**VIII. Ueber ein neues Verfahren, den Reductions-
factor einer Tangentenbussole zu bestimmen;
von Anton Waszmuth.**

Assistenten für Physik am deutschen Polytechnicum in Prag.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus d. Sitzungsberichten d. Wien. Akad.)

Mit dem Namen „Reductionsfactor einer Tangentenbussole“ bezeichnet man bekanntlich jene Gröfse, mit der die Tangenten der Ablenkungswinkel zu multipliciren sind, um die Stromintensitäten, nach absolutem Maafse gemessen, zu erhalten. Dieser Factor k hängt blofs von den Dimensionen des Apparates und der Horizontal Intensität des Erdmagnetismus ab und es ist z. B. für eine Weber'sche Tangentenbussole vom Radius R , $k = \frac{RH}{2\pi}$ und ebenso für eine nach Helmholtz und Gaugain $= \left(\frac{5}{4}\right)^3 \frac{RH}{2\pi} = 0,2224 \times RH$, wenn H die horizontale Componente der magnetischen Erdkraft bedeutet; oder aber unter Voraussetzung der chemischen Stromeinheit, welche künftighin durchwegs zu Grunde gelegt sein soll, gleich obigem Werthe von k multiplicirt mit 1,05.

So einfach demnach der Zusammenhang zwischen Reductionsfactor und den vorhergehenden Gröfsen ist, so bietet doch die Berechnung nach diesen Formeln meistens viele Schwierigkeiten, da einerseits die Componente H für den Beobachtungsort oft nicht genau genug bestimmt ist und anderseits die Dimensionen des Apparates sich selten mit der nöthigen Sicherheit ermitteln lassen. Man ist daher aufser Stande, diese Constante für ein gegebenes Instrument theoretisch zu bestimmen, sondern ist auf den Weg des Versuches hingewiesen.

Dabei hat man bis jetzt ausschliesslich elektrolytische Bestimmungen in Anwendung gebracht, sey es in der Art, dafs die in einem Voltameter binnen einer bestimmten Zeit

entwickelte Knallgasmenge mit Beobachtung der nöthigen Vorsichten und Reductionen gemessen und mit der Tangente des gleichzeitig am untersuchten Instrumente beobachteten Ablenkungswinkels verglichen wurde, oder aber in der Art, daß man ein Metallsalz der Elektrolyse unterwarf, die an der Kathode ausgefällte Menge des betreffenden Metalls durch Wägung bestimmte und daraus die aequivalente Knallgasmenge berechnete, um dieselbe in der vorhin bezeichneten Weise mit der gleichzeitig beobachteten Ablenkungstangente zu vergleichen.

Dem ersten Verfahren ist, abgesehen von den der Messung und Reduction des Gasvolumens anhaftenden Fehlerquellen noch der Umstand hinderlich, daß sich ein beträchtlicher Gasverlust durch Absorption und, wie man auch nachgewiesen haben will, durch theilweise Wiedervereinigung der getrennten Gase nicht vermeiden läßt. Das zweite Verfahren¹⁾ ist zwar von den angeführten Uebelständen frei, setzt jedoch die Ausführung genauer Wägungen voraus. Berücksichtigt man endlich, daß beide Methoden überdies noch genaue Zeitbestimmungen erheischen, so wird man zugestehen müssen, daß solche Bestimmungen ziemlich umständlich sind und den Besitz von experimentellen Hilfsmitteln voraussetzen, die nicht immer zur Verfügung stehen.

Diese Erwägungen haben mich veranlaßt, versuchs-

- 1) Bei der Untersuchung der Tangentenbussole, mit welcher Prof. v. Waltenhofen die in dieser Abhandlung zu Grunde gelegten Messungen der elektromotorischen Kraft der Daniell'schen Kette ausführte, hat derselbe die elektrolytische Fällung des Kupfers vorgezogen und zu diesem Zwecke einen dem Horsford'schen Apparat ähnlichen Zersetzungsapparat mit Glaswanne construirt, bei welchem die Kupferplatten eine Berührungsfläche von mindestens je 60 Quadratcentimeter der Flüssigkeit darboten, indem auf die Vortheile großer Platten zur Erzielung eines constanten Stromes S. 476 der betreffenden Abhandlung (Pogg. Ann. Bd. 133) hingewiesen wird. — Bezüglich des hierbei in Betracht kommenden elektrochemischen Aequivalentes des Wassers mag erwähnt werden, daß die von Wiedemann, Galvanismus, Bd. II, S. 917, angeführten Bestimmungen dieser Größe um Differenzen bis zum Betrage von 2 Proc. abweichen.

weise einen andern Weg zur experimentellen Ermittlung des Reductionsfactors einzuschlagen, welcher jedenfalls viel rascher und einfacher und, wie ich glaube nachweisen zu können, mit nicht geringerer Sicherheit und Genauigkeit zum Ziele führt.

Den Anhaltspunkt dazu boten mir die von Prof. v. Waltenhofen in seiner Abhandlung über die elektromotorische Kraft der Daniell'schen Kette nach absolutem Maafse (Pogg. Ann. Bd. 133) mitgetheilten zahlreichen Bestimmungen dieser Gröfse, welche sämmtlich nach der Poggendorff'schen Compensationsmethode und zwar in der Art ausgeführt wurden, dafs der Einflufs der Polarisation vollständig ausgeschlossen war. Die elektromotorische Kraft der genannten Kette wurde nämlich jedesmal aus Stromstärke und Widerstand in der Nebenschließung abgeleitet¹⁾ und die gefundenen Zahlen zeigen eine solche Uebereinstimmung, dafs der von den einzelnen Versuchsergebnissen sehr wenig abweichende Mittelwerth 12,04 auf die Jacobi-Siemens'schen Maafseinheiten bezogen als eine mit grofser Sicherheit bestimmte physikalische Constante betrachtet werden mufs, welche mit Rücksicht auf die chemische Anordnung der Daniell'schen Kette überdies jedenfalls nur sehr geringen Variationen unterliegen kann.

Diese Gröfse giebt daher ein unter allen Verhältnissen mit den einfachsten Mitteln und doch mit grofser Genauigkeit reproducirbares Maafs an die Hand, aus welchem sofort der Reductionsfactor einer zu untersuchenden Tangentenbussole ohne weiteres berechnet werden kann, wenn dieselbe bei der Compensation einer Daniell'schen Kette

1) Es mag hier erinnert werden, dafs die zweite Form der Poggendorff'schen Methode, welche in der Vergleichung der Widerstände in der Leitung der compensirenden Kette und der Nebenschließung besteht, nur relative Messungen gestattet und überdies, wie Prof. v. Waltenhofen in seiner Abhandlung über die Polarisation constanter Ketten (Sitzungsb. d. kais. Akad. Bd. 49) unzweifelhaft nachgewiesen hat, von dem Einflufs der Polarisation nicht unabhängig ist.

als Galvanometer in der Nebenschließung von bekanntem Widerstande gedient hat. Bezeichnet man nämlich, auf die vorgenaunten Einheiten bezogen, Stromstärke und Widerstand in dieser Nebenschließung beziehungsweise mit i und r , ferner den an der Tangentenbussole bei erreichter Compensation der Daniell'schen Kette (durch eine beliebige andere von entsprechender Stärke), abgelesenen Ablenkungswinkel mit α und den gesuchten Réductionsfactor bezüglich der Jacobi'schen Stromeinheit mit k , so hat man wegen $i = k \tan \alpha$ und $12,04 = ir^1$) die Relation:

$$k = \frac{12,04}{r \tan \alpha}.$$

Ich habe eine Reihe solcher Versuche ausgeführt, die ich nun näher erörtern will. Als Ladungsflüssigkeit diente bei der Daniell'schen Kette eine concentrirte Kupfervitriollösung, deren Concentration durch hineingelegte Kupfervitriolkrystalle unterhalten wurde; das Zink war sorgfältig amalgamirt und stand in mit dem fünfzehnfachen Volum Wasser verdünnter englischer Schwefelsäure. Bei den Versuchen No. II bis VII wurde das von Poggen-dorff angegebene Verfahren beobachtet, das Daniell'sche Element jedesmal nach erfolgter Compensation auseinander zu nehmen, die Metallplatten von den anhaftenden Gasblasen zu reinigen, neu zusammenzustellen und abermals zu compensiren. Als compensirende Kette wurde ein constantes Kohlenzinklelement verwendet.

Zur Untersuchung gelangte zuerst eine Gaugain'sche Tangentenbussole mit massivem Messingring nebst vier Drahtkreisen, mit der ich folgende vier Reihen von Versuchen, bei denen jedesmal ein anderes Daniell'sches Element zur Compensation genommen wurde, ausführte. Der Strom ging dabei durch den messingenen Reif.

- 1) Es ist nämlich die elektromotorische Kraft der compensirten Kette jedesmal gleich dem Producte von Stromstärke und Widerstand der Nebenschließung.

Versuchsreihe	r	α	$\log r \tan \alpha$	k	Mittel	Größte Abweichung vom Mittel
No. I	1,025	17°,0	0,49606—1	38,42	39,05	1,8 Proc.
	2,025	8°,7	0,49118—1	38,85		
	3,025	5°,8	0,48752—1	39,18		
	4,025	4°,3	0,48093—1	39,78		
No. II	1,025	17°,0	0,49606—1	38,42	38,88	1,18 "
	2,025	8°,75	0,49371—1	38,63		
	3,025	5°,8	0,48752—1	39,18		
	4,025	4°,35	0,48597—1	39,32		
No. III	1,025	17°,15	0,50011—1	38,06	38,66	2,2 "
	2,025	8°,75	0,49371—1	38,63		
	3,025	5°,75	0,48374—1	39,53		
	4,025	4°,45	0,49588—1	38,44		
No. IV	1,025	17°,15	0,50011—1	38,06	38,22	1,6 "
	2,025	8°,8	0,49622—1	38,41		
	3,025	5°,85	0,49128—1	38,85		
	4,025	4°,55	0,50557—1	37,59		

Hieraus ergibt sich, wenn man die Versuchsreihe No. I, bei der die Metallplatten während der Compensation nicht gereinigt wurden, aufser Acht läßt, als Mittelwerth für den Reductionsfactor dieser Bussole $k = 38,59$, dessen Abweichung vom Mittel der Versuchsreihen II, III und IV nicht einmal 1 Proc. erreicht und dessen größte Abweichung von den einzelnen Beobachtungsergebnissen 2,6 Proc. beträgt. Elektrolytische Bestimmungen mit (concentrirter) Kupfervitriollösung zwischen Kupferplatten ergaben für diesen Reductionsfactor einen etwas höheren Werth. (Sehr nahe 40.)

Eine Berechnung dieses Factors konnte hier leider nicht durchgeführt werden, da die Dimensionen des Messingreifens nicht auf den Werth des bei der Rechnung zu Grunde zu legenden Radius schliessen ließen; die für denselben gefundenen Grenzwerte zeigen indess eine befriedigende Uebereinstimmung.

Um aber auch eine derartige, genauere Vergleichung anstellen zu können, wurde eine Versuchsreihe No. V mit derselben Tangentenbussole in der Art ausgeführt, daß der Strom nicht durch den Messingreif, sondern durch einen von den vier an demselben festliegend angebrachten, isolirten Kupferdrähten ging. Der Radius dieses Kupferringes fand sich ziemlich genau gleich 88^{mm} und die Entfernung seines Mittelpunktes vom Drehungspunkte der Nadel gleich 45^{mm} , während die am Aufstellungsorte direct gemessene, erdmagnetische Horizontal-Intensität 1,657 war. Berechnet man mit diesen Größen den Reductionsfactor, so findet man denselben gleich 34,52, welcher Werth mit den aus meinen Versuchen erhaltenen 34,61 eine beinahe vollständige Uebereinstimmung giebt, indem die Abweichung davon nur $\frac{1}{4}$ Proc. beträgt, wie aus der nachstehend angeführten Tabelle hervorgeht.

Versuchsreihe	r	α	$\log r \operatorname{tang} \alpha$	k	Mittel	Größte Abweichung vom Mittel
No. V	1,025	$18^{\circ},55$	0,53650—1	35,01	34,61	1,2 Proc.
	2,025	$9^{\circ},75$	0,54153—1	34,60		
	3,025	$6^{\circ},55$	0,54075—1	34,66		
	4,025	$5^{\circ},0$	0,54672—1	34,19		

Zeigen die Messungen No. I bis IV, daß die einzelnen Bestimmungen mit verschiedenen Daniell'schen Ketten unter sich sehr gut übereinstimmende Resultate ergeben, so erhellt nicht minder aus dem Versuche No. V das genaue Zusammentreffen des berechneten mit dem nach meinem Verfahren gefundenen Werthe.

Dasselbe zeigt sich auch bei den Versuchen No. VI und VII, die ich mit einer 12 Drahtkreise enthaltenden Gaugain'schen Bussole durchführte.

Versuchsreihe	r	α	$\log r \tan \alpha$	k	Mittel	Größte Abweichung vom Mittel
No. VI	1,065	69°,5	0,45461	4,213	4,25	0,9 Proc.
	2,065	53°,33	0,45100	4,248		
	3,065	42°,55	0,44924	4,265		
	4,065	34°,67	0,44890	4,269		
No. VII	1,069	69°,5	0,45624	4,211	4,28	1,6 „
	2,069	53°,55	0,44734	4,298		
	3,069	42°,25	0,44525	4,319		
	4,069	34°,5	0,44662	4,305		

Als Mittelwerth aus diesen Bestimmungen ergibt sich hieraus für den Reductionsfactor die GröÙe 4,26, welcher Werth von den einzelnen Beobachtungen höchstens um 1,4 Proc. abweicht.

Für dasselbe Instrument wurde der Reductionsfactor auch auf verschiedenen anderen Wegen ermittelt, wobei sich ein nahezu gleicher Mittelwerth 4,19 ergab, während jedoch die einzelnen Bestimmungen unter sich weniger genau als bei meinen Versuchen übereinstimmten.

Bedenkt man nun noch, daß dieses Verfahren Apparate voraussetzt, die in keinem physikalischen Laboratorium fehlen (einige bekannte Widerstände, ein Rheostat, der nicht einmal graduirt zu sein braucht, zwei Ketten und ein gewöhnlicher Multiplicator) und daß man mehrere Versuche binnen kurzer Zeit ausführen kann, so darf wohl mit Recht gesagt werden, daß dieses Verfahren rascher und einfacher als die gewöhnlichen Methoden zum Ziele führt und auch mindestens die gleiche Genauigkeit wie jene gewährt.

Ebenso einleuchtend ist es, daß sich dieses Verfahren mit Vortheil zum Graduiren anderer Galvanometer verwenden läßt und zwar besonders dort, wo das von Poggen-dorff angegebene Verfahren vermöge der Construction des betreffenden Instrumentes nicht ausführbar ist. Ueber die Modification, die dann das Verfahren erleidet, werde ich indess ein anderes Mal berichten.

Schließlich kann ich nicht umhin, Herrn Prof. v. Walten-hofen, in dessen Laboratorium ich die Versuche ausführte, für die Ueberlassung der Instrumente sowie für die gütige Unterstützung meiner Bestrebungen meinen wärmsten Dank auszusprechen.