

hergehenden unter sich. Man sieht hieraus, daß wenn die Töne nur nicht viel höher waren, als die von Savart gebrauchten Benennungen derselben angeben, die Gangunterschiede sehr nahe den Wellenlängen proportional sind, ganz in Uebereinstimmung mit den Ansichten, welche ich in der vorliegenden Untersuchung näher zu begründen bemüht gewesen bin.

II. *Ueber die Gesetze der Wärme-Entwicklung durch den Galvanischen Strom; von E. Lenz.*

(Aus dem Bulletin der physik. mathem. Klasse der K. Akademie zu St. Petersburg vom Hrn. Verf. mitgetheilt.)

1) **D**ie in dem Folgenden der Akademie mitzutheilenden Untersuchungen beschäftigen mich schon seit einigen Jahren; sie wurden begonnen lange vor dem Erscheinen des Aufsatzes von Joule in dem philosoph. Magazine Oct. 1841, und ich habe geglaubt auch in ihnen fortfahren zu müssen, trotz dem, daß meine Resultate im Wesentlichen mit denen von Joule übereinstimmen, weil sich gegen die Versuche desselben manche gegründete Einwendungen machen lassen, wie solches unser College, Herr Akademiker Hess, bereits gezeigt hat.

Da das Zutrauen, welches ich für meine Versuche in Anspruch nehmen möchte, auf der genauen Prüfung der von mir angewendeten Meßapparate beruht, so werde ich zuerst mit ihrer detaillirten Beschreibung und Berichtigung beginnen.

Zur Messung der Stromeskraft bediente ich mich einer sogenannten Tangentenbussole, d. h. eines Multipliers, an welchem die Stromeskräfte durch die Tangenten der Ablenkungswinkel gemessen werden; ihre Construction beruht auf einer mir von Herrn Prof. Nerven-

der bisher nur privatim mitgetheilten Theorie; ich werde mich hier mit der Beschreibung des Instruments, wie ich es nach jener Theorie hier habe ausführen lassen, begnügen, und nur die experimentellen Beweise seiner Brauchbarkeit anführen, indem ich die Entwicklung der Theorie selbst dem Erfinder überlasse.

Auf einem starken mit einem rechtwinklichen Ansatz versehenen und durch diesen solid an der Wand befestigten Brette $MM' NN'$ (Fig. 4 Taf. II), welches in der Mitte ein weites Loch hat, steht auf 3 Schraubenfüßen f, f', f'' das Brett AA' , der Träger des ganzen Apparates. In der Mitte ist in einem entsprechenden Ausschnitt das hohle kónische Axenlager dd' vermittelst Holzschrauben befestigt und mit ihm das auf ihm abgedrehte cylindrische, flache, oben offene Messinggefäß DD' , dessen oben horizontal abgedrehter Rand eine Theilung von 20 zu 20 Minuten trägt. In dem hohlen Axenlager dreht sich die konische Axe C und mit ihr die auf ihr abgedrehte Alhidade BB' , die an ihren beiden obern flachen und mit dem getheilten Kreise in einer Horizontalebene befindlichen Enden Nonien trägt, wodurch die Theilung des festen Kreises in 20 gleiche Theile getheilt wird, also die Stellung der Alhidade bis auf eine Minute bestimmt werden kann; man sieht dieses besser in Fig. 5 Taf. II, welche die Ansicht von oben giebt und auf der dieselben Theile mit denselben Buchstaben wie in Fig. 4 bezeichnet sind. Auf dem Brett ist an dem Rande zur Wand hin ein vertikaler, cylindrischer Messingständer angeschraubt, der oben den horizontalen Arm XX' (Fig. 5) trägt, an dessen Ende die Vorrichtung angebracht ist, um den Conconfaden zu tragen; der Conconfaden trägt unten bei b (Fig. 4) an einem kleinen Haken die Magnetnadel ns und über ihr den Zeiger ee' , welcher über dem Limbus der Theilung spielt und die Stellung der Nadel anzeigt; Nadel und Zeiger sind an ein und demselben vertikalen Messingdraht unverrückbar gegen einander be-

festigt. Der Conconfaden hängt oben an der Rolle α , durch die er gehoben und gesenkt werden kann, liegt aber dann in einem Einschnitt der Oeffnung der obern Platte an, so daß dieser Aufhängepunkt beim Heben und Sinken des Fadens immer genau derselbe bleibt. Er kann aber mit seiner Platte in 2 Schlitten vermittelst der Micrometerschrauben Q und R , rechtwinklich gegen einander, verschoben werden, wodurch die Möglichkeit gegeben ist, den Faden durch die Drehaxe der Magnetnadel und des Zeigers, vermittelst der weiter unten angegebenen Methode, ins Centrum des getheilten Kreises zu bringen. Um die Nadel vor Luftzügen und den Kreis vor Bestäubung zu schützen, werden beide zuvörderst von einem Glasringe OO' umgeben, der in einer kreisförmigen Rinne der Bretter AA' hineingesetzt wird und dessen oberer Rand in einer Horizontalebene abgeschliffen ist. Eine aus zwei Hälften bestehende kreisförmige Spiegelglasplatte PP' wird auf den obern abgeschliffenen Rand des Glasringes OO' aufgelegt und die beiden Halbkreise werden durch vier Messingfedern $\nu\nu'$ zusammengedrückt. In der Mitte ist aus der Glasscheibe PP' eine runde Oeffnung (in jeder Hälfte ein Halbkreis) ausgeschliffen, durch welche der Conconfaden Qb hindurchgeht. Der Faden wird von einer Glasröhre eingeschlossen, die am untern Ende eine verschiebbare cylindrische Holzhülse hat, deren unterer scheibenförmiger Rand beim Herabschieben sich flach auf die Glasscheibe auflegt und auf diese Weise auch hier die Oeffnung für den Faden vollkommen verschließt.

An einem Fortsatze der konischen Axe C ist der Apparat CC' eingeschraubt, welcher durch das Loch im Brett MM' hindurchgeht, und dessen zwei rechtwinklich gegen einander genommene Ansichten die Fig. 4 u. 6 Taf. II darstellen; auch hier bezeichnen gleiche Buchstaben gleiche Theile. Gleich unter dem kurzen Fortsatze der konischen Alhidadenaxe findet sich das horizontale Querstück CC , welches die zwei cylindrischen Stangen CC' trägt (Fig. 6

Taf. II), die aus zwei gezogenen Messingröhren bestehen, unten durch ein ähnliches Querstück $C' C'$ vereinigt sind und auf diese Weise einen senkrechten rechtwinklichen Rahmen bilden. An den Stangen läßt sich mittelst Hülse und Klemmschrauben L, L' der zwischen den Stangen befindliche Theil auf und nieder schieben und fixiren. Er besteht aus einer horizontalen Messingplatte, welche an ihren Enden zwei gabelförmige Messingträger EE' trägt, in welche ein hohler Messingcylinder FF' unbeweglich hineingelegt werden kann. Dieser Messingcylinder ist an beiden Enden verschlossen und um zwei Punkte, wovon der eine bei F (Fig. 6 Taf. II) sichtbar ist, der ganzen Länge nach abgedreht worden. Die Endtheile, welche in den Gabeln liegen, sind von den übrigen durch die Ränder, die in Fig. 4 Taf. II mit c, c' bezeichnet sind, getrennt; die Fläche des Cylinders c und c' ist mit einer Doppelspirale eines Kupferdraths von $\frac{3}{4}$ engl. Zoll Dicke ¹⁾, welche sorgfältig mit Baumwolle besponnen ist, umwunden; die Spirale geht erst von einem Ende zum andern, und dann in einer zweiten Schicht von dort wieder zurück. Die dadurch auf einer Seite der Spirale liegenden Enden des Draths sind zu einer Schnur zusammengedreht und bis zur Mitte geführt, wo sie sich in zwei Klemmschrauben G und G' enden. Eine Mikrometerschraube K erlaubt der Spirale eine Bewegung in Richtung ihrer Axe zu geben; die Schraube H und die Feder H' lassen das eine Ende der Spirale gegen das andere heben oder senken; endlich bewegen die Seitenschrauben J und J' die Spirale horizontal und senkrecht auf die Richtung der Axe. Die mechanischen Mittel sind also da, die Axe der Spirale horizontal zu legen und ihre Mitte genau senkrecht unter das Centrum des getheilten Kreises oder in die Verlängerung der Drehungsaxe der Magnetsadel zu bringen. Durch Drehung der Alhidade wird dann die Axe der Spirale in jedes beliebige Azimut gebracht.

1) Wohl $\frac{3}{4}$ engl. Lin.?

Endlich muß ich noch einer Vorrichtung erwähnen, die ich anwende um die Schwingungen der Nadel möglichst abzukürzen, ohne doch die Genauigkeit der Einstellung zu beeinträchtigen; ich habe dieses Mittel zuerst vom Baron Schilling bei seinen Versuchen über galvanische Telegraphie anwenden sehen. Es ist nämlich der Messingstift, welcher die Magnetonadel *ns*, so wie den Zeiger *ee'* trägt, nach unten in einen Platinstiel *Y* verlängert, und endigt in einen Platinflügel, d. h. in ein vertikales Platinblech, wie es die Zeichnung darstellt. Er hängt in einem flachen cylindrischen Glasgefäß *TT'*, welches mit reinem Baumöl gefüllt ist; der Widerstand des Oels gegen den sich mit der Nadel drehenden Flügel hemmt die Schwingungen der Nadel so gut, daß bei meinem Instrument die Nadel nach 8 Schwingungen, welche 36 Secunden dauern, vollkommen in Ruhe ist. Dabei haben mich zahlreiche Versuche aufs Vollkommenste davon überzeugt, daß wenn man den Ruhestand der Nadel sich gemerkt hat und dann die Nadel mit einem genäherten Magnet beliebig ablenkt, sie immer genau auf den alten Ruhestand wieder zurückkommt, daß also das Oel der Genauigkeit der Einstellung durchaus nicht hinderlich ist. Selbst als ich bei einer andern Gelegenheit und mit einem andern Apparate, in welchem ich die Stellung der Nadel bis auf $\frac{1}{4}$ Minute ablesen konnte, durch einen größern Flügel den Widerstand so sehr vermehrte, daß die Nadel schon nach 4 Schwingungen vollkommen zur Ruhe kam, war die Einstellung noch vollkommen genau. Wer viel mit Multiplicatorablesungen beschäftigt gewesen ist, wird den großen Werth eines solchen Beruhigers bei völliger Sicherheit der Einstellung zu schätzen wissen. Das Oel wird allmählig zähe und daher der Widerstand gegen die Schwingungen vergrößert, indefs habe ich noch nach einem Jahre das Oel in meinem Apparate vollkommen tauglich gefunden, nur muß es nicht mit Messing in Berührung kommen, dessen grünes Kupferoxyd es allmählig verunreinigt.

Die Entfernung meiner Spirale von der Magnetnadel ist $12\frac{3}{4}$ Zoll; wird die Axe der Spirale senkrecht auf den Meridian gerichtet und dann ein Strom durch sie hindurch gelassen, so kann man sich ihre Wirkung wie die eines auf die Magnetnadel senkrecht gerichteten Magnets denken und die Nadel wird eine Ablenkung erleiden. Bei meinem Instrumente sind die den Ablenkungen entsprechenden Ströme den Tangenten der Ablenkung proportional, wenn Nadel und Spirale gehörig centrirt sind.

Um diese Centrirungen auszuführen, verfuhr ich folgendermaßen: Vor Einhängung der Magnetnadel und nach Entfernung des Oelgefäßes wurde auf die Alhidade eine Libelle gestellt und durch Umdrehen der Alhidade die Drehungsaxe auf die bekannte Weise vertikal gerichtet, vermittelt der Fußsschrauben f , f' , f'' ; alsdann lagen Kreis und Nonien horizontal, weil sie auf der Axe abgedreht worden waren. Nun ward die Libelle entfernt, das Oelgefäß auf seine Stelle gebracht und die Nadel eingehängt.

Es wurde nun zuerst die Axe der Spirale oder die Linie, die durch die sichtbaren Abdrehpunkte F , F' gezogen gedacht wird, centrirt, d. h. so gerichtet, daß sie horizontal lag, daß eine Senkrechte vom Mittelpunkt des Kreises sie traf und sie zugleich halbirte. Um diese drei Bedingungen zu erreichen, ward das Fadenkreuz eines guten Fernrohrs, dessen einer Faden horizontal, der andere vertikal stand, von einem festen Punkte aus, der ungefähr in der Verlängerung der Axe lag, so auf den Punkt F gerichtet, daß dieser beim Durchschnittspunkt auf dem horizontalen Faden sich befand; drehte man nun die Alhidade um 180° , so mußte der andere Abdrehpunkt auf der andern Seite F' des Messingcylinders auf dem horizontalen Faden erscheinen; wenn nicht, so wurde durch die Schraube H das eine Ende der Axe gehoben oder gesenkt, wie sich's gebührte, und zugleich das Fernrohr gehoben oder gesenkt und so lange fortge-

gefahren, bis beide Punkte F und F' bei der Drehung um 180° genau in einer Höhe erschienen, dann war die Axe horizontal.

Die zweite Berichtigung geschah durch Einstellung von F und F' an dem vertikalen Faden des Fadenkreuzes, wobei mit der Schraube J und J' so lange nachgeholfen wurde, bis bei einer Drehung um 180° F und F' beide am vertikalen Faden erschienen; dies bewies, daß die Axe durch das Centrum der Drehung ging.

Endlich, damit die Senkrechte aus dem Centrum des Kreises die Axe der Spirale halbire, wurde die Spirale nahezu senkrecht auf die optische Axe des Fernrohrs gestellt, und dieses mit seinem Vertikalfaden auf den äußersten scharfen Rand F des Cylinders eingestellt, dann um 180° gedreht und so lange mittelst der Schraube K nachgeholfen, bis in beiden Stellungen die Ränder F und F' beide mit dem Vertikalfaden des Fernrohrs zusammenfallen.

War auf diese Weise die Spirale in Bezug auf die Drehungsaxe der Alhidade centrirt, so mußte nun dasselbe mit der Drehungsaxe der Nadel und des Zeigers geschehen. Dieses geschah durch gleichzeitige Beobachtung der Ablenkungen der Magnetnadel an beiden Enden der Nadel, während diese Ablenkungen durch einen Strom in der Spirale verursacht wurden und bald nach der einen, bald nach der andern Seite von der Ruhelinie gerichtet waren; der Aufhängepunkt des Fadens ward durch die Schrauben Q und R so lange verschoben, bis jede beliebige Ablenkung nach jeder Seite an beiden Enden des Zeigers genau gleich gefunden wurde. War dieses erreicht, so brauchte die Ablenkung nur an einem Ende der Nadel beobachtet zu werden. Die Ablesungen wurden mit einer Loupe, die auf der obern Glastafel PP' lag, vorgenommen, und dabei, zur Vermeidung der Parallaxe, das Auge so fixirt, daß der horizontale Theil des Zeigers den vertikalen Drath, an welchem Zeiger und

Nadel befestigt waren, deckte; außerdem wurde der Zeiger dem Kreise möglichst genähert, auf etwa $0,2''$, welches kein Streifen des Zeigers zur Folge haben konnte, weil die Fläche des Kreises genau horizontal war. Da die Theilung des Kreises bis auf 20 Minuten ging, und ein solcher Theil durch Schätzung in 10 Theile sich theilen liefs, so ist die Genauigkeit der Ablesung $2'$.

Man könnte nun noch fragen, ob die Torsion des Aufhängfadens nicht von Einflufs auf die Resultate gewesen sey; allein dieser Einflufs ergab sich bei meinem Faden $= 0$, wie am besten aus den Berichtigungsversuchen sich ergeben wird.

Ehe die Versuche zur Messung der Ströme begannen, mußte nun die Axe der Spirale zuvor senkrecht auf den Meridian gestellt werden; zu dem Ende wurde ein starker Strom, der die Nadel auf mehr als 60° ablenkte, durch die Spirale hindurchgelassen, und diese dann so lange gedreht, bis der Strom die Nadel ganz und gar nicht mehr ablenkte, was mit grofser Genauigkeit geschehen kann; dasselbe geschah nach umgekehrtem Strom durch Drehung der Spirale nach der andern Seite. Die beiden Stellungen waren bei meinem Apparate und bei guter Centrirung genau 180° von einander abstehend; wurde die Alhidade auf 90° von dieser Stellung eingestellt, so war die Axe der Spirale senkrecht auf den Meridian gerichtet, oder die Windungen des Drahts waren dem Meridian parallel. Diese Stellung der Ströme wurde im Beobachtungsjournal mit: *Normalstellung der Spirale* notirt und jede Beobachtung wurde mit Einstellung auf diese Normalstellung begonnen.

Da es bei Beobachtung der Ablenkung bequem ist, wenn die *Normalstellung der Nadel* im Meridian mit 0 bezeichnet ist, so habe ich an meinem Apparate später den getheilten Kreis mit seinem konischen Axenlager in einem zweiten solcher Lager drehbar gemacht; ein horizontaler Arm umfaßte die Axe des Kreises unter dem Brett AA' und dessen Ende, also mit ihm auch der Kreis,

konnte durch eine Mikrometerschraube um einige Grade gedreht werden. Dadurch konnte ich vor Beginn der Beobachtung immer den 0 Punkt der Theilung unter das beobachtete Zeigerende bringen. Da mit dem Kreise auch die Alhidade und die Spirale sich mitdrehten, so wird hierdurch noch der nicht unbedeutende Vortheil erreicht, daß wenn nur die Ströme ihre *Normalstellung* haben, selbst wenn die Nadel durch Verrückung des magnetischen Meridians ihre Einstellung ändert, die Spirale doch immer wieder senkrecht auf die Meridianrichtung gebracht wird, indem ihre Stellung gegen das beobachtete Zeigerende, bei Einspielung desselben auf 0, nothwendig unverändert bleiben muß. Ich füge noch zum Schluß hinzu, daß meine Bussole sich in einem Glasschrank unter Schloß befindet, der beim Beobachten zurückgeklappt werden kann und das Instrument völlig frei läßt. Die Berichtigungen des Instruments fordern zu viel Zeit, als daß man die Berichtigungsschrauben desselben einer unberufenen Hand preisgeben sollte.

Außer diesem Multiplicator habe ich bei allen meinen Versuchen einen Voltagometer oder Agometer des Hrn. Jacobi in der im Bulletin scientifique, T. X S. 285, beschriebenen Form angewandt ¹⁾, und zwar in 2 Exemplaren, wovon das eine der Akademie, das andere der hiesigen Universität gehört, und die ich mit (A) und (B) bezeichnen werde. Dieses Instrument ist für messende galvanische Versuche von der höchsten Wichtigkeit, und jeder, der sich dessen bedient, wird dem Erfinder dieses Hilfsmittels der Galvanometrie Dank wissen. Der Draht meines Agometers ist Neusilberdraht; Messingdraht taugt nicht dafür, weil er an der Luft und beim Erhitzen durch den Strom anläuft, und dadurch der metallische Contact der Rolle gehemmt wird. *Eine Windung meines Agometers (A) wird im Folgenden immer die Einheit des Leitungswiderstandes seyn.* An diesem Instrumente (A)

1) S. S. 145 des vorigen Hefts.

waren die Widerstände sämmtlicher Windungen durchaus gleich gefunden worden. Da Voltagometer mit Voltameter leicht verwechselt wird, und da die Benennung Agometer kürzer ist, so werde ich mich immer dieses, auch schon von Hrn. Jacobi proponirten, Ausdrucks bedienen.

2) An einen großen Vorzug des Multiplicators vor andern galvanischen Mefsapparaten, z. B. vor der Becquerelschen Wage, will ich hier noch in wenigen Worten erinnern. Wenn eine Nadel durch einen galvanischen Strom abgelenkt wird und bei einem gewissen Ablenkungswinkel in Ruhe kommt, so sind zwei Kräfte, die auf die Nadel einwirken, mit einander im Gleichgewicht, das Drehungsmoment, welches der Strom auf sie ausübt, und das des Erdmagnetismus. Beide enthalten als Factor die Stärke des eigenen Magnetismus der Nadel, so dafs bei Construction der Gleichung zwischen beiden Drehungsmomenten dieser eigene Magnetismus der Nadel aus der Gleichung verschwindet, ganz wie bei Ablenkung des Gauß'schen Magnetometers durch den unbeweglichen Magnetstab. Daraus folgt, dafs die Gröfse des Ablenkungswinkels unabhängig ist von der Stärke des Magnetismus der Nadel, und dafs es daher auch von keinem Einfluß auf das Instrument ist, wenn im Augenblick des Ablenkens durch die magnetisirende Wirkung der Drahtspirale eine momentane Verstärkung des Magnetismus der Nadel Statt finden sollte, und eben so wenig, wenn im Laufe der Zeit eine Schwächung des Magnetismus, wie solches gewöhnlich ist, eintritt. Diese Unveränderlichkeit der Werthe der Ablenkungen meines Multiplicators hat sich auch in der That aus der Vergleichung seiner Angabe mit der Wasserzersetzung des Voltameters, wenn beide sich in derselben Kette befanden, ergeben für den Zeitraum von mehr als 10 Monaten, wie aus den folgenden Versuchen sich ergeben wird. — Bei einer elektromagnetischen Wage, wie Hr. Jacobi und ich sie bei einer frühern gemeinschaftlichen Arbeit angewendet ha-

ben, und wo die Abstofsung zweier elektromagnetischer Spiralen auf zwei an der Wage hängende Magnetstäbe durch Gegengewichte contrebalancirt und gemessen wird, findet diese Unabhängigkeit der Angaben des Instruments von der Stärke des Magnetismus der Stäbe natürlich nicht statt, und deshalb waren wir dort genöthigt, für den momentanen, durch die Spirale in dem Magneten hervorgerufenen Magnetismus eine Correction anzubringen ¹⁾.

Um ein Maafs der Genauigkeit der Multiplicatormessungen bei verschiedenen Ablenkungen, als aliquoten Theil der Stärke des Stroms, zu haben, nehme ich vorläufig die Proportionalität der Stromstärke und der Tangenten der Ablenkungen als erwiesen an; dann habe ich für die Stromstärke F , wenn α die beobachtete Ablenkung und k ein constanter von der Natur des gebrauchten Multipliers abhängiger Coëfficient ist:

$$F = k \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

und durch Differenziren

$$dF = \frac{k \cdot d\alpha}{\cos^2 \alpha}.$$

Dividire ich die zweite Gleichung durch die erste, so ist

$$\frac{dF}{F} = \frac{d\alpha}{\cos^2 \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha} = 2 \frac{d\alpha}{\sin 2\alpha}.$$

Nun ist die Sicherheit der Ablesung oder $d\alpha = 2'$, also im Bogen circa $= \frac{1}{1770}$, folglich $2d\alpha = \frac{1}{885}$, also die aliquote Genauigkeit der gemessenen Ströme oder

$$\frac{dF}{F} = \frac{1}{860} \cdot \frac{1}{\sin 2\alpha},$$

daraus ergibt die Berechnung die Genauigkeit der Strommessungen

für	5°	=	$1\frac{1}{39}$,
-	10°	=	$2\frac{1}{19}$,
-	20°	=	$3\frac{1}{9}$,
-	30°	=	$7\frac{1}{4}$,
-	40°	=	$8\frac{1}{7}$.

1) S. Ann. Bk XLVII S. 225.

3) Ich werde nun die Prüfungen angeben, die ich mit dem Instrumente vorgenommen habe, um mich davon zu überzeugen, daß die Stromkräfte in der That den Tangenten der Ablenkungswinkel proportional sind. Zuvörderst aber bemerke ich, daß ich bei allen meinen Versuchen keine größere Ablenkungen als 40° angewendet habe, theils weil es sich übereinstimmend mit Herrn Nervander's Theorie ergab, daß die Proportionalität nicht merklich dieselbe bliebe für größere Ablenkungen, theils aber auch weil die Messungen mit dem Agometer für stärkere Ströme wegen starker Erwärmung des Neusilberdrahts und Vergrößerung seines Leitungswiderstandes ungenau werden. Ich werde daher in dem Folgenden das Gesetz der Tangenten nur bis auf 40° Ablenkung zu beweisen suchen. Ich habe den Beweis auf dreierlei Art geführt; die *erste* war die folgende:

Wird die Nadel um den Winkel α von einem Strome aus der Richtung des magnetischen Meridians abgelenkt und auf dieser Ablenkung erhalten, so kann die Wirkung des Drehungsmoments der Erde durch $T.\sin\alpha$ ausgedrückt werden, die des Stromes durch $F.\varphi(\alpha)$, wo φ eine gewisse Funktion des Winkels, den die Nadel mit den Windungen des Multiplicators macht, bedeutet; es ist dann

$$T.\sin\alpha = F.\varphi(\alpha),$$

also

$$F = T.\frac{\sin\alpha}{\varphi(\alpha)},$$

ist nun der Strom den Tangenten der Ablenkung proportional, so muß offenbar die Funktion $\varphi(\alpha) = \cos.\alpha$ seyn, also das Drehungsmoment des Stromes $= F.\cos\alpha$. Ist nun in der Fig. 7 Taf. II AB die Richtung des magnetischen Meridians, CD die Richtung der Windungen des Multiplicators, die mit AB den Winkel β bilden, NS aber die Lage der abgelenkten Nadel, die mit dem Meridian den Winkel α bildet, so haben wir die Gleichung

$$T.\sin\alpha = F.\cos(\alpha + \beta),$$

also

$$\frac{F}{T} = \frac{\sin \alpha}{\cos(\alpha + \beta)}.$$

Wenn man also die Windungen auf verschiedene Winkel β mit dem Meridian einstellt und die entsprechenden Ablenkungswinkel α beobachtet, während der Strom F derselbe bleibt, so muß aus allen diesen Beobachtungen ein constanter Werth für $\frac{\sin \alpha}{\cos(\alpha + \beta)}$ sich ergeben, wenn das Gesetz der Tangenten richtig ist. Da ich mich für die Normalstellung der Windungen im Meridian mit 40° Ablenkung begnüge, so mußte $\alpha + \beta$ nicht größer als 40° genommen werden.

Ich habe bei Construction des Multipliers und bei mancherlei Abänderungen desselben sehr viele solcher Beobachtungsreihen angestellt, die alle für das Gesetz der Tangenten sprechen; ich werde aber nur diejenigen Versuche anführen, welche ich mit dem Multiplier, wie ich ihn zuletzt unverändert liefs, angestellt habe. Bei diesen Versuchen hielt ich selbst den Strom an einem andern Multiplier, — der mit Mikroskopen versehen und für Veränderungen des Stromes bei weitem empfindlicher construirt war, als der zu untersuchende, — mittelst eines Agometers constant, unterdessen mein Gehülfe, Herr Pschelnikof, die Einstellung der Spirale in verschiedene Azimute β und die entsprechenden Ablenkungen α vornahm; hierbei wurde β sowohl nach der einen Seite, wie in der Figur, als auch nach der andern, wo es also in $-\beta$ überging, angewendet.

In den nachfolgenden Versuchstabellen führe ich blofs den Werth von $\alpha + \beta$ und die ihnen entsprechenden Werthe von $\frac{\sin \alpha}{\cos(\alpha + \beta)}$ an.

(A)

$\alpha + \beta$.	$\frac{\sin \alpha}{\cos(\alpha + \beta)}$.	Abweichung vom Mittel = $0,5454$ Δ .	Δ $0,5454$
3 00	0,5454	— 0,0000	0
7° 19'	0,5444	+ 0,0010	$\frac{1}{343}$
12 19	0,5446	+ 0,0008	$\frac{1}{632}$
19 3	0,5441	+ 0,0013	$\frac{1}{297}$
28 40	0,5467	— 0,0013	$\frac{1}{297}$
32 40	0,5454	— 0,0000	0
36 10	0,5462	— 0,0008	$\frac{1}{632}$
43 23	0,5461	— 0,0007	$\frac{1}{779}$

Die Vergleichung der Werthe der letzten Columnne mit den aliquoten Genauigkeiten der gemessenen Ströme in der vorigen Nummer zeigt, daß erstere geringer sind, also die Abweichungen der Werthe von $\frac{\sin \alpha}{\cos(\alpha + \beta)}$ von dem mittlern constanten Werthe $= 0,5454$ innerhalb der Grenze der Beobachtungsfehler fallen. Man sieht, daß auch noch für $43^\circ 23'$ das Gesetz der Tangenten gilt.

Eine zweite Beobachtungsreihe gab ganz ähnliche Resultate, nämlich:

(B)

$\alpha + \beta$.	$\frac{\sin \alpha}{\cos(\alpha + \beta)}$.	Abweichung vom Mittel = $0,5928$ Δ .	Δ $0,5928$
6° 3'	0,5918	+ 0,0010	$\frac{1}{393}$
14 36	0,5924	+ 0,0004	$\frac{1}{1482}$
14 56	0,5926	+ 0,0002	$\frac{1}{2964}$
16 3	0,5932	— 0,0004	$\frac{1}{1482}$
23 1	0,5920	+ 0,0008	$\frac{1}{741}$
28 39	0,5929	— 0,0001	$\frac{1}{3928}$
30 38	0,5936	— 0,0008	$\frac{1}{741}$
37 56	0,5938	— 0,0010	$\frac{1}{393}$
44 54	0,5944	— 0,0016	$\frac{1}{370}$
45 15	0,5947	— 0,0019	$\frac{1}{212}$

Die Abweichung von der Constanz ist hier für $44^{\circ} 54'$ und für $45^{\circ} 15'$ schon bedeutender und gröfser, als wir sie für die Beobachtungsfehler bei gleichen Ablenkungen in der Normalstellung gefunden haben; ich habe daher das Mittel nur aus den ersten 8 Beobachtungen genommen.

Endlich war Hr. Professor Nervander bei seinem Hiersein so gütig, mit mir die folgende Versuchsreihe mit besonderer Sorgfalt anzustellen; die Zahlen sind die Mittel aus 2 Reihen, wobei die Ablenkungen nach beiden Seiten des Meridians geschahen.

(C)

$\alpha + \beta.$	$\frac{\sin \alpha}{\cos(\alpha + \beta)}.$	Abweichung vom Mittel $= 0,3770$ $\Delta.$	$\frac{\Delta}{0,3770}.$
$2^{\circ} \quad 7'$	0,3763	+ 0,0007	$\frac{1}{38}$
$19 \quad 7$	0,3774	— 0,0004	$\frac{1}{947}$
$20 \quad 40$	0,3770	0,0000	0
$37 \quad 27$	0,3773	— 0,0003	$\frac{1}{1237}$
$44 \quad 15$	0,3786	— 0,0016	$\frac{1}{236}$

Die Uebereinstimmung der Werthe von $\frac{\sin \alpha}{\cos(\alpha + \beta)}$ für die vier ersten Ablenkungen läfst nichts zu wünschen übrig; für $44^{\circ} 15'$ aber wird die Abweichung schon merklich; das Mittel 0,3770 ist daher nur aus den vier ersten Beobachtungen genommen.

Diese Prüfung des Multiplicators ist also genügend ausgefallen; bis zu 40° Ablenkung der Nadel von der Richtung der Windungen, — also bei der Einstellung derselben in den Meridian, welche wir Normalstellung nannten, bis auf 40° Ablenkung vom Meridian — ist das Gesetz der Tangenten vollkommen zuläfslich.

4) Die zweite Berichtigung des Multiplicators bewerkstelligte ich dadurch, dafs ich bei constant gehaltenem Strome erst mit dem Multiplicator als Tangenten-

bussole, dann aber als sogenannte Sinusbussole die Ablenkung bestimmte. — Für die erste Beobachtung mußten die Windungen der Spirale dem magnetischen Meridian parallel seyn; ist das Gesetz der Tangenten richtig, so können die Formeln der vorigen Paragraphen angewendet werden. In der That haben wir $\beta=0$, also

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha$$

und $\frac{F}{T} = \operatorname{tg} \alpha$. Für die Sinusbussole muß man bekanntlich die Windungen der Spirale der abgewichenen Nadel so lange nachdrehen, bis sie dieser wiederum, wie ohne Strom im Meridian, parallel sind und den Ablenkungswinkel α' in dieser Lage beobachten; dann ist $\beta = -\alpha'$,

folglich $\cos(\alpha' + \beta) = \cos 0 = 1$ und $\frac{F}{T} = \sin \alpha'$. Ist also

das Gesetz der Tangenten richtig, so muß

$$\operatorname{tg} \alpha = \sin \alpha'$$

seyn. Die Beobachtung als Sinusbussole war dadurch leicht, daß der Zeiger der Nadel, wenn die Windungen und die Nadel im Meridian sich befanden, auch über der Theilung des Nonius sich befand, also die Lage der Nadel gegen den Nonius genau bestimmt werden konnte. Man brauchte also nur nach erfolgter Ablenkung der Nadel den Nonius so lange nachzudrehen, bis der Zeiger wieder auf denselben Theil des Nonius einspielt, und dann α' zu beobachten.

In den nachfolgenden Versuchsreihen sind die Ablenkungen der Sinusbussole und die entsprechenden Ablenkungen der Tangentenbussole angegeben; nimmt man die Sinus der ersten Angaben als die wahren Stromstärken an, und bestimmt, welche Tangenten ihnen entsprechen, so erhält man die in der dritten Columnne enthaltenen berechneten Ablenkungswinkel der Tangentenbussole, die vierte enthält den Unterschied der beobachteten und berechneten Winkel.

(A)

α' .	α		Differenz.
	beobachtet.	berechnet.	
14° 50',5	14° 21',7	14° 22',0	+ 0',3
23 32,4	21 47,0	21 46,5	— 0,5
24 46,2	22 46,7	22 44,0	— 2,7
34 46,0	29 43,0	29 41,6	— 1,4
47 14,3	36 19,3	36 17,0	— 2,3

(B)

4° 59',5	4° 58',0	4° 58',3	+ 0',3
9 45,0	9 40,0	9 37,2	— 2,8
14 22,0	14 0,0	13 56,2	— 3,8
21 10,0	19 58,0	19 51,3	— 6,7
24 36,5	22 38,0	22 36,5	— 1,5
29 40,0	26 19,3	26 20,0	+ 0,7

(C)

12° 52'	12° 32'	12° 33',2	+ 1',2
30 48	27 6	27 6,9	+ 0,9
61 34	41 20	41 19,7	— 0,3

Die Reihen (A) und (C) lassen keinen Zweifel übrig, daß das Gesetz der Tangenten richtig sey; die Reihe (B) hat eine Differenz 6,7, die größer ist als man sie aus den Beobachtungen erwarten könnte; allein diese Reihe ist auch weniger genau, denn die Ablenkungen sind bei ihr nur nach einer Seite beobachtet worden, dagegen in (A) und (C) die angegebenen Ablenkungen die Mittel sind aus den Ablenkungen desselben Stroms nach beiden Seiten. — Die Reihe (C) habe ich mit Hrn. Nervaer gemeinschaftlich beobachtet.

5) Die dritte Berichtigung meines Multipliers geschah durch Vergleichung mit elektrolytischer Action. Die ersten Versuche wurden auf die Weise angestellt, daß ein durch das Agometer constant gehaltener Strom durch ein Voltameter mit Platinelektroden hindurchgeleitet wurde, aus welchem eine Röhre in die pneumatische Wanne hin-

einreichte; hier liefs ich das Knallgas sich erst eine Zeit lang frei entwickeln, dann ward in einem am Chronometer beobachteten Zeitmoment eine graduirte Röhre darübergeschoben, das Gas bis zu einem bestimmten Moment aufgefangen, in demselben aber die Röhre wieder an die Seite geschoben. Die Röhre war in Cubikcentimeter getheilt; es ward die Temperatur des Gases an einem neben die Röhre gehängten Thermometer beobachtet, so wie der Barometerstand, und die Ablesung erst nach etwa einer Viertelstunde vorgenommen, damit eine etwanige höhere Temperatur des Gases sich verlieren möchte; auch haben mich Versuche, wo die Ablesung nach bestimmten Zeitperioden vom Augenblick der Entwicklung an wiederholt wurden, hinlänglich davon überzeugt, dafs von dieser Seite kein Fehler zu befürchten war. Beim Ablesen des Gasvolums wurde die Höhe des Wassers inwendig über der des äufsern Wassers gemessen und das Volum dafür corrigirt.

Waren nun, bei den Ablenkungen $\alpha, \alpha', \alpha''$ der Multiplicatornadel, die auf denselben Barometerdruck und dieselbe Temperatur reducirten Gasvolumina $v, v', v'' \dots$ in den Zeiten $t, t', t'' \dots$ erhalten, und nehmen wir an, die Ströme seyen den Tangenten der Ablenkungen der Multiplicatornadel proportional, der Strom bei der Ablenkung von 1^0 aber $= 1$, so sind die Ströme $F = \frac{tg \alpha}{tg 1^0}$, $F' = \frac{tg \alpha'}{tg 1^0}$, $F'' = \frac{tg \alpha''}{tg 1^0}$ etc., und also nach dem Faradayschen Satze der Proportionalität der Ströme und der elektrolytischen Action, wenn wir die Gasmenge für den Strom I in der Zeiteinheit mit x bezeichnen:

$$v = F \cdot t \cdot x$$

$$v' = F' \cdot t' \cdot x$$

$$v'' = F'' \cdot t'' \cdot x$$

etc.

Aus diesen Gleichungen bestimmte ich x nach der Me-

thode der kleinsten Quadrate, und erhielt mit diesem x die berechneten Werthe von v , v' , v'' , die ich mit den beobachteten verglich. Hieraus werden die folgenden Versuchstabellen ohne Weiteres verständlich seyn:

(A)

α .	t in Minuten.	v		Diffe- renzen.
		beobacht.	berechnet.	
27° 20	5	106,0	106,5	+ 0,5
39 40	3	101,5	101,3	— 0,2
44 0	2½	99,7	99,4	— 0,3

Das Volum in einer Minute für den Strom 1 oder $x=0,7191$ beim Barometerstande 780^{mm},75 R. (Temp. 18,0) und bei der Temperatur 18,05 R.

In der folgenden Versuchsreihe sind alle Gasvolumina, die bei merklich verschiedenen Barometer- und Thermometerständen beobachtet wurden, bereits auf den Druck von 760^{mm},0 (Temp. = 0) und auf die Temperatur 0 reducirt.

(B)

α .	t in Minuten.	v		Diffe- renzen.
		beobacht.	berechnet.	
5°	12	41,31	40,95	— 0,36
10	8	55,71	55,03	— 0,68
15	6	63,00	62,73	— 0,27
20	6	85,28	85,21	— 0,07
25	5	90,87	90,97	+ 0,10
30	4	89,44	90,14	+ 0,70

Das Gasvolum bei 760^{mm} (Temp. = 0) und 0° für 1 Minute oder $x=0,6811$.

Die nachfolgende Versuchsreihe ist mit mehr Sorgfalt angestellt, als die früheren, indem jedes gemessene Volum das Mittel aus 4 Versuchen ist. Die Abweichun-

gen der einzelnen vier Beobachtungen vom Mittel waren nicht mehr als 0,4 Cubikcentimeter. Das Gas wurde über Quecksilber aufgefangen und beim Ablesen die Röhre so weit ins Quecksilber gesenkt, daß dasselbe inwendig und außerhalb in gleicher Höhe stand ¹⁾. Die Volumina sind in der folgenden Tabelle bereits auf 760^{mm} (Temp. = 0) und 0° reducirt.

(C)

α .	t in Minuten.	v		Diffe- renzen.
		beobacht.	berechnet.	
10°	14	96,23	96,99	+ 0,76
15	9	94,10	94,75	+ 0,65
20	6 $\frac{1}{2}$	92,74	92,96	+ 0,22
25	5	91,95	91,62	— 0,33
30	4	91,37	90,78	— 0,59
35	3	82,91	82,56	— 0,35
40	2 $\frac{1}{2}$	82,87	82,43	— 0,44
45	2	79,97	78,57	— 1,40

Das Gasvolum bei 760^{mm} und 0°, welches in einer Min. durch den Strom 1 entwickelt wird oder $x=0,6860$; dieses Resultat ist nur aus den sieben ersten Resultaten gefunden worden, indem die Ablenkungen von mehr als 40° dem Gesetze der Tangenten nicht mehr unterworfen sind. Dieses ergibt sich auch aus der Tabelle (C).

Aus den Versuchstabellen (A), (B), (C) ersieht man, daß die Hypothese, die Ströme seyen den Tangenten der Ablenkung proportional, auch bei elektrolytischer Action

1) Bei diesen Versuchen machte ich eine Erfahrung, welche lehrt, wie vorsichtig man beim Auffangen des Knallgases über Quecksilber seyn muß. Als ich die Röhre nach Ablesung des Volums mit dem Daumen verschloß und umkehrte, wobei einige Tropfen Quecksilber darin blieben, so explodirte die Mischung mir 2 Mal, durch Elektrizität beim Reiben des Quecksilbers am Glase entzündet; wegen der geringen Quantität des Gases blieb übrigens die Röhre ganz und nur mein Daumen wurde von der Mündung der Röhre fortgerissen.

ihre Bestätigung findet, denn die Abweichungen der Rechnung und Beobachtung sind der Art, wie sie bei Messungen der Gasvolumina wohl erwartet werden konnten. Indessen ist in der Vertheilung der Zeichen dieser Abweichungen eine auf das Resultat influirende Ursache nicht zu verkennen; dafs aber nicht die Tangentenbussole dazu Veranlassung gab, ersieht man schon daraus, dafs in der Reihe (*B*) bei gröfsern Ablenkungswinkeln die Gasvolumina zu klein, in der Reihe (*C*) aber gerade umgekehrt zu grofs beobachtet wurden. Vielleicht könnte die, die vollkommene Uebereinstimmung störende, Ursache in der Capillarität zu suchen seyn, die im Wasser bei (*B*) den umgekehrten Effect hervorbringen mufste, als im Quecksilber bei (*C*), und in der That für (*C*) zu grofse Volumina beobachten lassen mufste. — Vielleicht aber hat auch die Verschluckung der Gase durch die Flüssigkeiten hier einen geringen Einflufs ausgeübt, die bei stärkeren Strömen und rascherer Gasentwicklung geringer seyn mufs, als beim langsamern Aufsteigen der Gasblasen, übereinstimmend mit dem Zeichen der Fehler in (*C*). Für (*B*) mufs dann aber eine andere Ursache angenommen werden.

Reducirt man den Werth von x aus der Reihe (*A*) auf den Druck 760^{mm} (Temp. = 0) und 0°, wie die anderen Werthe es schon sind, so erhält man für die Gasmenge beim Strom 1 in einer Minute

0,6903	Cubikcentimeter nach (<i>A</i>)
0,6811	- - (<i>B</i>)
0,6860	- - (<i>C</i>).

Da die Reihe (*C*), wo das Gas über Quecksilber aufgefangen wurde, mit mehr Sorgfalt angestellt ist, so glaube ich hier nicht das arithmetische Mittel, sondern die Angabe (*C*) als dem wahren Werthe näher kommend annehmen zu müssen; auch giebt das Mittel aus (*A*) und (*B*) fast denselben Werth. Wir können also annehmen, zur Vergleichung meiner Bussole mit andern, dafs

der Strom 1 an derselben einer elektrolytischen Action = 0,686 Cubikcentimeter in der Minute entspricht oder 41,16 Cubikcentimeter in der Stunde.

Außer der Wasserzersetzung habe ich auch noch die elektrolytische Zersetzung einer Kupfervitriollösung als Prüfung meines Multipliers angewendet. Die Elektroden waren kreisförmige Kupferscheiben von $2\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser, die sich in circa 1 Zoll Entfernung von einander befanden; die Anode und Kathode wurden vor Schließung der Kette gewogen und nach einer bestimmten Dauer der Action, nach Abspülen in Wasser und vorsichtigem Trocknen mit Löschpapier, abermals. Immer zeigte es sich, daß die Anode mehr verloren hatte, als die Kathode gewonnen. Ich habe die Berechnung ganz wie für die Wasserzersetzung für beide Fälle ausgeführt, für die Gewichtszunahme der Kathode p und Gewichtsabnahme der Anode p' ; beide Gewichte sind in Grammes bestimmt.

(D)

a.	t in Stunden	p (Kathode)		Differenz.	p' (Anode)		Differenz.
		beob- achtet.	berech- net.		beob- achtet.	berech- net.	
5 ⁰	1,250	0,471	0,476	— 0,005	0,492	0,487	+ 0,005
5	3,000	1,122	1,143	— 0,021	1,177	1,168	+ 0,009
10	2,000	1,534	1,537	— 0,003	1,578	1,570	+ 0,008
20	1,500	2,416	2,381	+ 0,035	2,471	2,431	+ 0,040
25	1,283	2,581	2,608	— 0,027	2,664	2,664	0,000
35	1,000	3,048	3,053	— 0,005	3,049	3,118	— 0,069
40	0,350	1,302	1,280	+ 0,022	1,376	1,308	+ 0,068

Die Gewichtszunahme der Kathode für den Strom = 1
in einer Stunde = 0,07610.

Die Gewichtsabnahme der Anode für den Strom = 1
in einer Stunde = 0,07773.

Nimmt man das Atomgewicht des Kupfers = 395,695·
(gegen den Sauerstoff = 100), das spezifische Gewicht
der Luft (bei 760^{mm} und 0) = $\frac{1}{7\frac{1}{2}}$ des Wassers, das
spe-

specifische Gewicht des Sauerstoffs = 1,1026 an, so entspricht der Gewichtszunahme der Kathode ein Volum Knallgas = 40,29 Cub. Centim. für die Stunde, — der Gewichtsabnahme der Anode 1 Vol. Knallgas = 41,16 Cub. Centim. für die Stunde.

In der folgenden Reihe ist nur die Gewichtszunahme der Kathode bestimmt worden.

<i>a.</i>	<i>t.</i>	<i>p</i>		Differenz.
		beobacht.	berechnet.	
(<i>E</i>) 10	2,0	1,563	1,542	+ 0,021
20	1,5	2,393	2,388	+ 0,005
30	1,0	2,512	2,524	— 0,012
40	0,5	1,827	1,834	— 0,007

Die Gewichtszunahme ist für 1 Stunde beim Strom 1 = 0,07633, welches nach den obigen Angaben einem Volum Knallgas = 40,41 entspricht. Aus (*D*) fanden wir dieselbe Gröfse = 40,29. Diese gute Uebereinstimmung zeigt, dafs der Werth des Multiplicators vom 7. Januar 1842, wo die Reihe (*D*) beobachtet ward, bis zum 15. November 1842, wo (*E*) beobachtet ward, sich nicht geändert habe.

Auch die Resultate der Reihen (*D*) und (*E*) sind Bestätigungen des Gesetzes der Tangenten. Für den elektrolytischen Werth der Ablenkung des Multiplicators um 1° werde ich bei dem Werthe stehen bleiben, den die Wasserzersetzung gab, als das Gas über Quecksilber aufgefangen wurde. Der Verlust der Anode bei Zersetzung der Kupfervitriollösung stimmt, wie man sieht, mit dieser Angabe vollkommen überein, indem beide 41,16 Cubikcentimeter Knallgas für die Stunde beim Strom 1 geben.

Dafs nicht blofs an meinem auf die angegebene Weise construirten Multiplicator das Gesetz der Tangenten gilt, sondern auch an andern Instrumenten der Art, ergibt sich aus dem Aufsatze des Hrn. Jacobi (*Bullet. sc. V pag. 353.* — *S. Annal. Bd. XLVIII S. 26*).

6) Ehe ich weiter gehe zu den Versuchen, die mit dem auf obige Weise bewährten Multiplicator angestellt sind, will ich hier einige auf dies Instrument Bezug habende Größen, die in der Folge nöthig seyn könnten, in der Kürze zusammenstellen:

1. Die Einheit aller Leitungswiderstände, wo dieses nicht ausdrücklich anders erwähnt ist, ist eine Windung meines Agometers (\mathcal{A}) von Neusilberdraht. Sie ist $\equiv 6,358$ Fufs eines Kupferdrahts von 0,0336 Zoll engl. Durchmesser bei der Temperatur 15° .

2. Die Einheit des Stromes ist ein Strom, der meine Multiplicatornadel um 1° abweichen macht. Die elektrolytische Action dieser Einheit des Stromes ist nach Obigem $\equiv 41,16$ Cub. Centim. Knallgas bei 760^{mm} (Temp. 0°) Druck und bei 0° in der Stunde. An engl. Cubikzollen $\equiv 2,512$.

3. Die Einheit der elektromotorischen Kraft ist diejenige, die beim Widerstand 1 den Strom 1 hervorbringt. In dieser Einheit ist die elektromotorische Kraft eines meiner Paare Daniells im Mittelwerth sehr vieler Bestimmungen, die wenig von einander abweichen, $\equiv 47,16$.

4. Folgende Leitungswiderstände sind aus sorgfältigen Versuchen hergeleitet worden:

Widerstand des Multiplicatordrahts	$\equiv 2,338$	} aller in der Kette befindlichen Drähte $\equiv 3,331$
Widerstand des constanten Theils des Agometers	$\equiv 0,134$	
Widerstand der Zuleitungsdrähte zu- sammen	$\equiv 0,859$	

Widerstand eines Daniellschen Paares bei frischer Säure $\equiv 0,433$; nach 5maligem Gebrauch der Säure $\equiv 0,57$; die Säure war aus 100 Th. Wasser und 6 Th. (nach Volum) englischer Schwefelsäure gemischt.

7) Bei Versuchen über die durch den galvanischen Strom entwickelte Wärme ergiebt es sich sogleich, daß dieselbe in ihrer Quantität sehr wesentlich durch den Lei-

tungswiderstand bedingt wird, welchen der sich erwärmende Leiter dem Strom entgegensetzt; es ist also vor Allem nöthig zu bestimmen, was zu diesem Widerstande zu rechnen sey und wie man ihn bestimmen könne. Ueber die Gesetze des Widerstandes fester Leiter, z. B. Drähte, haben wir so genaue Versuche und so schöne Resultate, dafs wir für unsern Zweck dieselben mit genügender Sicherheit zum Grunde legen können; allein in Bezug auf den Widerstand, welchen Flüssigkeiten zwischen Elektroden dem Strome entgegenstellen, können wir nicht dasselbe sagen. Fechner folgerte zuerst aus seinen Versuchen, dafs hier der Strom, aufser einem Widerstande der Flüssigkeit selbst, welcher denselben Gesetzen unterworfen ist, wie der der metallischen Leiter, noch einen Widerstand beim Uebergange aus der Flüssigkeit in den festen Leiter, oder aus dem festen Leiter in die Flüssigkeit antreffe, der zuweilen bedeutender ist, wie der Widerstand der Flüssigkeiten selbst, und von der Natur der Flüssigkeiten und der in sie getauchten Elektroden abhängt. Er giebt an, dafs derselbe den eingetauchten Flächen umgekehrt proportional sey. Ich selbst habe mich bemüht, die Nothwendigkeit der Annahme eines solchen Widerstandes des Ueberganges bei magnetoelektrischen Strömen darzuthun, und Poggenдорff suchte gleichfalls die Existenz desselben für solche Ströme zu beweisen, indem er zugleich zeigt, dafs er abhängig sey von der Stärke des Stromes, oder vielmehr nicht von der Gesamtstärke, sondern von seiner Stärke an jedem Eintritts- oder Austrittspunkt der Elektrode, was man Dichtigkeit des Stromes genannt hat, wofür ich aber den Ausdruck *Intensität* brauchen will, da derselbe seine frühere vague Bedeutung jetzt doch wohl schon gänzlich verloren hat. Andere Physiker, vor allen Ohm, widersprechen dagegen der Annahme eines solchen Widerstandes des Ueberganges, und meinen, dafs sich alle hieher gehörigen Erscheinungen einfach aus einer Polarisation der Platten erklären

lassen. Unter den übrigen hat Vorsselman de Heer dieses am gründlichsten sich zu zeigen bemüht, und namentlich auch meinen Versuch hierüber auf diese Weise gedeutet. Mein Versuch hatte bedeutende Veränderungen in der Stärke eines magnetoelektrischen Stromes nachgewiesen, die dadurch hervorgebracht wurden, daß der Strom successiv durch Flüssigkeitszellen geleitet ward, die sich nur dadurch von einander unterschieden, daß die Natur der eingetauchten Elektroden verschieden war. Ich glaubte hier von aller Polarisation abstrahiren zu können, da der magnetoelektrische Strom ja nur ein momentaner war, und man damals zur Hervorbringung der Polarisation eine gewisse Zeit der Wirksamkeit des Stromes annehmen zu müssen glaubte. Vorsselman de Heer hat nun durch Versuche nachgewiesen, daß dem nicht so sey, daß auch der scheinbar momentanste Strom eine bedeutende Polarisation bewirke, daß man sich also die so kurze Dauer eines magnetoelektrischen Stromes in Gedanken in zwei Perioden zerlegen könne, wo in der zweiten die Polarisation der ersten schon ihre volle Wirkung äußert, und der Strom dadurch geschwächt würde, wie durch einen Widerstand des Ueberganges. Ich muß die Richtigkeit der Einwürfe Vorsselman de Heer's anerkennen, und da diese auch ihre volle Anwendung auf eine Reihe sich rasch succedirender magnetoelektrischer Ströme, wie sie Poggendorff anwendet, finden, so können auch diese Versuche nicht mehr für beweisend angesehen werden. Da nun dieses Element nothwendig von dem größten Einfluß auf meine nachfolgenden Untersuchungen seyn muß, so mußte ich vor Allem suchen, darüber ins Klare zu kommen, und habe also eine große Anzahl von Versuchen zu dem Zwecke angestellt, die ich zuvörderst mittheilen will. Ich ging dabei von dem Gesichtspunkte aus, daß wenn man über die Erklärung eines Phänomens zweierlei Ansichten hat, man am sichersten zur Entscheidung hierüber kommt, wenn man zuerst die Gesetze dieses Phäno-

mens möglichst sicher zu begründen sucht, und dann untersucht, welche der streitigen Ansichten am besten mit diesen Gesetzen in Einklang zu bringen sind. Die folgenden Untersuchungen sollen uns also zuerst die Gesetze, welche man dem Widerstande des Ueberganges, wenn er wirklich existirt, zuschreiben muß, näher bestimmen.

Die erste Frage war, *wie der Widerstand des Ueberganges oder die Polarisation von der Stärke des Stromes abhängt*; dafs er von ihr abhängt, hat schon Poggenendorff gezeigt. Zu dem Ende verfuhr ich folgendermaßen: Ich brachte die Flüssigkeit mit ihren Elektroden oder, wie ich es der Kürze halber immer nennen will, die *Flüssigkeitszelle* in eine Kette, die aus einer Daniellschen Batterie, meiner Tangentenbussole und dem Agometer nebst den dazugehörigen Hilfsdrähten bestand, und bestimmte für verschiedene Stromstärken die Angaben des Agometers, durch welche der Strom auf eine gewisse Ablenkung α an der Bussole gebracht ward; dann liefs ich die Flüssigkeitszelle aus der Kette weg und bestimmte die Agometerangabe, die den Strom wieder auf dieselbe Stärke α brachte; dann schaltete ich die Zelle wieder ein und wiederholte die erste Beobachtung. Das Mittel aus der ersten und dritten Beobachtung gab mir einen Werth des Agometers a , wenn keine Flüssigkeitszelle in der Kette war, die zweite Beobachtung einen andern Werth des Agometers a_1 , wenn die Zelle sich in der Kette befand.

Setze ich nun fürs erste voraus, es existire sowohl ein Leitungswiderstand des Ueberganges L , als auch eine Polarisation der Platten p ; sey ferner die elektromotorische Kraft der gebrauchten Kette $= k$, die Summe der Widerstände des Multipliers, der Kette, der Verbindungsdrähte und des ungemessenen Stückes des Agometers $= l$, der Widerstand der Flüssigkeit $d\lambda$ (wo d die Entfernung der Platten von einander und λ der Widerstand einer Flüssigkeitsschicht bei der Entfernung 1 be-

deutet), endlich die Stromeskraft $= F$, so habe ich folgende zwei Formeln:

$$F = \frac{k}{l+a} \text{ und } F = \frac{k-p}{l+a_1+d\lambda+L}$$

aus der Gleichsetzung beider Werthe ergibt sich die Gleichung

$$a - a_1 = d\lambda + L + \frac{p}{F} \quad (A)$$

hieraus ergibt sich für den Fall, daß die Polarisation $p=0$ ist

$$a - a_1 = d\lambda + L \quad (B)$$

und für den Fall, daß der Widerstand des Ueberganges $L=0$ ist

$$a - a_1 = d\lambda + \frac{p}{F}. \quad (C)$$

8) Die erste Versuchsreihe ward mit einem Voltameter gemacht, dessen Platinelektroden, von jeder Seite eine Oberfläche von etwa $\frac{3}{4}$ Quadratzoll darbietend, ins Glas des Gefäßes eingeschmolzen waren und da mit verdünnter Schwefelsäure von dem spec. Gewicht $= 1,015$ (1 Th. englische Schwefelsäure nach Volum auf 100 Th. Wasser) gefüllt ward. Die folgenden Angaben von a und a_1 sind die Mittel aus zwei Beobachtungsreihen, die nach einander und in entgegengesetzter Ordnung angestellt wurden; a und a_1 wurden am Agometer (A) gemessen.

Anzahl der Da- niellschen Paare.	Angaben des Mul- tiplica- tors.	F .	a .	a_1 .	$a - a_1$		Differenz.
					beob- achtet.	be- rechnet.	
24	40	48,07	2,306	9,013	6,707	6,785	+ 0,079
14	30	33,08	1,854	10,287	8,433	8,010	— 0,422
11	20	20,85	6,953	16,708	9,755	10,312	+ 0,558
6	10	10,10	7,338	24,541	17,205	16,942	— 0,280
4	5	5,01	7,579	37,988	30,409	30,283	— 0,116

Aus der 6ten Columnne ergibt sich sogleich, daß die

beobachteten Werthe von $a - a_1$ von der Stärke des Stromes abhängig sind und zwar im umgekehrten Verhältnisse; den stärkeren Strömen entsprechen kleinere Werthe von $a - a_1$. Jede unserer drei Formeln (6), die wir für die drei möglichen Ansichten entwickelt haben, enthält wenigstens einen constanten Theil $d\lambda$; es muß also die Veränderlichkeit in den übrigen Gliedern der rechten Seite unserer Gleichungen zu suchen seyn. Versuchen wir, ob wir unseren Werthen von $a - a_1$ Genüge leisten können durch einen Ausdruck von der Form

$$a - a_1 = c + \frac{m}{F} \quad (D)$$

wo also der veränderliche Theil den Strömen umgekehrt proportional gesetzt worden ist. Wir erhalten aus unserer Tabelle fünf Bestimmungsgleichungen für c und m , aus denen diese Gröfsen, nach der Methode der kleinsten Quadrate entwickelt, sich ergeben

$$c = 4,0835 \quad m = 129,61.$$

Substituiren wir diese Werthe in die Bestimmungsgleichungen, so ergeben sich die berechneten Werthe von $a - a_1$, die in der 7ten Columne angeführt sind; endlich enthält die 8te Columne die Differenzen der beobachteten und berechneten Werthe. Aus ihnen ergibt sich der wahrscheinliche Fehler jeder Beobachtung $= 0,30$ in Windungen des Agometers, der zwar an sich bedeutend ist, allein bei Beobachtungen mit Hydroketten und Flüssigkeitszellen nicht anders erwartet werden kann. Am besten zeigt die unregelmäßige Vertheilung der Zeichen und der Gröfsen der Fehler, daß sie zufälliger Natur sind, und daß daher die Annahme: die Werthe von $a - a_1$ seyen aus einem constanten Theil und einem andern dem Strome umgekehrt proportionalen zusammengesetzt, richtig sey. Hiernach folgt aus den Formeln No. 7:

1. Existirt keine Polarisation, so ergeben unsere Versuche nach Formel (B), daß der Widerstand des Ueberganges den Stromkräften umgekehrt proportional ist.

2. Existirt kein Widerstand des Ueberganges L , so ist nach (C) die Polarisation p eine constante Gröfse für jede Stärke des Stromes.

3. Existirt p und zugleich L , so ist nach (A) die Polarisation p constant, der Widerstand des Ueberganges L aber kann entweder constant angenommen und mit $d\lambda$ als in c begriffen angesehen werden, oder er kann als in $\frac{m}{F}$ begriffen angesehen werden, und dann muß er den Strömen umgekehrt proportional seyn.

9) Um nun auch über die Abhängigkeit des Leitungswiderstandes vom Strom ins Klare zu kommen, auch wenn er mit der Polarisation der Platten zu gleicher Zeit existirt, wurde eine etwas abgeänderte Versuchsreihe angestellt, mit einer anders construirten Flüssigkeitszelle. Die Platinelektroden in ihr waren viel gröfser, indem jede auf jeder Seite mit 20,63 Quadratzoll Oberfläche eintauchte. Sie waren an einer horizontalen mit einer Theilung versehenen Stange befestigt, und konnten an ihr in beliebige Entfernungen a von einander geschoben werden, indem sie einander parallel blieben; sie befanden sich in einem viereckigen, inwendig verpichten Holztroge, dessen Querschnitt nur so viel gröfser als die Platten war, dafs diese sich in ihm ohne anzuhaken verstellen liefsen, und in welchem die Flüssigkeit enthalten war. Die Entfernungen wurden in halben englischen Linien gemessen und sind auch so im Folgenden angegeben worden. Die Flüssigkeit war verdünnte Schwefelsäure vom spec. Gew. 1,037 bei $14^{\circ},9$ (3 Proc. Säure). Es wurden nun die Platten nach einander in die Entfernungen 10, 75 und 140 gebracht, und bei jeder die Bestimmungen $a—a_1$, am Agometer (B), ganz wie früher gemacht, nämlich ohne dafs sich die Flüssigkeitszelle darin befand und dann mit ihr. Dieses wurde bei verschiedenen Strömen wiederholt. So erhielt ich die folgende Versuchstabelle:

Anzahl der Da- niellschen Paare.	Ablen- kung des Multipli- cators.	Strom.	Ent- fer- nung <i>d.</i>	<i>a.</i>	<i>a</i> ₁ .	<i>a</i> — <i>a</i> ₁ .	<i>λ.</i>	$L + \frac{P}{F}$
24	40	48,07	140	2,735	8,531	5,796	0,0185	3,210
			75	3,600	8,202	4,602		
			10	4,550	7,916	3,366		
24	30	33,08	140	10,922	18,051	7,129	0,0190	4,478
			75	11,674	17,574	5,900		
			10	12,553	17,203	4,650		
24	20	20,85	140	31,003	40,550	9,547	0,0190	7,058
			75	31,979	40,585	8,606		
			10	32,929	40,196	7,275		
24	10	10,10	140	94,083	111,776	17,693	0,0199	14,837
			75	95,377	111,647	16,270		
			10	96,255	111,276	15,021		
12	5	5,01	140	93,077	124,892	32,815	0,0187	29,202
			75	94,847	125,390	30,543		
			10	96,196	125,580	29,384		

Aus diesen Beobachtungen läßt sich nun folgendermaßen die Antwort auf unsere Frage herleiten. Nehme ich zwei Beobachtungen von den dreien bei ein und demselben Strom angestellten, so erhalte ich aus der allgemeinen Gleichung No. 7 (*A*) folgende zwei:

$$a - a_1 = d\lambda + L + \frac{P}{F}$$

$$a' - a'_1 = d'\lambda + L + \frac{P}{F}$$

hieraus ergibt sich durch Substration:

$$\lambda = \frac{(a - a_1) - (a' - a'_1)}{d - d'}.$$

Ich habe nun λ hergeleitet aus der Beobachtung bei $d=10$ und $d'=75$, und dann nochmals aus $d=10$ und $d'=140$; aus beiden Werthen nahm ich das Mittel als genauern Werth für λ . Diesen Werth von λ multiplicire ich respectiv mit $d=10$, 75 und 140, und erhielt dadurch drei Bestimmungen:

$$L + \frac{P}{F} = a - a_1 - d\lambda,$$

deren Mittel mir den genauern Werth von $L + \frac{P}{F}$ giebt.

Diese Werthe für λ und $L + \frac{p}{F}$ finden sich in unserer Tabelle in den Columnen 8 und 9 aufgeführt. Der Werth von λ ist merklich constant, wenigstens ist keine Spur eines regelmässigen Wachstums nach der Seite der stärkern oder schwächern Ströme daran zu bemerken, ein Beweis, daß die Annahmen der Widerstand der Flüssigkeiten sey, wie der der Drähte, den Längen der zu durchlaufenden Schichten proportional, von der Stärke der Ströme aber unabhängig, richtig ist. Die Gröfse $L + \frac{p}{F}$ aber ist sehr abhängig vom Strome, und wiederum wächst sie mit seiner Abnahme. Versuchen wir, ob wir $L + \frac{p}{F}$ den Strömen umgekehrt proportional setzen können; nehmen wir daher diese Gröfse für den Strom $1=m$ an, so haben wir die Gleichungen

$$3,210 = \frac{m}{48,07} \quad \text{also } m = 154,3$$

$$4,478 = \frac{m}{33,08} \quad \text{also } m = 148,1$$

$$7,058 = \frac{m}{20,85} \quad \text{also } m = 147,2$$

$$14,837 = \frac{m}{10,10} \quad \text{also } m = 149,8$$

$$29,202 = \frac{m}{5,01} \quad \text{also } m = 146,3.$$

Die merkliche Gleichheit der Werthe von m zeigt, daß die Hypothese, die Gröfse $L + \frac{p}{F}$ sey den Strömen umgekehrt proportional, richtig sey. Daraus folgt für unsere drei Fälle:

1. Existirt keine Polarisation ($p=0$), so ist der Widerstand des Ueberganges den Strömen umgekehrt proportional.

2. Existirt kein Widerstand des Ueberganges ($L=0$), so ist die Polarisation p eine constante Gröfse.

3. Existiren beide, Widerstand des Ueberganges und Polarisation, so muß ersterer dem Strome umgekehrt proportional seyn, die Polarisation aber constant für alle Ströme; denn da $\frac{P}{F}$ bereits dem Strome umgekehrt proportional ist, so muß es auch der andere Summand L seyn, sonst könnte die Summe nicht den Strömen umgekehrt proportional seyn.

10) Ich habe eine ähnliche Reihe, nur mit anderen Platinelektroden, wovon die eine auf jeder Seite 17,87, die andere aber 20,56 Quadratzoll hielt, in demselben Apparate angestellt. Die Flüssigkeit war ebenfalls verdünnte Schwefelsäure, aber von beiläufig dem doppelten Gehalt an Schwefelsäure (6 Volum engl. Schwefelsäure auf 100 Volum Wasser); ihr specifisches Gewicht war 1,055 bis 15,3 R. Die folgende Tabelle enthält diese Versuchsreihe nur in etwas abgekürzter Form; ich habe nämlich nur die Differenzen $a - a_1$ bereits als Mittel zweier Versuchsreihen angeführt, da nur diese zur Berechnung nöthig sind. Das Agometer war das andere, welches ich mit (A) bezeichnete. Dieselbe Tabelle enthält auch bereits die Werthe λ und $L + \frac{P}{F}$, so wie endlich die Werthe der letzten Gröfse für den Strom I , welche wir in der vorigen Nummer mit m bezeichnet haben.

Ströme F .	$a - a_1$ für die Entfernung			λ .	$L + \frac{P}{F}$.	m .
	140.	75.	10.			
48,07	4,060	3,464	2,819	0,00949	2,736	131,3
33,08	5,294	4,654	4,093	0,00894	4,014	132,7
20,85	7,300	6,730	6,126	0,00916	6,032	125,8
10,10	13,101	12,530	11,892	0,00956	11,791	119,1
5,01	24,097	23,526	22,907	0,00943	22,803	114,2

In dieser Versuchsreihe stimmen die Werthe von m bei weitem weniger mit einander überein, als bei der in

der vorigen Nummer; sie nehmen offenbar mit der Stärke des Stromes ab, wovon nur die beiden ersten Beobachtungen eine Ausnahme machen; die Werthe von $L + \frac{p}{F}$

haben wir also für schwächere Ströme zu gering gefunden, was wohl daher rührt, daß wir die Werthe für λ für schwächere Ströme größer fanden als für stärkere. Es ist schwer zu sagen, worin der Grund dafür zu suchen sey; ich glaube aber, daß der Umstand von Einfluß gewesen ist, daß die eine Elektrode nicht bis nah an den Boden des Kastens reicht, wie die andere, und wie beide im Versuch der vorigen Nummer. Abstrahiren wir von dieser Unregelmäßigkeit und nehmen die Mittel aus den Werthen von λ und m , so finden wir dafür $\lambda = 0,00932$, $m = 124,6$. Da beide am Agometer (*A*) gemessen sind, so lassen sich diese Werthe nicht unmittelbar mit den frühern am Agometer (*B*) gemessenen vergleichen. Eine sorgfältige Versuchsreihe hat aber bei Vergleichung der beiden Agometer ergeben, daß am (*B*) $1 = 0,87$ von (*A*) ist. Reduciren wir hiernach die Werthe von λ und L der frühern Versuche auf (*A*), so finden wir $\lambda = 0,0165$ und $m = 129,7$. Der Werth von λ ist bedeutend geringer als in der vorigen Nummer, wie er auch seyn mußte, da die Säure mehr concentrirt war; genau lassen sie sich aber nicht vergleichen, da die Höhen der eingegossenen Flüssigkeiten zwar im Allgemeinen nicht sehr verschieden gewesen seyn werden, allein doch nicht absichtlich gleich gemacht worden waren. Der Werth von m aber stimmt sehr wohl mit den Werthen dieser Größe in den vorigen Nummern überein, welches anzuzeigen scheint, daß die Werthe von L und p nicht von der Concentration der Schwefelsäure abhängen.

11) Es wurden nun mit demselben Apparate Versuche derselben Art angestellt, nur bestanden die Elektroden nicht aus Platin, sondern aus Kupferplatten, die so genau wie möglich die ganze Breite des Kastens aus-

füllten und auf den nicht gegeneinander gewandten Seiten mit Wachs überzogen waren. Da die Versuche ganz nach der Methode, die in der vorigen Nummer angewendet wurde, angestellt wurden, so stelle ich die Resultate in ganz ähnlichen Tabellen zusammen, so daß sie ohne weitere Erklärung aus dem Vorigen verständlich seyn werden. Das angewendete Agometer war das Agometer (A). Die eingetauchte Oberfläche der Elektroden war 19,27 Quadratzoll engl. Die Flüssigkeit war verdünnte Schwefelsäure von 1,015, bei der Temperatur 14,9 R. (1 Proc. engl. Schwefelsäure dem Volum nach).

(A)

Ströme F.	a— a_1 für die Entfernungen			λ .	$L + \frac{P}{F}$.	m.
	140.	75.	10.			
48,07	5,362	3,278	1,197	0,0321	0,872	41,86
33,08	5,622	3,659	1,484	0,0326	1,143	37,80
20,85	6,307	4,192	2,118	0,0320	1,806	37,66
10,10	7,831	5,831	5,709	0,0321	3,383	34,18
5,01	10,857	8,763	6,663	0,0323	6,339	31,67
			Mittel	0,0322		36,63

In einer zweiten Versuchsreihe wurde eine verdünnte Schwefelsäure von 1,030 bei 14,9 R. (3 Proc. engl. Schwefelsäure dem Volum nach) angewendet; die Flüssigkeit stand genau eben so hoch, wie in der vorigen Reihe, die Oberfläche der Elektroden war also dieselbe.

(B)

Ströme F.	a— a_1 für die Entfernungen			λ .	$L + \frac{P}{F}$.	m.
	140.	75.	10.			
48,07	2,791	1,936	0,995	0,0141	0,850	40,86
33,08	3,181	2,268	1,330	0,0143	1,187	39,26
20,85	3,841	2,875	1,894	0,0150	1,745	36,38
10,10	5,469	4,493	3,507	0,0151	3,357	33,91
5,01	8,423	7,523	6,527	0,0150	6,398	31,89
			Mittel	0,0147		36,46

Für eine dritte Reihe wandte ich eine verdünnte Säure von 1,065 bei 13,7 R. an (6 Proc. engl. Schwefelsäure dem Volum nach). Sonst waren alle Umstände dieselben.

(C)

Ströme F .	$a - a_1$ für die Entfernungen			λ .	$L + \frac{p}{F}$.	m .
	140.	75.	10.			
48,07	2,091	1,471	0,806	0,01000	0,706	33,93
33,08	2,503	1,894	1,262	0,00963	1,164	38,50
20,85	3,126	2,472	1,889	0,00910	1,813	37,80
10,10	4,753	4,126	3,477	0,00990	3,376	34,10
5,01	7,808	7,240	6,587	0,01000	6,462	32,37
			Mittel	0,00973		35,34

Aus diesen drei Reihen lassen sich nun folgende Resultate ziehen:

1. Obgleich die Werthe von m in allen drei Reihen eine Zunahme für stärkere Ströme zeigen, wie wir dieses in der letzten Versuchsreihe der vorigen Nummer bereits für Platinelektroden erkannten, so ist die Abweichung von dem mittlern Werthe 36,14 doch so wenig bedeutend, daß auch für Kupferelektroden die Folgerungen der Nummer 9 gelten, je nachdem man nur eine Polarisation, oder nur einen Widerstand des Ueberganges, oder beide zusammen annimmt.

2. Der Werth von m ist auch für Kupferelektroden unabhängig von der Concentration der Säure, wie solches schon für Platinelektroden erwiesen ist.

3. Der Werth von m ist aber sehr verschieden für Kupferelektroden und für Platinelektroden, dort erhielten wir im Mittel 137,1, hier aber ist dieser Werth im Mittel 36,14.

4. Die Widerstände der Flüssigkeit selbst sind den Entfernungen der Elektroden proportional und für alle Ströme constant. Bei demselben Querschnitt fanden sich diese Widerstände für die Entfernung 1 oder λ

für die Säure des spec. Gewichts $1,015 = 0,03270$

$1,030 = 0,01470$

$1,064 = 0,00973$

Diese Werthe stimmen sehr wohl zu den zwischen Platinelektroden gefundenen, können aber nicht streng mit ihnen verglichen werden, weil die Höhe der Flüssigkeit in den Kasten nicht genau dieselbe war. Wir fanden dort für die Säure

spec. Gewichts $1,037 = 0,0165$

$1,065 = 0,0093$.

12) Zuletzt wurde noch mit demselben Apparate eine ähnliche Versuchsreihe, wie die so eben beschriebene, angestellt, nur bestand die Flüssigkeit aus einer nahezu gesättigten Auflösung von Kupfervitriol zwischen Kupferelektroden. Der Querschnitt der Flüssigkeit war derselbe, wie in den Versuchen der vorigen Nummer. Agometer (A).

Ströme F .	$a - a_1$ für die Entfernungen			λ .	$L + \frac{P}{F}$.	m .
	140.	75.	10.			
48,07	9,855	5,568	1,222	0,0655	unbestimmt	
33,08	9,677	5,370	1,002	0,0600	0,040	1,423
20,85	9,470	5,167	0,831	0,0663	0,184	3,840
10,10	9,263	4,996	0,706	0,0665	0,362	3,656
5,05	8,763	5,007	0,578	0,0662	0,583	2,920
			Mittel	0,0649		2,960

Für den Strom 48,07 war die Gröfse $L + \frac{P}{F}$ so gering, dafs ich für dieselbe mitunter negative Werthe erhielt; der geringe Werth dieser Gröfse für den Strom 33,08 ist gewifs auch die Ursache, dafs m hier so gering ausfällt. Auch hier zeigen die Werthe von m , dafs auch für diese Flüssigkeit und Kupferelektroden die Schlüsse der Nummer 9 gelten. Der Widerstand der Flüssigkeit bei der Entfernung 1 oder λ ist im Mittel $= 0,0649$, d. h. doppelt so grofs, als für die Schwefelsäure 1,015; die

Säure leitet also bedeutend besser als das Kupfervitriol bei der hier angewendeten Concentration. Für sehr concentrirte Kupfervitriollösung hat mir aber eine andere Beobachtungsreihe, die ich hier nicht mittheile, da sie in anderer Beziehung fehlerhaft war, den Werth von $\lambda = 0,0200$ gegeben.

(Fortsetzung folgt.)

III. *Ueber die Natur des eigenthümlichen Geruches, welcher sich sowohl am positiven Pole einer Säule während der Wasserelektrolyse, wie auch beim Ausströmen der gewöhnlichen Elektricität aus Spitzen entwickelt;*
von C. F. Schönbein.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser aus den Denkschriften der Academie zu München.)

Herr de la Rive hat meine in den Denkschriften der Academie veröffentlichte Abhandlung ¹⁾ über den elektrischen Geruch seiner Aufmerksamkeit gewürdigt, und die von mir erhaltenen Resultate bestätigt; er giebt aber den letztern eine von der meinigen gänzlich verschiedene Deutung, und stellt die Eigenthümlichkeit der besagten riechenden Materie in Abrede ²⁾).

Zunächst macht dieser Physiker gegen die von mir aufgestellte Hypothese zwei Einwendungen. Wäre das Ozon in der Luft oder im Wasser, z. B. als Ozonwasserstoff vorhanden, so müßte man, sagt de la Rive, bei der Wasserelektrolyse einen Ueberschuß von Wasserstoff am negativen Pole erhalten und in der Atmosphäre Ozon-

was-

1) S. Annalen Bd. I. S. 616.

2) S. Annalen Bd. LIV S. 402.