zu compensirende Kette von der electromotorischen Kraft e und ein Galvanometer eingeschaltet sind. Das zweite Ende dieser Zweigleitung schleift so auf dem Compensatordraht, dass das zwischen beiden Enden der Zweigleitung liegende Stück des Compensatordrahtes den Widerstand a hat. Die Bedingungsgleichung, welche die genannten Grössen nun mit einander verbindet, ist

$$e = E \cdot \frac{a}{b + w}$$

Wenn w gegen b zu vernachlässigen wäre, so würde diese Methode das Verhältniss $\frac{E}{e}$ für alle Werthe zwischen ∞ und 1 finden lassen. Hat aber w einen gegen b nicht verschwindenden Werth (und das ist immer der Fall), so hat die Messung eine Grenze, sobald

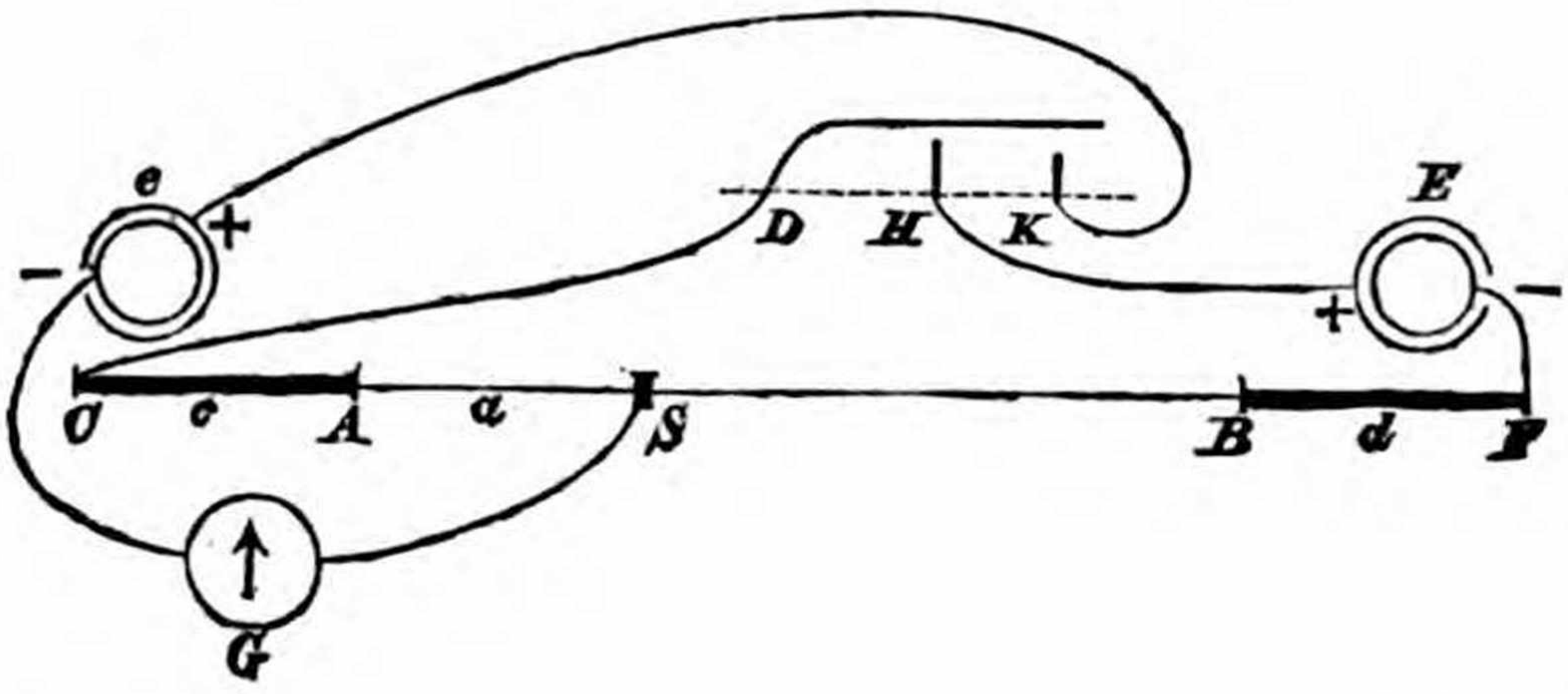
$$\frac{E}{e} = \frac{b + w}{b}$$

ist. Dann kann man sich aber durch das einfache Mittel helfen, dass man den Compensatordraht nach dem untern Ende zu um ein Stück vom Widerstande c verlängert; die Grenze wird dann hinausgerückt, bis

$$\frac{E}{e} = \frac{b + c + w}{b + c}$$

ist, welcher Werth der 1 beliebig genähert werden kann. Wählt man jetzt für c zwei verschiedene Werthe, so erhält man zwei Gleichungen, aus denen w bestimmt werden kann.

Der Apparat nimmt dann folgende Gestalt an:



A B ist ein gerade ausgespannter Platindraht von 1 Meter Länge; er hat an meinem Compensator den Widerstand 0,700 Q. E. bei mittlerer Temperatur. Am Ende A ist ein Siemensscher Stöpselrheostat CA mittelst eines kurzen, dicken Kupferdrahtes befestigt. Derselbe braucht zwar nur wenige Widerstandseinheiten zu enthalten; für manche Fälle können indess auch mehrere wünschenswerth sein, und desshalb sind die kleinen Siemensschen Rheostaten, welche in Summa 500 Einheiten enthalten, ganz zweckmässig. Vom Ende C dieses Rheostaten geht ein dicker Draht nach einer bei D befestigten Feder,[3]) welche, wenn sie gehoben und dann losgelassen wird, sich zuerst auf die Contactstelle H auflegt und dann mit einer einzigen Schwingung den Contact bei K auf sehr kurze Zeit herstellt. H ist mit dem + Pol der compensirenden Kette E, B mit — Pol derselben durch dicke Kupferdrähte verbunden. Von K aus geht eine Leitung zum + Pol der zu compensirenden Kette e, deren — Pol durch die Leitung eines sehr empfindlichen, mit starker Dämpfung und einem compensirenden Stahlmagnet ver-

3) Mein Assistent, Herr Edelmann, hat eine Vorrichtung construirt, durch welche das Aufheben und Loslassen der Feder stets in gleicher Weise erfolgt und den Contacten stets gleiche, beliebig kurze Dauern gegeben werden können.

sehenen Spiegelgalvanometers G mit einem Schlitten S verbunden ist, welcher auf dem Compensatordraht hin und her geschoben werden kann. Die Kette e wird nun ganz in der von Herrn du Bois-Reymond angegebenen Weise durch den Zweigstrom von E compensirt, während c irgend einen Werth (möglicher Weise den Werth 0) hat, dann wird ein anderes c eingeschaltet, und die Compensation noch einmal hergestellt, und dann w aus zwei Gleichungen von der Form

$$\frac{E}{e} = \frac{b' + w}{a'}$$

und

$$\frac{E}{e} = \frac{b'' + w}{a''}$$

gefunden, nämlich

$$w = \frac{a'b'' - a'b''}{a'' - a'},$$

worin a' und $a'' =$ der Summe der zugehörigen Werthe $a + c$, b' und $b'' =$ der Summe der zugehörigen $b + c$ sind.

In vielen Fällen kann man sich aber durch das angegebene Verfahren eine zweite Gleichung zur Bestimmung von w nicht verschaffen. War z. B. die erste Gleichung

$$\frac{E}{e} = \frac{b + w}{a},$$

so würde die nächste sein

$$\frac{E}{e} = \frac{b + 1 + w}{a_1 + 1},$$

wo a_1, der neue Werth von a, nicht kleiner als 0 werden kann.

Ueber die Grenze

$$\frac{E}{e} = b + 1 + w$$

hinaus ist demnach keine Compensation mehr möglich, wenigstens nicht, so lange man die gebräuchlichen, von 1 zu 1 graduirten Stöpselrheostaten anwendet. Die Compensation kann aber immer wieder erreicht werden; wenn man auch am oberen Ende B des Compensators einen Rheostaten B F anbringt, durch den man dem Widerstande b beliebige neue Widerstände d hinzufügen kann. Im Ausdrucke für w bedeuten dann b' und b'' die zugehörigen Summen b + c + d, während a' und a'' ihre frühere Bedeutung behalten.

Zur Prüfung der Brauchbarkeit dieser Messmethode habe ich zunächst Thermosäulen angewandt. Dieselben bestehen aus 2 Millimeter dicken Eisen- und Neusilberdrähten, welche U förmig gebogen sind, so dass der 20 Centimeter lange, mittlere Theil auf einem horizontal liegenden Brett befestigt ist, während die äusseren 12 Centimeter langen Stücke vertical herabhängen. Durch Aneinanderlöthen je zweier Drahtenden sind 12 Thermoelemente gebildet, deren Löthstellen in zwei parallelen Reihen einander gegenüber stehen. Die eine Reihe befindet sich in einem Blechkasten von siedenden Wasserdämpfen umgeben, deren Temperatur während der ganzen Versuchsreihe fast constant 98°,1 war. Die andere Reihe taucht in einen Blechkasten, durch welchen ein lebhafter Wasserstrom aus der Wasserleitung geht. Die Temperatur dieses Wassers war nicht ganz constant. Das ist indess ganz gleichgiltig, da die Schwankung alle Elemente in gleichem Grade trifft; nur muss innerhalb der gegebenen Grenzen die electromotorische Kraft der Elemente der Temperaturdifferenz proportional bleiben, was hier weitaus der Fall ist. Der horizontale Theil der Drähte wurde durch Auflegen von feuchtem Fliesspapier vor zu starker Erwärmung geschützt. Jedes Element ist an der in das Wasser eintauchenden Seite von einer Glasröhre umgeben, um jede mögliche, wenn auch unwahrscheinliche, Nebenleitung durch das Wasser auszuschliessen. Eine Anzahl dieser Thermo-Elemente konnte nun als compensirende, eine andere Anzahl (1 oder 2) als compensirte Kette benützt werden. Die Anwendung des Federschlüssels erwies sich für die Messung an Thermoelementen als überflüssig; die kompensirende Kette konnte fest geschlossen werden; die von der compensirten und dem Galvanometer kommende Leitung wurde dann mittelst des Schlittens S ebenfalls geschlossen, bis auf eine Unterbrechung, welche durch einen du Boisschen Schlüssel kurz hergestellt wird, während man das Bild der Scala im Galvanometerspiegel beobachtet. In dieser Weise ausgeführt sind die beiden zu einer Bestimmung von w nöthigen Versuchsreihen, sobald man sich einige Uebung angeeignet hat, in weniger als einer halben Minute vollendet, während die Anwendung des Federschlüssels etwas mehr Zeit erfordert. Die erhaltenen Zahlen waren folgende:

E	e	d	b	c	a	w	$\frac{E}{e}$
II	I	0	0,7	0	0,412		
		1		1	0,402	0,132	2,02
IIa	I	0		0	0,411		
		1		1	0,399	0,132	2,02
VI	II	0		0	0,346		
		1		1	0,012	0,346	3,00
		1		0	0,677	0,346	3,00
X	II	0		0	0,250		
		1		0	0,448	0,567	5,04
		2		0	0,643	0,573	5,07
VIII	I	0		0	0,140		
		1		0	0,262	0,447	8,19
		2		0	0,385	0,443	8,16
		3		0	0,507	0,444	8,17
		4		0	0,629	0,445	8,18
X	I	1		0	0,221		
		2		0	0,319	0,555	10,20
		3		0	0,417	0,552	10,18
		4		0	0,514	0,562	10,23

Die Rubrik E enthält die Anzahl der compensirenden, e die der compensirten Elemente. Die Bezeichnung II a bedeutet, dass die beiden Elemente andere waren, als die in der vorigen Reihe benützten. Die Rubrik $\frac{E}{e}$ enthält das, mit Zugrundlegung des gefundenen Widerstandes w berechnete Verhältniss der beiden electromotorischen Kräfte. Wenn als compensirte Kette nur ein Element benutzt wurde, so fällt dies Verhältniss etwas zu gross aus; wahrscheinlich war die Kraft e dieses einen Elementes in der That etwas kleiner, als das der übrigen, weil es das letzte in der Reihe ist, und in ihm die Temperaturdifferenz etwas kleiner sein konnte, als in den inneren Elementen. Jedenfalls aber zeigt ein Blick auf die Tabelle, dass sowohl die Widerstände w, als die Verhältnisse $\frac{E}{e}$ bei verschiedenen Werthen von c und d merklich gleich ausfallen und mit Sicherheit bestimmt werden können.

Um den Widerstand hydroelectrischer Ketten zu bestimmen, ist die Anwendung des Federschlüssels unentbehrlich. Arbeitet man mit constanten Ketten, so ist wohl auch bei festem Schluss der compensirenden Kette ein annähernd richtiges Resultat zu bekommen; die Veränderung des Widerstandes mit der Stromstärke macht sich aber schon merklich, so dass man für verschiedene Werthe von c und d auch abweichende von w erhält; ausserdem ändert sich der Widerstand des Compensatordrahtes durch die Erwärmung. Folgende Messungen wurden mit Federschluss angestellt; bei den Reihen VI bis VIII befand sich noch ein älterer Draht vom Widerstande 1,821 auf dem Compensator.

Reihe	E	e	d	b	c	a	w	$\frac{E}{e}$
I	1 Grove	1 Daniell	0	0,7	0	0,596		
			0		1	0,207	0,275	1,636
			1		2	0,423	0,278	1,641
			1		3	0,041	0,275	1,636
	1 Grove	1 Lecl.	0		0	0,699		
			0		1	0,407	0,287	1,411
			0		2	0,167	0,286	1,411
			1		3	0,531	0,286	1,411
	1 Grove	1 Stöhrer	0		1	0,542		
			0		2	0,316	0,292	1,292
			0		3	0,087	0,296	1,294
			1		4	0,620	0,303	1,298
II	3 Lecl.	1 Daniell	0		2	0,084		
			1		2	0,375	4,458	3,440
			2		2	0,664	4,486	3,448
	3 Lecl.	1 Grove	0		4	0,541		
			1		5	0,529	4,489	2,024
			2		6	0,500	4,548	2,036
III	4 Stöhrer	1 Grove	0		1	0,013		
			1		1	0,440	0,612	2,341
			2		2	0,269	0,719	2,388
	4 Stöhrer	1 Daniell	1		0	0,618		
			2		1	0,119	0,767	3,992
			3		1	0,371	0,762	3,983
IV	1 Bunsen	1 Daniell	0		0	0,465		
			1		1	0,646	0,087	1,692
			1		2	0,234	0,085	1,692
V	2 Daniell	1 Daniell	0	0,7	2	0,328		
			1		3	0,341	1,896	1,974
			2		4	0,350	1,905	1,978
			3		5	0,352	1,915	1,982

Reihe	E	e	d	b	c	a	w	$\frac{E}{e}$
VI	2 Grove	1 Grove						
	$\alpha+\beta$	γ	0	1,821	0	1,396		
			0		2	0,409	0,936	1,975
	$\beta+\gamma$	α	0		0	1,422		
			0		2	0,446	0,956	1,940
	$\gamma+\alpha$	β	0		0	1,451		
			0		2	0,478	1,008	1,950
	$\gamma+\alpha$	1 Daniell	0		0	0,856		
			0		1	0,158	1,015	3,313
	$\gamma+\alpha$	1 Bunsen	0		0	1,577		
			0		2	0,673	1,056	1,832
VII	3 Meid.	1 Daniell	0		5	1,450		
			0		7	0,165	11,221	2,797
	3 Meid.	1 Grove	0		16	1,550		
					19	0,350	11,428	1,666
VIII	1 Grove	1 Meid.	0		0	1,004		
			0		2	0,042	0,125	1,938

Man überzeugt sich leicht, dass die Methode ganz befriedigende Resultate liefert, insofern der Widerstand ein und derselben Kette, welche unter E in derselben Reihe aufgeführt ist, nahezu gleich gefunden wird, man mag als e anwenden, welche Kette man will, und d und c mögen noch so verschieden gewählt werden. Allerdings zeigt sich bei vielen Ketten eine gewisse Regelmässigkeit in der Zunahme der Widerstände, dieselbe hängt aber nicht von der Methode ab, sondern in der That in einer allmählichen Widerstandszunahme, denn immer die später angestellte Messung gibt grössere Werthe.

Wiewohl die mitgetheilten Zahlen zunächst keinen anderen Zweck haben als den, die Brauchbarkeit meiner Methode zu bestätigen, so erlaube ich mir doch noch, an dieselben einige weitere Bemerkungen zu knüpfen.

Herr von Waltenhofen hat den Satz ausgesprochen,[4]) die electromotorische Kraft der untersuchenden Kette stellt sich kleiner oder grösser heraus, je nachdem sie bei der Messung als compensirende oder als compensirte Stromquelle in Anwendung war. Die Reihen V und VI bestätigen das auch bei meinen Versuchen, trotzdem der Kettenschluss nur eine sehr kurze Dauer hat, was übrigens nicht Wunder nehmen kann, wenn man sich erinnert, einen wie bedeutenden Betrag die Polarisation nach Herrn Edlunds Versuchen[5]) schon in sehr kurzer Zeit erreicht. Aus Reihe V ergibt sich, dass die 2 compensirenden Daniellschen Elemente im Mittel nur die electromotorische Kraft 1,978 D hatten, eine derselben also = 0,989 D war.

In Reihe VI sind 3 Grovesche Elemente so mit einander verglichen, dass zwei derselben der Reihe nach compensirend waren $(\alpha + \beta)$, die dritte γ compensirt. Um möglicherweise vorhandene Ungleichheiten auszugleichen, wurden die Elemente der Reihe nach gewechselt. Im Mittel sind dann 2 derselben = 1,955 Gr., also eins = 0,977 Gr.

Das Verhältniss 1 Grove : 1 Daniell folgt aus der Messung unmittelbar aus Reihe I wie 1,639 : 1, aus VI wie 1,656 : 1, im Mittel wie 1,647 : 1. Das wahre Verhältniss zweier electromotorischer Kräfte wird man aber immer nur erhalten, wenn man die zu vergleichen Ketten nacheinander als compensirte anwendet, während eine dritte beidemale als compensirende gebraucht wird. Nimmt man als letztere ein Grovesches

---

4) Sitzungsberichte d. Akad. d. Wiss. zu Wien. XLIX. Sonderabdruck p. 11.

5) Pogg. Ann. LXXXV. 209.

Element, so ist dessen electromotorische Kraft gleich folgenden electromotorischen Kräften, welche als Mittelzahlen der vorstehenden Tabelle entnommen sind:

1 Grove	= 0,916	Bunsen
	= 0,977	Grove
	= 1,295	Stöhrer
	= 1,411	Leclanché
	= 1,647	Daniell
	= 1,938	Meidinger

und wenn die electromotorische Kraft eines Daniellschen Elementes = 1 gesetzt wird, so berechnen sich die Kräfte der übrigen Elemente:

1 Bunsen	= 1,799	D
1 Grove	= 1,684	—
1 Stöhrer	= 1,272	—
1 Leclanché	= 1,167	—
1 Meidinger	= 0,849	—

Das Verhältniss der electromorischen Kräfte einer Groveschen und eines Daniellschen Elementes ist in den obigen Versuchen durch 4 verschiedene compensirende Ketten hergestellt; es ergibt sich aus

Reihe	E	e	$\frac{E}{e}$	1 Grove
II	3 Leclanché	1 Daniell	3,444	
		1 Grove	2,030	1,696 D
III	4 Stöhrer	1 Daniell	3,987	
		1 Grove	2,364	1,687
VII	3 Meidinger	1 Daniell	2,797	
		1 Grove	1,666	1,677
VI	2 Grove	1 Daniell	3,313	
		1 Grove	1,950	1,698

Diese Zahlen beziehen sich natürlich auf die gerade angewandten Exemplare der verschiedenen Art; über diese muss desshalb noch etwas gesagt werden.

Das Daniellsche Element, das ich als compensirtes jedesmal anwende, wenn es nur darauf ankommt, den Widerstand w einer gegebenen Kette zu finden, besteht aus einem Becherglase, welches einen amalgamirten Zinkcylinder und sehr verdünnte Schwefelsäure, und einem ebensolchen Glase, welches einen Kupfercylinder und Kupfervitriollösung enthält. Soll das Element, das stets bereit steht, gebraucht werden, so verbindet man beide Flüssigkeiten durch ein weites, heberartiges Rohr, dessen Enden mit Membranen geschlossen sind, und das durch ein Ansatzrohr mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt werden kann. In diesem Element findet so gut wie keine Ueberführung von Kupfervitriol zur Schwefelsäure statt, wenn man das Rohr öfter frisch füllt. Das leichte Zusammensetzen und Auseinandernehmen empfiehlt das Element für solche Messungen. Sein innerer Widerstand ist gross; das ist aber für den vorliegenden Fall gleichgültig. Die Daniellschen Elemente, welche in Reihe V gebraucht wurden, sind nur 6 Centimeter hoch, daher ihr grosser Widerstand.

Für die Groveschen Elemente (mit 22 Cm. langen, 6 Cm. breiten Platinplatten, in käufliche Salpetersäure tauchend, und mit amalgamirtem Zinkcylinder in verdünnter Schwefelsäure) findet sich wieder die ziemlich hohe electromotorische Kraft 1,684; indess gibt eine der Messungen des Herrn von Waltenhofen[6]) die sogar noch grössere Zahl 1,6926.

Das Bunsensche Element hat eine sehr gute Gaskohle, und daher eine sehr hohe electromotorische Kraft.

Die Stöhrerschen Elemente gehören zu einer viel gebrauchten Versenkbatterie; die angegebene Kraft ist wohl die, die eine gut gehaltene Batterie der Art zu liefern pflegt,

---

6) a. a. O. p. 10.

denn die im ersten Moment der Znsammensetzung vorhandene weit höhere nimmt schnell ab.

Die Meidinger Elemente sind aus einer seit einem Jahr zusammengestellten für telegraphische Zwecke benützten Batterie genommen. Sie sind stark verbraucht, das Zink mit Kupfer bedeckt. Ich nahm absichtlich solche alte Elemente, um zu sehen, ob meine Methode doch an ihnen ausführbar ist. Frische Elemente haben eine weit höhere electromotorische Kraft.

Auch die Leclanché Elemente sind aus einer viel gebrauchten Glockenbatterie entnommen. Ueber diese vortrefflichen Elemente sind sehr verschiedene Angaben gemacht, nämlich von Herrn Leclanché selbst[7]), dann von Herrn Hitzig[8]) und von Herrn J. Müller[9]). Die Elemente, deren Constanten wir bestimmt haben sind sämmtlich die, welche Herr Leclanché die mittleren nennt (Diaphragma 15 Cm. hoch, 6 Cm. Durchmesser). Als electromotorische Kraft eines solchen Elementes gibt Herr Leclanché die Zahl 1,382, Herr Müller 0,896, Herr Hitzig 1,5, während ich 1,167 gefunden habe, die Kraft eines Daniellischen Elementes = 1 gesetzt. Ich habe schon bemerkt, dass meine Elemente schon stark gebraucht waren, so dass 1,167 gewiss eine sehr niedrige Zahl ist. Für den Widerstand gibt Herr Leclanché 550 Meter eines Eisendrahts von 4^{mm} Durchmesser. Indem Herr Müller diesen Widerstand auf Q. E. reducirte, hat er das Versehen begangen, 4^{mm} als Halbmesser anzurechnen, statt als Durchmesser; der genannte Widerstand ist demnach nicht 1,4, sondern 5,25. Herr Müller selbst fand 1,89, Herr Hitzig 7, (wobei aber die Salmiaklösung nur von

7) Dingl. pol. Journal Bd. 188 p. 97.

8) Berliner klinische Wochenschrift 1867 Nr. 48.

9) Poggend. Annalen CXL p. 308.

mittlerer Concentration war). Die vier verschiedenen Untersuchungen haben also ergeben:

	Leclanché	Müller	Hitzig	Beetz
electrom. Kraft	1,382	0,896	1,5	1,167
Widerstand	5,25	1,89	7	1,5.

Wenn man nun auch zugibt, dass auf die individuelle Beschaffenheit der Elemente viel ankommt, namentlich auf die Dichtigkeit der Diaphragmen, auf die Concentration der Lösung und die Höhe, bis zu welcher die Gläser gefüllt werden; so sind die Unterschiede in den verschiedenen Angaben doch so gross, dass sie grösstentheils durch die angewandten Messmethoden veranlasst sind, worauf auch Herr Müller bereits hingewiesen hat. Die Reihe II spricht dafür, dass meine Methode auch hier sehr gute Dienste geleistet hat.

Ich habe auch versucht, die Widerstände ganz inconstanter Säulen, z. B. einer Wasserbatterie von 50 Kupfer-Zinkstreifen von etwa 3 Cm. Länge und 1 Cm. Breite zu bestimmen. Bei solchen Säulen ändert sich aber der Widerstand beständig, und zwar um sehr bedeutende Grössen; natürlich muss der geringste Oxydniederschlag auf jeder Zinkfläche einen Widerstand von ungeheurer Grösse einführen. Für solche Säulen dürfte aber auch nicht leicht eine andere Methode aufgefunden werden, und wird eine genaue Bestimmung ihres Widerstandes wohl nicht leicht Jemanden ein Interesse einflössen.

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der mathematisch-physikalischen Klasse der Bayerischen Akademie der Wissenschaften München

Jahr/Year: 1871

Band/Volume: 1871

Autor(en)/Author(s): Beetz Wilhelm von

Artikel/Article: Ueber die Messung des inneren Widerstandes voltaischer Ketten nach der Compensationsmethode 3-17