unmagnetischen Metalle hervortreten zu lassen, als der einer sich entladenden elektrischen Flasche. Die bedeutende Schwächung der inducirenden Wirkung durch mechanische Trennung des Eisens in Scheiben geht aus dieser Versuchsreihe sehr überzeugend hervor. Es ist dies ein neuer Beweis, daß die galvanometrische Wirkung vorzugsweise durch den freien Magnetismus des elektromagnetisirten Eisens hervorgebracht wird.

III. Ueber einige elektromagnetische Apparate: von M. H. Jacobi.

(Aus dem *Bullet. scient. d. Petersb. Acad. T. IX.*)

Bereits im Mai v. J. hatte ich die Ehre der Academie mehrere elektromagnetische Apparate vorzulegen, an deren Beschreibung ich aber bis jetzt verhindert worden war. Ich will diese Beschreibung jetzt um so weniger verzögern, als der eine dieser Apparate sich bei gewissen galvanometrischen Messungen als sehr nützlich erwiesen hat, und den Experimentatoren, wie ich glaube, nicht unwillkommen seyn wird. Auf Taf. II sind drei Apparate abgebildet, wovon Fig. 6 ein elektromagnetischer Krafthebel, und Fig. 7 und 8 zwei Apparate sind, die theils zur Regulirung der Stärke des galvanischen Stromes, theils zu galvanometrischen Messungen gebraucht werden können.

I. Der elektromagnetische Krafthebel.

Im 5. Bande des *Bulletin scientifique*, p. 257 ¹⁾ befindet sich eine Reihe von Versuchen über die Anziehung der Elektromagnete, die wir, mein College Herr Lenz und ich, gemeinschaftlich mit diesem Apparate an-

1) *Annalen*, Bd. XXXVII S. 225 und 401.

gestellt haben. Frühere Versuche, die ich noch in Königsberg über denselben Gegenstand unternommen hatte, und über welche in meinem *Mémoire sur l'application de l'Electromagnétisme au mouvement des machines*, p. 23, berichtet, gaben mir Veranlassung manche Uebelstände wahrzunehmen, welche bei dieser Meßmethode vorkommen, und schon damals eine Zeichnung zu dem vorliegenden Apparate zu entwerfen, wobei diese Uebelstände so viel wie möglich vermieden und beseitigt sind.

ABCD (Fig. 6 Taf. II) ist ein starkes, auf 4 Füßen ruhendes Brett, auf welchem das aus zwei starken Pfosten und einem Querbalken bestehende Gerüst *EFGH* befestigt ist. *FG* ist dazu bestimmt, eine mit Kupferdraht umwickelte hufeisenförmige Eisenstange *IK* zu tragen, deren starke unveränderliche Befestigung von großer Wichtigkeit ist. *L* ist ein starker eiserner Ständer, der sich oben gabelförmig erweitert, um die stählernen Schrauben, deren Flügel in *a* und *b* sichtbar sind, aufzunehmen. Diese Schrauben sind zugespitzt, und zwischen ihnen bewegt sich mit geringer Reibung die Axe *cd* des $4\frac{1}{2}$ Fufs langen eisernen Hebels *MN*, dessen obere, genau geradlinig gearbeitete Seite abgeschrägt ist, so daß sie gewissermaßen einen *dos d'âne* bildet. Genau $2\frac{1}{2}$ " vom Centrum dieses Hebels ist derselbe verstärkt und senkrecht durchbohrt, um einen starken, mit harter Reibung eingeschliffenen Zapfen aufzunehmen, welcher oben in eine Schraube ausläuft. Der Zapfen selbst hat unten einen Flügel, und wird unten durch einen Ansatz, oben aber durch eine Schraubenmutter festgehalten, doch so, daß die freie Umdrehung um seine Axe nicht verhindert wird. Die Schraube, in welche der Zapfen oben ausläuft, trägt gewissermaßen als Schraubenmutter ein starkes messingnes Stück *fg*, worin der ebenfalls mit Kupferdraht bewickelte Anker *OP* stark befestigt ist. Dieses Messingstück hat auf beiden Seiten einen prismatischen Schlitz, womit es in zwei ebenfalls prismatisch

ge-

geformten Leitstangen eingeschliffen ist, welche auf dem Hebel selbst befestigt sind, und wovon die eine in h zu sehen ist. Man sieht leicht, daß wenn der Bolzen um seine Axe gedreht wird, das oben erwähnte Messingstück fg und mit ihm der darauf befestigte bewickelte Anker OP senkrecht gehoben und gesenkt, und so den Polen des ihm gegenüberstehenden Hufeisens näher gebracht, oder von ihnen entfernt werden kann. Das Ende des Hebels trägt eine Schneide und einen Bügel i , woran eine Schnur befestigt ist, welche über die Leitrolle k hinweggeht und das Gewicht l trägt, wodurch der Hebel acquirilibirt werden kann. An dem Pfosten O , welcher die Leitscheibe trägt, ist ein Bügel mn befestigt, an welchem zwei Stellschrauben o , p befindlich sind, welche theils die Bewegung des Hebels zu beschränken bestimmt sind, zum Theil aber, was die obere Schraube betrifft, die Bewegung des Hebels verhindern sollen, wenn, nachdem derselbe acquirilibirt ist, die Kette geschlossen wird, und die magnetische Anziehung stattfindet ehe die Messung beginnt. P ist ein Laufgewicht, das an einer Schneide hängt, die von dem mit zwei Rollen versehenen Wagen getragen wird, und durch eine gabelförmig sich endigende gezahnte Stange ST , in welche das Getriebe R greift, sauft hin und her bewegt werden kann. Durch einen in der Zeichnung nicht sichtbaren Schieber kann letzteres zum Eingriff gebracht oder ausgehoben werden, so daß alsdann die gezahnte Stange sich frei bewegen kann. Der Wagen trägt ein an einem Bügel befestigtes Bleiloth, das mit einer am Wagen befindlichen Spitze coïncidiren muß, um sich der horizontalen Lage des Hebels zu versichern. Später bediente ich mich zu diesem Zwecke einer Libelle. Die Entfernung vom Hypomochlium des Hebels bis zum Aufhängepunkte des Gegengewichts beträgt genau 50 engl. Zolle, also die 20malige Entfernung vom Hypomochlium bis zur Axe des Zapfens, welche Entfernung zu $2\frac{1}{2}''$ angenommen ist,

Die Pole des Hufeisens sowohl, als die des Ankers sind cylindrisch abgerundet, und zwar so, daß die vier Arèten und die Axe des Zapfens in einer, senkrecht auf der Oberfläche des Hebels stehenden Ebene liegen. Diese Ebene kann als diejenige betrachtet werden, in welcher der Schwerpunkt der magnetischen Anziehung liegt, so daß, wenn wir die Entfernung dieser Ebene und die des Laufgewichts P vom Hypomochlium durch a und na bezeichnen, die Anziehungskraft $M=nP$ wird. Auf der einen Seitenfläche des Hebels befindet sich die Eintheilung in $\frac{1}{100}$ ", so daß durch einen am Wagen des Laufgewichtes befindlichen Zeiger $\frac{1}{100}$ des Gewichtes unmittelbar abgelesen und $\frac{1}{100}$ geschätzt werden kann. Der Apparat selber ist leider in manchen Theilen nicht stark genug, um sehr beträchtliche Tragkräfte zu messen. Bei den oben angeführten Versuchen beschränkten wir uns auf 2- bis 300 Pfund. Wir haben in dem früheren Aufsatze schon mehrere Umstände erwähnt, welche, ungeachtet aller getroffenen Vorsichtsmaßregeln, die Genauigkeit der Beobachtungen afficiren, in dessen will ich nur noch hinzufügen, daß wenn Jemand über die Tragkraft der Elektromagnete genaue Versuche anzustellen geneigt seyn sollte, er sich des hier beschriebenen Instruments mit Vortheil wird bedienen können.

II. Der Regulator mit flüssigem Leitungswiderstande.

Bei den meisten unserer früheren Versuche war uns die Erhaltung eines constanten Stromes von der größten Wichtigkeit; denn nur dadurch war es uns möglich die genauen Resultate zu erhalten, deren wir uns erfreuten. Wir bedienten uns damals einer Batterie von Platin und Zink, deren Platten an einem Rahmen befestigt waren, und welche in einem mit Zellen versehenen Kasten mehr oder weniger eingetaucht werden konnten. Der Kasten stand auf einer Plattform, die durch einen zweckmäßigen Mechanismus gehoben oder gesenkt wer-

den konnte. Diese Einrichtung hatte manche Uubequemlichkeit, und war auch nicht für alle Fälle zu gebrauchen, weshalb ich mir später den Apparat anfertigen liefs, der in Fig. 7 Taf. II abgebildet ist. *ABCDEF* ist ein hölzerner, mit Wachs sorgfältig ausgegossener und wasserdichter Kasten, welcher durch eine thönerne Scheidewand *ab* in zwei Abtheilungen getheilt ist. Jede dieser Abtheilungen hat ein mit einem Röhrengelenk von Kautschuck versehenes Ausflufsrohr *cd*; *ef* sind zwei Ständer, an welchen eine runde Leitstange *gh* befestigt ist. Auf dieser befinden sich die Hülzen *i* und *k*, welche auf der Leitstange verschoben und durch zwei Fingerschrauben festgeklemt werden können. Beide Hülzen sind durch eine Mikrometerschraube verbunden, wodurch ihre relative Lage regulirt werden kann; *mn* sind zwei Metallplatten, wovon die erstere an der Hülse *k* befestigt, die andere aber in der einen Zelle des Kastens blofs eingehängt ist. Indem man nun diesen Kasten in die Nähe des zu beobachtenden Galvanometers bringt, durch Umdrehen der Mikrometerschraube nach Befestigung der Hülse *i*, die Platten *m* und *n* mehr oder weniger von einander entfernt, und dadurch den Leitungswiderstand der Flüssigkeit vermehrt oder verringert, hat man es in seiner Gewalt, den Strom während der Beobachtung immer constant zu erhalten. Sind die Hülzen *i* und *k* einander so viel genähert, daß sie aneinanderstossen, so wird auch die Druckschraube von *i* gelöst, und das ganze System wird, je nach den Umständen, der Platte *n* oder der Scheidewand *ab* näher oder entfernter gebracht. Ich bediene mich gewöhnlich zweier Kupferplatten und des salpetersauren Kupfers als Leitungsflüssigkeit. Da die Ladungserscheinungen hierbei sehr gering sind, so wird die Constanz der übrigen erregenden Theile der Kette durch diesen Apparat nicht gefährdet, was aber der Fall seyn dürfte, wenn man z. B. Platinplatten und verdünnte Schwefelsäure u. s. w. nähme.

Für Untersuchungen über den Leitungswiderstand der Flüssigkeiten, welche ich beabsichtige, habe ich einen solchen Kasten anfertigen lassen, wobei die thönerne Scheidewand sich in der Mitte befindet, und wo noch eine besondere Mikrometerschraube vorhanden ist, um auch die feste Platte n nähern und entfernen zu können. Außerdem sind bei diesem Apparate die Leitstangen, auf welchen die Hülsen gleiten, in $\frac{1}{10}$ engl. Zolle eingetheilt, um die Entfernung der Platten von einander genau bestimmen zu können. Ferner sind, nach einer Verbesserung des Hrn. Lenz, die Mikrometerschrauben so lang wie der Kasten selbst, oder so lang wie die einzelnen Abtheilungen. Hiedurch ist man des lästigen Verschiebens der Hülsen i und k überhoben und kann die Schrauben durch eine Kurbel in Bewegung setzen, was viel bequemer ist.

III. Der Regulator mit festem Leitungswiderstande.

Die Beschreibung des vorstehenden Apparates zeigt, daß es weiter keine Schwierigkeit hat, einen *allmählig* sich verändernden flüssigen Leitungswiderstand in die Kette einzuführen; die Aufgabe aber, die ich mir zu stellen Veranlassung hatte, *allmählig sich verändernde Drahtlängen* in die Kette einzuführen, hatte einige größere Schwierigkeiten, die ich durch den in Fig. 8 Taf. II dargestellten Apparat glaube gelöst zu haben. AB , CD sind zwei Schrauben von genau gleichem Durchmesser und Gewinde. Die erstere davon ist auf einen Cylinder von Holz, Marmor u. s. w., die andere aber auf einen Metallcylinder eingeschnitten. Die Messingscheibe a , deren unterer Theil in das Quecksilbergefäß c taucht, ist am Marmorcylinder AB angekittet, die Scheibe b aber, die in d taucht: an dem Metallcylinder angelöthet. Der Draht $efghi$ ist mit dem einen Ende an der Messingscheibe a , mit der andern an der Messingscheibe b befestigt. Er ist über einen Theil der Schraubengänge von

AB gewickelt, geht über die Leitungsrollen kl hinweg, und umgiebt dann einen Theil der Schraubengänge von CD . Das Gewicht P , welches im Schwerpunkte unter der winkelförmig gebogenen Stange km hängt, dient dazu, den Draht immer in gehöriger Spannung zu erhalten. Die mit einer Kurbel versehene Axe EF liegt auf einem passenden Gerüste, das hier nicht abgebildet ist. Tritt der Strom in c ein, so durchläuft er alle, auf dem Metallcylinder AB befindlichen Windungen auf einmal, die auf dem Marmor- oder Holzcylinder befindlichen Windungen aber ihrer ganzen Länge nach. Man sieht leicht, daß durch Umdrehen der Kurbel der Draht bequem und allmählig von der einen Schraube ab- und auf die andere aufgewickelt werden kann, und so mit größerer und geringerer relativen Länge in den Strom tritt, während die absolute Länge des Drahtes dieselbe bleibt.

Da die auf CD aufgewickelte Drahtspirale auf die zu beobachtende Galvanometernadel unmittelbar wirken könnte, so muß der Apparat sich in angemessener Entfernung vom Beobachtungsorte befinden. Um nun nicht zur Umdrehung der Schraube eines Gehülfen zu bedürfen, bediene ich mich eines langen hölzernen Stockes, an dessen Ende sich die unter dem Namen Universalgelenk bekannte Vorrichtung befindet, welche statt der Kurbel auf die Axe EF aufgesetzt werden kann.

Ich habe neuerdings einen Apparat dieser Art anfertigen lassen, und einige von der Zeichnung abweichende Einrichtungen getroffen. Die isolirende Schraube des früheren war von Holz, das sich aber warf, eintrocknete und andere Unregelmäßigkeiten verursachte. Ich zog es daher vor, die Schraube auf einen Cylinder von weißem carrarischen Marmor einschneiden zu lassen, da dieses Metall gehörig isolirt, und sich gut genug drehen und schneiden läßt. Desgleichen ließ ich statt der Stange km mit den Leitrollen eine einzige große hölzerne Rolle anbringen, an deren Axe das Gewicht P in Pfannen auf-

gehängt ist. Die Quecksilbergefäße *c* und *d*, worin die Scheiben *a* und *b* tauchen, sind durch Rollen ersetzt, die durch starke Federn auf den Rand dieser Scheiben angepresst werden und zur Leitung des Stromes dienen. Endlich ist bei diesem Apparat das eine Ende der Axe mit einer Schraube ohne Ende versehen, die in ein Rad von 100 Zähnen greift, auf dessen Zifferblatt die Anzahl der Umdrehungen abgelesen werden kann. An einer anderen in 100 Theile getheilten Scheibe, die auf der Axe befestigt ist, kann man τ_{σ}^1 Umdrehung unmittelbar ablesen und $\tau_{\sigma\sigma}^1$ davon bequem schätzen. Es wird wünschenswerth seyn, die Dimensionen dieses Apparates zu erfahren, die ich in engl. Zollen angebe. Der Durchmesser des Cylinders beträgt 2",375, die Länge jeder Schraube 6", die des ganzen Cylinders also 1 Fuß. Auf jeder Schraube befinden sich 125 Gänge, so daß also ungefähr 78' Draht aufgewickelt werden können. Früher hatte ich Neusilberdraht von etwa $\frac{1}{3}$ " Durchmesser zur Leitung genommen, gegenwärtig befindet sich aber Messingdraht von $\frac{1}{3}$ " Dicke auf den Schrauben; es ist nämlich ein tübler Umstand, daß der, über der 6" im Durchmesser haltenden Leitrolle hinweggehende Draht, der in der Figur mit *fgh* bezeichnet ist, einen Leitungswiderstand von etwa 20" Länge darbietet, der aber mit Rücksicht auf die geringe Leitungsfähigkeit des Neusilbers bei der Messung geringer Leitungswiderstände die erforderliche Genauigkeit nicht zuläßt. Ungeachtet aller Sorgfalt war es nicht möglich die Schrauben in dem verschiedenen Material von genau gleichem Durchmesser zu schneiden. Wenn der Draht von der Messingschraube ab auf die Marmorschraube aufgewunden wird, so hebt sich das Gewicht bei 125 Umdrehungen um 0",875, weil letztere Schraube einen unmeßbar größeren Durchmesser hat als erstere. Die Drahtlänge *fgh* ist also um $2 \times 0,875 = 1",750$ verkürzt worden oder es sind, da jede Windung etwa $7\frac{1}{2}$ " Länge hat, bei 125 Windungen in

der That 0,233 Windungen zu viel gemessen worden. Es ist daher für jede Windung eine Correction von 0,002 Windungen in Abzug zu bringen, was natürlich bei den meisten vorkommenden Fällen keine Bedeutung hat, aber doch wenigstens erwähnt werden mußte.

Da auch die galvanometrischen Messungen nach und nach anfangen Ansprüche auf Genauigkeit zu machen, so war es mir wichtig zu erfahren, welchen Grad von Genauigkeit dieser Regulator gewähre. Ich unternahm daher eine Reihe von Messungen, um die Leitungswiderstände mehrerer zu einem bestimmten anderweitigen Zwecke vorbereiteter Drähte zu bestimmen.

Die Versuche wurden mit einem einzigen Plattenpaare Platin-Zink angestellt, das ungefähr $\frac{1}{2}$ Quadratfuß Platinoberfläche darbot, und die Ablenkungen wurden an der Tangentenbussole beobachtet. Zuerst wurde der zu messende Draht ohne Regulator eingebracht und die Ablenkung der Nadel durch Drehen der mit dem Vernier verbundenen elektromagnetischen Spirale auf einen bestimmten Theilstrich fixirt, dann wurde der Widerstandsregulator an die Stelle des Drahtes eingeschaltet, und die Schraube so lange gedreht, bis die Nadel wieder dieselbe Ablenkung zeigte. Da der Nullpunkt des Zifferblattes nicht mit dem Anfange der Windungen übereinzustimmen braucht, so muß die abgelesene Anzahl von Windungen um eine constante Länge, von welcher der Draht fgh ein Theil ist, vermehrt werden, um den wirklichen Leitungswiderstand zu erhalten. In der folgenden Tab. I ist in der ersten Columne die Nummer der zu messenden Drähte, in der zweiten die Ablesung am Zifferblatte des Regulators und in der dritten Columne der nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnete wirkliche Leitungswiderstand angegeben, wobei die Länge eines Schraubenganges zur Einheit genommen ist. Die oben erwähnten Correctionen von — 0,002 für jede Windung sind hierbei bereits berechnet.

T a b. I.

Nummer der Drähte.	Ablesung am Regula- tor.	Berechnete Leitungs- widerstän- de der Drähte.	Berechnete Summe der Leitungs- wider- stände.	Differenz.
L^I	5,808	10,123		
L^{II}	3,136	7,458		
L^{III}	3,115	7,437		
L^{IV}	3,311	7,636		
L^V	2,784	7,103		
L^{VI}	40,148	41,381		
$L^I + L^{II}$	13,333	17,631	17,581	+0,050
$L^I + L^{II} + L^{III}$	20,710	24,989	25,018	-0,029
$L^I \dots + L^{IV}$	28,378	32,650	32,654	-0,004
$L^I \dots + L^V$	35,510	39,771	39,757	+0,014
$L^I \dots + L^{VI}$	79,888	81,125	81,138	-0,013

Bezeichnen wir den eigentlichen Leitungswiderstand mit l' , l'' etc. und die hinzuzufügende Constante mit x , so hat man $l' = 5,808 + x$, $l'' = 3,136 + x$, $l' + l'' = 13,333 + x$ u. s. w., woraus man die fünf Gleichungen erhält:

$$x = 4,389$$

$$2x = 8,651$$

$$3x = 13,008$$

$$4x = 17,356$$

$$5x = 21,586$$

aus welchen nach der Methode der kleinsten Quadrate:

$$x = 4,329.$$

Addirt man die respectiven Leitungswiderstände in der dritten Columnne zusammen, so erhält man die Zahlen der vierten Columnne, deren Abweichungen von den berechneten Leitungswiderständen in der sechsten Columnne angegeben sind. Die größte Differenz ist 0,05, was, da die Länge einer Drahtwindung ungefähr $7''{,}5$ engl. ist, $3''{,}75$ Neusilberdraht von $\frac{1}{32}$ Durchmesser beträgt.

Diese bis jetzt, wie ich glaube, bei Messungen der

Art noch nicht erreichte Genauigkeit, könnte noch weiter getrieben werden, wenn die Constanz der Kette und die feste Aufstellung der Galvanometerbussole ihrer Empfindlichkeit, so wie der Schärfe entspräche, womit an ihr beobachtet werden könnte. Indessen kann ich es nicht verbergen, daß die einzelnen Beobachtungen unter sich nicht diese Genauigkeit gewähren und bisweilen Differenzen zeigen, welche sich bis zur Höhe von $\frac{1}{100}$ des ganzen Leitungswiderstandes erheben. Die vorigen Beobachtungen wurden, wie schon erwähnt, mit der Tangentenbussole angestellt, auf der ich die Ablenkung bis auf 2" bequem schätzen konnte. Gegenwärtig habe ich eine Sinusbusssole anfertigen lassen, die mit mehreren, von Hrn. Prof. Poggendorff angegebenen Verbesserungen versehen ist, deren Beschreibung ich mir vorbehalte, und mit der ich durch vortreffliche Mikroskope die Ablenkungen bis auf 20" genau ablesen kann. Ich habe einige sehr gut mit einander übereinstimmende Messungen mit diesem Instrumente gemacht, indessen erfordert dasselbe eine feste, den temporären Erschütterungen vorbeifahrender Wagen u. s. w. nicht exponirte Aufstellung, die mir bis jetzt nicht zugänglich war. So genaue Beobachtungen werden aber in der Folge Rücksicht auf die Temperatur der Drähte, auf den möglicherweise ungleichen Widerstand der einzelnen Windungen, und sogar auf die, während der Beobachtungen eintretenden Veränderungen der magnetischen Erdkraft erheischen und die Vernachlässigung dieser Umstände nicht länger gestatten. Es ist mir nicht unwahrscheinlich, daß gerade durch solche genaue Messungen Umstände hervortreten dürften, die uns dem, im Grunde ganz räthselhaften Phänomene des Leitungswiderstandes näher zu treten erlauben würden. Zu empfehlen ist noch, den Regulator immer sehr rein und blank zu erhalten, weil Sprünge, die man hin und wieder in der allmähig sich verändernden Ablenkung der Nadel bemerkt, nur einer, durch oberflächliche Oxy-

dation veranlafsten unvollkommenen Berührung zugeschrieben werden können. Vortheilhaft wird es daher seyn, das ganze Instrument aus einem an der Luft nicht oxydirbaren Metalle, z. B. Neusilber oder Platin, anfertigen zu lassen.

Bei meiner Anwesenheit in London im vorigen Jahre zeigte mir Hr. Prof. Wheatstone ein, meinem so eben beschriebenen Stromregulator, den ich der Academie in der Sitzung vom 24. April (6. Mai) präsentirt hatte, ähnliches Instrument. Dieser Gelehrte hatte sich dieses nützlichen Apparates bedient, um die Leitungswiderstände bei der elektromagnetischen Telegraphenlinie zu bestimmen, die er auf der London-Bristol-Eisenbahn anzulegen im Begriff war. Er hatte mir sehr interessante Mittheilungen über scheinbare Anomalien gemacht, die bei so langen Drahtleitungen vorkommen, und die in dem Ohm'schen Gesetze, von dessen Wichtigkeit er durchdrungen ist, ihre vollkommene Erklärung finden. Man kann der Publication dieser Arbeiten mit Ungeduld entgegensehen, um so mehr, da Hr. Wheatstone keine praktische Arbeit unternimmt, ohne dabei auch der Wissenschaft eine Ausbeute zu gewinnen. Zugleich machte mich dieser Gelehrte auch auf ein Verfahren aufmerksam, mit diesem Instrumente die elektromotorischen Kräfte verschiedener galvanischen Combinationen zu vergleichen, ein Verfahren, welches in vielen, besonders den Fällen nützlich ist, wo man sich eines Galvanometers bedient, für welches das Gesetz oder der Intensitätswerth der Ablenkung nicht bekannt ist. Ich nahm keinen Anstand, dieses Verfahren bei einigen Arbeiten, die ich beabsichtigte, zu benutzen, und theile der Academie einige von den Beobachtungen mit, die ich danach angestellt habe.

Werden nämlich die elektromotorischen Kräfte und die respectiven Leitungswiderstände zweier galvanischen Combinationen durch A , A' und λ , λ' , und die Leitungswiderstände, welche eingeschaltet werden müssen, um

mit jeder dieser Combinationen nach und nach eine bestimmte Ablenkung α und β hervorzubringen, durch x , x' und $L+x$ und $L'+x'$ bezeichnet, so hat man nach der Ohm'schen Formel die vier Gleichungen:

$$\begin{array}{l|l} \frac{A}{\lambda+x}=\alpha & \frac{A'}{\lambda'+x'}=\alpha \\ \frac{A}{\lambda+x+L}=\beta & \frac{A'}{\lambda'+x'+L'}=\beta \end{array}$$

woraus sich ergibt $\frac{A}{A'}=\frac{L}{L'}$.

Man hat also weiter nichts nöthig, als die Anzahl der Umdrehungen der Schraube zu zählen, welche nöthig sind, um die Ablenkungen der Nadel von α auf β zu bringen, um dadurch das Verhältniß der elektromotorischen Kräfte zu erhalten. Die in der Tabelle II und III aufgezeichnete Versuchsreihe wurde mit zwölf Daniell'schen, mit Kupfervitriol und verdünnter Schwefelsäure geladenen Elementen, angestellt, bei denen die Flüssigkeiten durch poröse Thoncylinder getrennt waren, und deren Kupfergefäße 3" Durchmesser und 5 $\frac{1}{2}$ " Höhe hatten.

In der Tabelle II und III enthält die erste Columne die Nummer und Anzahl der Plattenpaare, die zweite, die der Anzahl der Umdrehungen proportionalen elektromotorischen Kräfte, die dritte die berechnete Summe der letztern, und die vierte endlich, die Differenzen zwischen der Rechnung und der Beobachtung.

T a b. I I.

Nummer und Anzahl der Plattenpaare.	Beobachtete elektrom. Kraft.	Berechnete elektrom. Kraft.	Differenzen.
No. 1	4,19		
2	4,16		
3	4,45		
4	4,41		
5	4,44		
6	4,41		
7	4,01		
8	4,54		
9	4,52		
10	4,49		
11	4,58		
12	4,54		
1— 2	9,00	8,35	+0,65
1— 3	13,59	12,80	+0,79
1— 4	18,43	17,21	+1,22
1— 5	23,00	21,65	+1,35
1— 6	28,60	26,06	+2,54
1— 7	33,64	30,07	+3,57
1— 8	37,16	34,61	+2,55
1— 9	41,41	39,13	+2,28
1—10	46,20	43,62	+2,62
1—11	50,38	48,20	+2,18
1—12	55,87	52,74	+3,13

Bei diesen Beobachtungen wurde die Ablenkung von 19° durch die Einschaltung einer größeren Drahtlänge bis auf 13° , also um 6° , vermindert. Bei den folgenden Beobachtungen der Tab. III wurde diese Ablenkung aber von 17° bis auf 15° , also um 2° , vermindert, und zwar aus dem Grunde, um nicht durch Einschaltung einer zu großen Drahtmenge die Beobachtungen unsicher zu machen. Ferner wurden die Beobachtungen in einer von der früheren verschiedenen, aus der Tabelle ersichtlichen, Ordnung angestellt, welche, wie ich glaube, den zufälligen Umständen mehr entgegentritt und ihnen keinen so weiten Spielraum verstattet. Die Beobachtungen

der beiden Tabellen sind direct nicht mit einander vergleichbar.

T a b. III.

Nummer und Anzahl der Plattenpaare.	Beobachtete elektrom. Kraft.	Berechnete elektrom. Kraft.	Differenzen.
No. 12	1,78		
11	1,85		
11—12	3,59	3,63	—0,04
10	1,82		
10—12	5,38	5,45	—0,07
9	1,81		
9—12	7,23	7,26	—0,03
8	1,85		
8—12	9,21	9,11	+0,10
7	1,84		
7—12	10,69	10,95	—0,26
6	1,81		
6—12	12,47	12,76	—0,29
5	1,65		
5—12	14,29	14,41	—0,12
4	1,78		
4—12	15,95	16,19	—0,24
3	1,80		
3—12	17,81	17,99	—0,18
2	1,84		
2—12	19,62	19,83	—0,21
1	1,83		
1—12	21,13	21,66	—0,53

Auffallend ist es bei beiden Beobachtungsreihen, daß die Differenzen zwischen den *beobachteten* elektromotorischen Kräften der mehrplattigen Combinationen und den aus der Summe der einzelnen Elemente *berechneten* elektromotorischen Kräften, immer auf eine Seite fallen, und bei der ersten Tabelle positiv, bei der zweiten negativ sind. Ich habe bei einigen anderen Versuchsreihen ähnliche Phänomene wahrgenommen und die Differenzen ganz oder zum größten Theil immer nur auf einer Seite ge-

funden. Es ist mir bis jetzt nicht gelungen, die Ursache dieser Sonderbarkeit zu erklären, die ich indessen eher in sogenannten zufälligen Umständen, als in einer Modification zu suchen geneigt bin, die das von Fechner etablirte Gesetz zu erleiden hätte. Es ist übrigens eine bekannte Erfahrung, daß die Ketten mit Scheidewänden eine gröfsere oder geringere Zeit nach ihrem Schlusse noch immer an Stärke zunehmen, und daß eine solche Veränderung, wie ich oft sehr häufig gefunden habe, sowohl durch eine Vermehrung, als auch eine Verminderung der elektromotorischen Kraft veranlaßt werden kann, wenn nur, wie es der letztere Fall fordert, der Leitungswiderstand der Flüssigkeit sich ebenfalls, aber in einem noch grösseren Verhältnisse, vermindert.

Aus der Tabelle II ergibt sich als Mittelzahl aus den einzelnen Elementen die elektromotorische Kraft zu 4,395, aus den verschiedenen Combinationen, nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet, aber zu 4,639. Setzen wir erstere = 100, so erhalten wir für letztere = 105,5.

Nach der Tabelle III ist dieses Verhältnifs wie 100 : 98,6. Nehmen wir hieraus die Mittelzahl, um die zufälligen Umstände zu eliminiren, so erhalten wir 100 : 101,5. Obgleich man also daraus ersieht, daß bis zu 12 Plattenpaaren das bekannte Gesetz, ohne bedeutende Fehler zu begehen, angenommen werden dürfte, so kann doch, so lange die Fehlerquellen nicht auf eine entschiedene Weise bekannt sind, dieser Gegenstand keinesweges als experimentell abgeschlossen betrachtet werden, wie man hin und wieder zu glauben geneigt seyn möchte.

Nach den früheren Methoden werden gewöhnlich die Constanten der Kette aus den Stromstärken berechnet, welche durch Ablenkungen oder Schwingungen u. s. w. gemessen werden. Hierbei tritt der Umstand ein, daß die stärkeren Ströme zugleich gröfsere Temperaturerhöhungen innerhalb der Kette selbst hervorrufen, wodurch

sowohl die Leitungswiderstände, als auch die elektromotorischen Kräfte afficirt werden. Dieser Umstand, den man, da er bis jetzt noch nicht hat in Rechnung gebracht werden können, als Fehlerquelle zu betrachten hat, ist bei der gegenwärtigen Methode, wo die Ströme immer von gleicher Stärke sind, zum Theil vermieden.

N a c h t r a g.

Da ich oben die Beschreibung eines Apparates gegeben habe, der dazu bestimmt ist, die Tragkraft der Elektromagnete zu messen, so mögen einige Bemerkungen hier an der Stelle seyn, zu denen mich ein Aufsatz des Hrn. C. H. Pfaff veranlaßt, der sich im LIII. Bande von Poggendorff's Annalen, S. 309, befindet. Herr Pfaff glaubt nämlich durch Versuche bewiesen zu haben, daß der Elektromagnetismus hohler Eisenstangen in einem höheren Verhältnisse wachse, als dem des einfachen (der Masse, und glaubt die Abweichung des von Lenz und mir gefundenen Gesetzes durch seine Versuche gerechtfertigt. Dieses scheint mir nun keinesweges der Fall zu seyn, da, wie ich bei anderen Gelegenheiten zu bemerken Veranlassung hatte, die Tragkraft der Elektromagnete ein Maafs ist, das über die magnetischen Zustände einer Eisenstange nur die ungewisseste Auskunft zu geben vermag. Lenz und ich, wir hatten bei unseren Versuchen diese Methode immer vermieden oder umgangen, und uns nur ein Mal derselben bedient, um den aus anderen Versuchen entwickelten Satz zu bestätigen, daß die Anziehung der Elektromagnete den Quadraten der magnetisirenden Ströme proportional ist. Auch hier haben wir Anomalien gefunden, die uns indessen nicht zu einer Modification dieses Gesetzes veranlassen durften, weil sie aus den verwickelten und zufälligen Umständen hervorzugehen scheinen, welche das Abreißen und Anlegen des Ankers begleiten. Diese Umstände

haben wir nicht weiter gesucht in Rechnung zu bringen, da die Tragkraft eines Hufeisens zwar als ein ganz interessantes, aber bis jetzt als kein sehr folgenreiches Phänomen erscheint.

In meiner Glasgower Vorlesung (Poggendorff's Annalen, Bd. XXXXVII S. 225) habe ich einen Auszug aus einer gemeinschaftlichen größeren Arbeit gegeben, die noch nicht hat zum Druck befördert werden können, und welche das Gesetz über allen Zweifel zu erheben scheint, *dafs die unter gleichen Umständen in Eisenstangen von gleicher Länge und ungleicher Dicke entwickelten Quantitäten von Magnetismus sich wie die Durchmesser dieser Stangen verhalten*. Es ist kein Grund vorhanden, warum man nicht vorläufig annehmen könnte, dafs der freie Magnetismus der Endflächen dieser ganzen Quantität des entwickelten Magnetismus proportional seyn sollte, um so mehr, da es diesen Gegenstand experimentell zu prüfen ungemeine Schwierigkeiten hat, zu deren Beseitigung die Methode der Tragkraft am ungeeignetsten seyn möchte. Die Versuche des Herrn Pfaff betreffen übrigens einen andern Gegenstand, nämlich die Tragkraft hohler Elektromagnete von gleicher Länge, gleichem äufseren Durchmesser, aber ungleicher Wanddicke, wobei natürlich die Berührungsflächen zwischen dem Anker und den Endflächen der Eisenstangen immer von verschiedenen Dimensionen waren. Dafs sich der totale entwickelte Magnetismus solcher hohlen Eisenstangen unserem Gesetze gemäfs, also ganz gleich verhalten werde, scheint mir, unter der Beschränkung, dafs die Wanddicken nicht zu gering seyn dürfen, nach unseren Versuchen sehr wahrscheinlich zu seyn.

Ich mufs übrigens bei dieser Gelegenheit an den vortrefflichen Aufsatz über *»hohle Elektromagnete«* erinnern, der sich im 1. Bande des *Bulletin scientifique*, p. 121, befindet, und welcher den leider zu früh verstorbenen Prof. Parrot in Dorpat zum Verfasser hat.

Par-

Parrot's Versuche haben vor denen Pfaff's den Vorzug, daß bei ihnen die Berührungsfläche zwischen Anker und Magnet immer gleich groß war, und daß die Zufälligkeiten vermieden waren, welche bei der Combination *zweier* Stangen unausbleiblich sind; auch kommt Parrot zu dem Schlusse: »daß man bei Elektromagneten von großen Dimensionen eine bedeutende Ersparnis an Metallmasse wird haben können, dadurch, daß man sie hohl macht, indem eine Reduction auf die halbe Masse nur einen Verlust von $\frac{1}{16}$ in der Tragkraft erzeugt, bei einer Reduction auf $\frac{1}{4}$ der Masse nicht volle $\frac{1}{16}$ an Tragkraft verloren gehen, so daß die Masse Eisen, welche einen massiven Magneten darstellt, auf vier hohle Cylinder verwandelt, einen drei Mal größeren Effect geben muß etc.«

IV. *Ueber die Frage, ob es wirksame galvanische Ketten ohne primitive chemische Action gebe, und über die Bildung der Eisensäure auf galvanischem Wege;*

von J. C. Poggendorff.

(Aus einer am 8. Nov. in der Academie gehaltenen Vorlesung, mit späteren Zusätzen.)

Unter den verschiedenen Einwürfen, welche man gegen die sogenannte chemische Theorie des Galvanismus erhoben hat, ist unstreitig der wichtigste der, *daß die elektromotorische Kraft einer Volta'schen Kette, oder anders gesagt, die, bei Gleichheit des Widerstands, von einer solchen Kette in bestimmter Zeit entwickelte Elektrizitätsmenge, im Allgemeinen niemals der vor dem Schluss der Kette stattfindenden chemischen Action proportional geht, weder deren Intensität, noch deren Quantität.* Man mag schwache oder starke Säure an-