

III. *Beschreibung der Wippe und deren Anwendungen zum Studium der galvanischen Polarisation; von J. C. Poggendorff.*

In dem Aufsatz, in welchem ich die transversale Ladungsweise secundärer Batterien auseinandersetzte ¹⁾, versprach ich, das dazu erforderliche und mit dem Namen *Wippe* belegte Instrument in einiger Zeit zu beschreiben. Gegenwärtig will ich, um das Verständniß jenes Aufsatzes nicht länger unvollständig zu lassen, mein Versprechen erfüllen, obwohl ich mich dabei meistens auf die Beschreibung des Instruments und seiner Abänderungen beschränken muß, da Geschäfte mich abgehalten haben, die Versuche sämmtlich auszuführen, die ich beabsichtigte, um die mannigfachen Anwendungen desselben darzulegen. Letzteres muß ich einer künftigen Mittheilung vorbehalten.

I.

Zunächst mag diejenige Form des Instruments betrachtet seyn, in welcher es zur Ladung einer secundären Batterie dient. Man sieht diese Form in Fig. 5 Taf. I von oben her abgebildet. Sie ist daselbst als bestimmt für eine Batterie von vier Plattenpaaren gezeichnet; für eine grössere Zahl von Platten würde nur die Längendimension *AA* zu vergrößern seyn.

Das Instrument besteht, in dieser wie in allen folgenden Formen, wesentlich aus zwei Theilen, der *Unterlage* und der eigentlichen *Wippe*. Nur die letztere besitzt, je nach dem Zweck, eine verschiedenartige Einrichtung; die erstere bleibt immer dieselbe, oder kann es wenigstens immer bleiben.

Die Unterlage *AA*, Fig. 5 Taf. I, ist gebildet aus

1) S. Annalen, Bd. LX S. 568.

einem Brett von hartem, dichtem Holz, Buchsbaum- oder Büchenholz, von 1 Zoll Par. Dicke, $3\frac{3}{4}$ Zoll Breite und, falls das Instrument zur Ladung einer Batterie von vier Plattenpaaren dienen soll, etwa 6 Zoll Länge; jedoch richtet sich die letztere Dimension nach der Breite der Zellen oder Tröge, in welche die Plattenpaare dieser Batterie *BB* zu stehen kommen, und sie muß ihr angepaßt werden, wenn man die Tröge schon besitzt.

In dieses Brett sind, bis zur Tiefe von etwa einem halben Zoll, zwei Reihen Löcher *ho*, *ho*, . . . *h'o'*, *h'o'*, . . . eingebohrt, und, wie es die Figur andeutet, paarweise durch dicke, an beiden Enden hakenförmig herabgebogene Kupferdrähte mit einander verbunden. Diese Löcher werden mit Quecksilber gefüllt. Statt sie durch Drähte zu verbinden, könnte es auch durch Rinnen geschehen, die in das Holz eingeschnitten und, wie die Löcher, mit Quecksilber gefüllt wären. Diese, wohl an ähnlichen Instrumenten angebrachte Einrichtung ist jedoch nicht so zweckmäßig; denn einerseits schwabbert das Quecksilber leicht über, wenn das Instrument in Richtung der Rinnen einmal gestoßen oder etwas plötzlich geneigt wird, und andererseits ist man dann nicht mehr im Stande, die Verbindung eines oder des anderen Paares gegenüberstehender Löcher zu unterbrechen, was in gewissen Fällen wünschenswerth seyn kann, und sich bei der Drahtverbindung leicht bewerkstelligen läßt. Will man übrigens durchaus Rinnen einschneiden, was jedoch immer, wenigstens für den Physiker, die Anfertigung des Instruments erschwert, so ist es gut, diese etwas breit und tief zu machen, und dann durch Eisenstücke von gleichen Dimensionen wieder auszufüllen, wie es bei *d* (Fig. 7 Taf. II) in einem Querschnitt des Instruments angegeben ist. So verliert man nichts an Leitung, beugt dem Schaukeln des Quecksilbers vor, und schützt dasselbe zugleich vor der Verunreinigung, welche die stete Eintauchung der Kupferdrähte nothwendig mit sich bringt.

Endlich ist die Unterlage, um das beim Gebrauch

des Instruments in Tröpfchen aus den Löchern gerissene Quecksilber am Herunterfallen zu hindern, von einem erhöhten Rand aus Holz oder Pappe eingefasst. Mittelst eines Pinsels lassen sich dann diese Tröpfchen nach jedemaligem Gebrauch leicht wieder in die Löcher zurückfegen.

Neben der Unterlage befindet sich die zu ladende Batterie *BB*, deren Platten in einen, dem früher (Ann. Bd. 52 S. 509) beschriebenen ähnlichen, Plattenhalter eingespannt sind, und durch Klemmen und Drähte mit einer der Löcher-Reihen, z. B. der linken *h'o'*, *h'o'*, . . . in Verbindung stehen. Damit die Verbindungsdrähte möglichst kurz seyen, hat man die Unterlage durch ein Stativ oder durch Holzklötze in gleiche Höhe mit dem oberen Theil der Platten, und diesem recht nahe zu bringen. Die Klemmen bestehen am besten aus cylindrischen oder parallelepipedischen Kupferstücken, die an einem Ende einen Längen-Einschnitt haben (um auf den oberen Theil der Platten gesteckt und durch eine seitwärts befindliche Schraube daran fest gedrückt werden zu können) ¹⁾, und am anderen Ende der Quere nach durchbohrt sind, um die Verbindungsdrähte aufzunehmen, die darin, nachdem man sie mit ihrem vorderen hakenförmigen Ende in die Löcher gesteckt hat, von oben her durch Schrauben befestigt werden. Haben die Hölzer des Plattenhalters die richtige Breite, d. h. eine solche, daß sie einen gewissen aliquoten Theil von der Breite der Zellen oder Tröge ausmacht, was nöthig ist, damit die eingespannten Platten sämmtlich unbehindert paarweise in die Zellen hinabgehen, so läßt diese ganze Einrichtung, die überhaupt auf alle Volta'sche Säulen mit geraden Platten anwendbar ist, an Bequemlichkeit und Zweckmäßigkeit nichts zu wünschen übrig.

1) Wenn es, wie hier, Platinplatten sind, die man fest zu klemmen hat, und, wenn man diese schonen will, so ist es nöthig, sie durch ein mit in den Einschnitt eingeschobenenes Stückchen Kupfer- oder Eisenblech vor dem Eindruck der Schraube zu schützen.

Auf die Unterlage kommt nun die eigentliche *Wippe* zu stehen, ein Holzstück von $\frac{1}{3}$ Zoll Par. Dicke, $1\frac{1}{2}$ Zoll Breite und gleicher Länge wie die Unterlage. Durch den mittleren Theil desselben gehen zwei stumpf zugespitzte Stifte *bb* (Fig. 6, 7, 8 Taf. I) welche zweien Vertiefungen *aa* in der Unterlage entsprechen; und an jeder Seite hat es eine Reihe Haken, deren Form nach dem Zweck des Instruments verschieden ist. Mittelt jener Stifte stützt sich die Wippe auf die Unterlage, in der Weise, daß sie entweder nach der einen oder nach der andern Seite neigt, also entweder mit der einen oder mit der andern Reihe von Haken in die darunter befindlichen Quecksilberlöcher taucht. Damit die Haken nicht zu tief einsinken, und damit man, wenn man die Wippe aus der einen Lage in die andere bringt, einen festen hörbaren Anschlag habe, ist es gut, sie an jedem Ende noch mit zwei gerade auslaufenden Stiften zu versehen, welche, wenn ihre Neigung nach der einen oder anderen Seite eine gewisse Gröfse erreicht hat, die Unterlage berühren. Jene Spitzen, und abwechselnd das eine oder das andere Paar dieser seitwärts auslaufenden Stifte, bilden also die Stützpunkte der Wippe.

Was die zur Eintauchung in das Quecksilber bestimmten Haken betrifft, so haben sie, wenn das Instrument zur Ladung einer secundären Säule dienen soll, die in Fig. 6 Taf. I abgebildete Einrichtung, wobei indeß zu bemerken, daß die Zeichnung, weil sie nur eine Horizontal-Projection ist, den herabgebogenen Theil der Haken nicht darstellt.

Die Haken bestehen aus Kupferdrähten von angemessener Dicke; sie gehen durch eingestochene Löcher von der Oberseite des Holzes zur Unterseite, und sind an dieser dem Zwecke gemäß umgebogen. An der rechten Seite sind, von oben gezählt, der 1^{te}, 3^{te}, 5^{te} und 7^{te} Haken mit dem Drahte *Z*, und der 2^{te}, 4^{te}, 6^{te} und 8^{te} mit dem Drahte *P* verbunden; an der linken Seite dagegen stehen der 2^{te} und 3^{te}, der 4^{te} und 5^{te}, der 6^{te} und

7^{te} mit einander in Verbindung, und die Haken an den Enden laufen in *O* und *H* aus.

Soll das Instrument gebraucht werden, so setzt man zuvörderst die Wippe mit ihren Stiften *bb* in die Vertiefungen *aa* der Unterlage, verbindet darauf die Enden *Z* und *P* durch angesetzte Drähte mit der primären Kette, z. B. einer Grove'schen, in der Weise, daß *Z* zum Zink- und *P* zum Platin führt, und verknüpft auf ähnliche Weise *O* und *H* mit einem Voltameter.

Legt man die Wippe nun anfänglich so, daß die Haken *ho*, *ho*, . . . in die Löcher *ho*, *ho*, . . . tauchen, so ist die Ladungsbatterie mit der primären Kette verbunden, und, wenn ihre Zellen mit einer leitenden Flüssigkeit, z. B. mit verdünnter Schwefelsäure ¹⁾, gefüllt sind, empfangen, wie leicht zu ersehen, die mit den Löchern *h* verknüpften Platten Wasserstoff, und die anderen Sauerstoff.

Schlägt man hierauf die Wippe um, so daß die Haken *h'o'*, *h'o'*, . . . in die ähnlich bezeichneten Löcher tauchen, so wird die Verbindung der Platten mit der primären Kette aufgehoben, und sie werden dafür nach dem Princip der Säule unter sich und zugleich mit dem Voltameter verbunden. In Folge hievon tritt nun die Entladung der Batterie ein, die sich durch die im Voltameter bewirkte Wasserzersetzung sehr augenfällig zu erkennen giebt. Um diesen Proceß zu unterhalten, hat man nur die Wippe andauernd hin- und herzuführen, und das geschieht mit einem Finger, den man auf oder an das obere Ende eines der Stifte *b* setzt, sehr bequem, erforderlichenfalls leicht 3- bis 400 Mal in einer Minute.

Ein wesentlicher Punkt, auf den man wohl zu achten hat, ist der, daß immer die eine Hakenreihe ausgehoben

1) Die verdünnte Schwefelsäure, die zu allen hier beschriebenen Versuchen angewandt ward, enthielt 0,1 ihres Gewichts an englischem Vitriolöl.

sey, wenn die andere eingetaucht wird, niemals also beide zugleich das Quecksilber der respectiven Lücherreihen berühren; denn, wenn dieses geschieht, geht ein großer Theil der Wirkung verloren, ja, bei raschem Gange der Wippe, so gut wie alle. Man muß also darauf sehen, daß die Stifte *b*, *b* die gehörige Länge haben und die Löcher nicht zu viel Quecksilber enthalten; dann kann der bezeichnete Uebelstand nicht eintreten. Andererseits darf man aber in der Verlängerung der Stifte und Verminderung des Quecksilbers auch nicht zu weit gehen; denn sonst verstreicht zwischen dem Ausheben der einen Hakenreihe und dem Eintauchen der andern zu viel Zeit, und das schwächt die Wirkung ebenfalls. Indefs scheint dieser letztere Umstand nicht so nachtheilhaftig zu seyn, als die gleichzeitige Eintauchung beider Hakenreihen.

Man hat übrigens hiebei noch zu erwägen, daß die Haken, besonders wenn sie von Kupfer sind, beim raschen Spiele der Wippe, das Quecksilber immer etwas mit in die Höhe ziehen, und daß daher bei einer solchen raschen Bewegung noch eine gleichzeitige Berührung beider Hakenreihen mit dem Quecksilber möglich ist, wenn sie bei ganz langsamer Umwendung der Wippe schon verhindert zu seyn scheint. Wenn endlich die Vertiefungen *a*, *a*, welche die Spitzen der Stifte *b*, *b* aufnehmen, nur einfach in die hölzerne Unterlage eingebohrt sind, wie es bei meinem Instrumente der Fall ist, das ich selbst angefertigt habe, so laufen sie sich durch längeren Gebrauch der Wippe aus, und man hat daher die Stifte von Zeit zu Zeit durch einen Schlag von oben etwas zu verlängern. Besser ist es, die Vertiefungen *a*, *a* durch konische Pfannen von Eisen ersetzen zu lassen, wodurch zugleich die Beweglichkeit der Wippe erhöht wird. Versieht man überdies die Stifte mit Schraubengewinde und Knopf, wie es in *b*, Fig. 7 Taf. II, angegeben ist, so kann man ihnen auch mit Bequemlichkeit die rechte Länge für die Höhe der Wippe geben.

Bei der eben beschriebenen Einrichtung wurden die Haken Enden *Z, P, H, O* mittelst der bekannten Schraubenklemmen (Ann. Bd. XXXIX S. 39 zweite Figur) durch Drähte mit respective der primären Kette und dem Voltmeter verbunden. Es war dieß die ältere Einrichtung meines Instruments. Ich bin später zu einer anderen übergegangen, die jedenfalls den Vorzug besitzt. Wenn nämlich die erwähnten Verbindungsdrähte etwas dick sind, und man muß sie bisweilen etwas dick nehmen, um die Leitung nicht zu schwächen, so hindern sie das Spiel der Wippe, indem sie derselben durch ihre Steifigkeit keinen freien Fall mehr gestatten.

Um diesen Uebelstand zu entfernen, trenne ich jetzt die Wippe ganz von den Verbindungsdrähten. Ich biege nämlich die Enden *Z, P, H, O* zu Haken um, ähnlich den Haken *h, o, h', o'*, und lasse sie in mit Quecksilber gefüllte Löcher greifen, welche an den Enden der beiden Löcher-Reihen *h o* und *h' o'* eingebohrt sind. Diese vier hinzugefügten Löcher werden nicht, wie die übrigen, paarweise durch Drähte verbunden, sondern isolirt gelassen; es wird aber in jedes derselben ein etwa zwei Zoll langer kupferner Stift eingeschlagen, an welchen durch eine Schraubenklemme der Verbindungsdraht befestigt wird, der früher an dem jetzt in dasselbe Loch tauchenden Haken-Ende saß. Auf diese Weise kann man die Verbindungsdrähte beliebig dick nehmen, ohne das Spiel der Wippe zu behelligen; auch läßt sich die Wippe leicht ausheben, und erforderlichenfalls gegen eine andere vertauschen, ohne daß man irgend etwas an der Drahtverbindung zu ändern braucht.

Dieß gilt nicht bloß für die eben beschriebene Wippe, sondern auch für alle folgenden, die sämmtlich in den Figuren noch nach der älteren Einrichtung gezeichnet sind.

II.

Ich benutze diese Gelegenheit, um noch einige Bemerkungen über die secundäre Batterie mitzutheilen.

Als ich früher (Ann. Bd. LX S. 572) die Wirkung einer solchen, mittelst der Wippe geladenen Batterie beschrieb, versäumte ich anzugeben, daß die dabei benutzten Platinplatten platinirt waren. Diels ist nicht zu übersehen. Zwar giebt das Platin schon im blanken Zustande eine stärkere Wirkung als alle übrigen Metalle; allein um so kräftige Wirkungen als die beschriebenen zu geben, ist durchaus erforderlich, daß es platinirt, d. h. mit einem Ueberzug von höchst zertheiltem Platin bekleidet worden sey ¹⁾.

- 1) Das Platiniren der Platinplatten, welches zuerst von Hrn. Alfred Smee angewandt (*Ann. of Philosophy*, 1840, *Vol. XVI* p. 315) und später von Hrn. Grove bei seiner Gasbatterie benutzt worden ist, geschieht, indem man die Platinplatten in eine Lösung von Platinchlorid stellt und mit einer Volta'schen Kette verbindet. Diejenige Platte, die mit dem Zink der Kette verknüpft ist, bekleidet sich dann mit einem Ueberzug von äußerst fein zertheiltem Platin. Dieser Ueberzug sitzt indeß nur locker auf den Platten, und man hat daher dieselben mit Vorsicht zu behandeln; man darf sie nicht abwischen oder abtrocknen, sondern nur mit Wasser abspülen. Ich habe sogar gefunden, daß der Ueberzug von selbst abspringt (wenigstens, wenn man unterlassen hat, die Platten vorher mit Salpetersäure abzukochen, und, nach Abspülung, ungetrocknet in die Platinlösung zu stellen), sobald er durch längere Einwirkung des Stroms eine zu große Dicke bekommen hat. Er zeigt dann etwas Zusammenhang, und, an der der Platte zugewandt gewesenen Seite, auch Metallglanz. Ich wende zum Platiniren gewöhnlich eine kleine Batterie von zwei Grove'schen Bechern an, und lasse dieselbe fünf Minuten wirken. Um einen gleichförmigen Ueberzug zu erhalten, ist es nöthig, daß die positive oder die mit dem Platin der Batterie verbundene Platte eben so groß sey als die negative, auf welche sich der Ueberzug niederschlägt; auch muß sie dieser gerade gegenüberstehen. Es ist natürlich vorzugsweise die der positiven Platte zugewandte Seite der negativen, die sich mit Platin bekleidet; will man also letztere Platte auf beiden Seiten gleich stark platinirt haben, so muß man sie nach fünf Minuten umwenden und den Proceß wiederholen. Ich fürchtete anfangs, daß die positive Platinplatte eine

Dieses liegt nicht etwa daran, daß platinirtes Platin stärker polarisirt würde als blankes; im Gegentheil erfährt letzteres durch einen primären Strom von gleicher Stärke eine stärkere Polarisation als ersteres; ja Eisen in Lösung von Aetzkali oder kohlensaurem Natron wird noch stärker polarisirt als blankes Platin in verdünnter Schwefelsäure, und dennoch giebt eine damit construirte secundäre Säule nur eine höchst unbedeutende Wirkung.

Diese, in mancher Beziehung auffallende Erscheinung hat ihren Grund darin, daß die Stärke des secundären Stromes, außer dem Widerstand in seiner Bahn, von zwei Umständen bedingt wird, nämlich von der ursprünglichen GröÙe der elektromotorischen Kraft und von deren Beständigkeit. Jene ursprüngliche GröÙe der Kraft erhalten die Platten durch die Polarisation, und sie äußert sich schon, während die Platten polarisirt werden, durch ihre Rückwirkung gegen den primären Strom. So wie aber diese Kraft, nach Trennung der Platten von der primären Kette und gehöriger Verbindung derselben unter sich, zur freien Thätigkeit kommt, ruft sie an den Platten eine Polarisation in entgegengesetzter Richtung hervor, und diese muß unterdrückt oder mindestens geschwächt werden, wenn ein kräftiger Strom entstehen soll. Mit anderen Worten, um eine secundäre Batterie von großer Wirksamkeit zu erhalten, muß sie so beschaffen seyn, daß der Wasserstoff, welchen ihr Strom

Auflösung erleiden würde, wie es bekanntlich der Fall ist mit einer Goldplatte in Goldlösung, einer Silberplatte in Silberlösung, einer Kupferplatte in Kupferlösung u. s. w. (zu großem Nutzen für technische Zwecke, da hiedurch die genannten Auflösungen dasjenige von der einen Platte aufnehmen, was sie an die andere verlieren, und sich somit in unverändertem Zustand erhalten). Allein meine Befürchtung erwies sich ungegründet. Das durch den Strom zur positiven Platte geführte Chlor entwickelte sich daselbst gasförmig, ohne die Platte, wenigstens erheblich, anzugreifen. Dagegen zeigte sich die negative Platte, nach Befreiung von ihrem Ueberzuge, da, wo die Gränze der Lösung gewesen, immer etwas matt.

an denjenigen Platten zu entwickeln sucht, die mit dem Platin der primären Kette verbunden waren, und demgemäß Sauerstoff empfangen, fortgenommen oder an seiner Entbindung gehindert werde.

Dies eben geschieht durch das Platiniren, indem jener Ueberzug, vermöge der bekannten Eigenschaft des fein zertheilten Platins, den Wasserstoff, welchen der secundäre Strom an den negativen Platten zu entwickeln sucht, in seinem Entstehungs Augenblick mit dem Sauerstoff, den der primäre Strom daselbst entbunden hatte, zu Wasser vereinigt. Blankes Platin, besonders wenn es zuvor durch Kochen mit Salpetersäure und nachheriges Abspülen in Wasser, ohne Trocknen, wohl gereinigt worden, besitzt zwar auch diese Eigenschaft, aber lange nicht in dem Grade, und daher ist eine aus diesem Material construirte secundäre Batterie auch bei weitem nicht so wirksam wie eine aus platinirtem Platin.

Es ist jedoch, selbst im Fall die Platten den Querschnitt ihrer Zellen nicht ganz ausfüllen, nicht gerade nothwendig beide Seiten der Platten zu platiniren; es genügt schon, daß die einander zugewandten Seiten der Platten mit Platinpulver überzogen worden seyen. Der Proceß braucht sogar nur mit einer der Platten eines jeden Paares vorgenommen zu werden, nämlich mit der, an welcher der secundäre Strom Wasserstoff zu entwickeln sucht, und der primäre Sauerstoff entwickelt hatte.

Nachstehender Vergleich mag einen Begriff geben von der Verschiedenheit der Wirkungen, die man in den vier hier möglichen Fällen bekommt. Aus Platinplatten, die 1 Zoll breit waren, und 1,5 Zoll tief in verdünnte Schwefelsäure tauchten, wurden vier kleine Batterien gebildet, jede von zwei Paaren. Bei der ersten waren sämmtliche Platten blank, bei der zweiten nur diejenigen blank, an denen der primäre Strom Sauerstoff, der secundäre also Wasserstoff zu entwickeln hatte, die übrigen platinirt; bei der dritten die letzteren blank und die

ersteren platinirt, bei der vierten endlich alle Platten platinirt.

Fünf Minuten lang mit einer kleinen Grove'schen Kette und der Wippe verbunden, lieferte No. 1 etwas mehr als ein Kbcmt. Knallgas im Voltameter, No. 2 ungefähr anderthalb, No. 3 dagegen dreizehn bis vierzehn Kbcmt., und No. 4 eben so viel.

Diese Resultate sind, was die Ketten No. 3 und 4 betrifft, bedeutend gröfser als die früher (Ann. Bd. LX S. 573) angegeben. Ich schreibe dies dem Umstand zu, dafs hier die gleichzeitige Eintauchung beider Hakenreihen möglichst vermieden war. Ich mufs indess bemerken, dafs ich zuweilen, bei gleicher Geschwindigkeit der Wippe, beträchtlich geringere Wirkungen erhalten habe, ohne einen Grund dafür auffinden zu können. Auch hat mir mitunter die Batterie No. 4 eine stärkere Wirkung gegeben als No. 3, während zu anderen Zeiten die Wirkungen beider gleich waren, und manchmal sogar die von No. 3 ein wenig das Uebergewicht hatte über die von No. 4. Aus dem Gesamteresultat der vielen Vergleiche, die ich in dieser Hinsicht machte, glaube ich jedoch schliessen zu dürfen, dafs die Platinirung der positiven Platten der Batterie (die, an denen der primäre Strom Wasserstoff entwickelt) keinen Vortheil bringt, und dafs man unzweifelhaft mit Batterien von der Kleinheit wie die No. 3 und No. 4 dreizehn Kubikcentimeter Knallgas in fünf Minuten erhalten kann.

Der pulverförmige Niederschlag, welcher sich hier so wirksam zeigt, besitzt, so wie er durch Wirkung eines galvanischen Stroms aus Platinlösung auf Platinplatten abgelagert wird, eine kohlschwarze Farbe. Er ist offenbar nichts als metallisches Platin im Zustande höchster Zertheilung, identisch mit dem *Platinmohr* der Chemiker. Wenn man die damit überzogenen Platten über der Flamme einer Weingeistlampe glüht, so verwandelt sich die schwarze Farbe derselben in eine graue, ähnlich

der des *Platinschwamms*, mit dem auch wohl jetzt der Ueberzug einerlei seyn möchte. In diesem, offenbar dichterem, Zustande ist er lange nicht mehr so wirksam als in dem schwarzen.

Den Beweis dazu liefert folgender Versuch. Zwei Plattenpaare, jedes Paar aus einer grauen und einer schwarzen Platinplatte bestehend, wurden zu einer Batterie zusammengesetzt, und, durch Vermittlung der Wippe, mit einer einfachen Grove'schen Kette verknüpft, in der Weise, daß diese bei einem Versuch den Sauerstoff an den grauen, und bei einem andern an den schwarzen Platten entwickeln mußte. Als nun die Wippe fünf Minuten lang mit derselben Geschwindigkeit wie bei den früheren Versuchen bewegt wurde (etwa 300 Mal in der Minute), erhielt ich, in dem in den Kreis der secundären Batterie eingeschalteten Voltameter, in dem ersten Fall 9 und in dem letzten $13\frac{1}{2}$ Kbcmt. Knallgas. Die grauen Platinplatten sind also, als negative Elemente der secundären Batterie angewandt, zwar wirksamer als die blanken, aber doch lange nicht so wirksam als die schwarzen.

Die angeführten Versuche zeigen genügend, daß es hauptsächlich darauf ankommt, die negative Platten, oder die, an welchen der secundäre Strom Wasserstoff zu entwickeln sucht, platinirt zu haben. Aus diesem Grunde, glaubte ich, würde man einen kräftigen Strom bekommen, wenn man die secundäre Batterie, statt aus lauter platinirten Platinplatten zu bilden, aus diesen und amalgamirten Zinkplatten zusammensetzte. Ich construirte demnach eine solche Batterie aus zwei Plattenpaaren, in verdünnte Schwefelsäure gestellt, und verband sie, mittelst der Wippe, mit einer einfachen Grove'schen Kette, in der Art, daß diese den Sauerstoff an den Platinplatten entwickeln mußte.

Die hier als secundär betrachtete Batterie ist eigentlich eine primäre, da sie schon für sich einen Strom ent-

wickelt. Indefs ist ihr Strom nur schwach oder wird es wenigstens sehr bald. Als ich die Wippe fünf Minuten in der Lage ruhen liefs, dafs diese Batterie geschlossen war, entwickelte sie im Voltameter kaum ein Sechstel Kubikcentimeter Gas. Ich setzte nun die Wippe eben so lange in Bewegung. Es entwickelten sich $4\frac{1}{2}$ bis 5 Kubikcentimeter Gas. Man sieht, die Wirkung ist zwar nicht unbedeutend, aber doch merklich geringer als die, welche eine gleich grofse Batterie aus lauter schwarz platinirten Platinplatten liefert. Diefs könnte zu den Schlufs verleiten, eine mit Wasserstoff bekleidete Platinplatte sey ein positiveres Element als eine amalgamirte Zinkplatte; allein das ist doch nicht der Fall. Als ich ein einzelnes Paar von platinirtem Platin und amalgamirtem Zink, in verdünnte Schwefelsäure gestellt, eine Zeit lang mit einer einfachen Grove'schen Kette so verbunden hielt, dafs diese den Wasserstoff am Platin entwickeln mußte, und darauf durch Umlegung der Wippe das Paar rasch für sich schlofs, erwies sich mittelst des zugleich eingeschalteten Galvanometers das Zink immer positiv gegen das Platin. Vielleicht rührt die Erscheinung gerade eben von dieser gröfseren Positivität des Zinks her, indem nämlich dadurch mehr Wasserstoff zum Platin geführt werden mochte, als dieses mittelst seines Ueberzugs mit dem an ihm von der primären Kette entwickelten Sauerstoff zu verbinden im Stande war, wodurch denn das Platin nicht vollständig depolarisirt seyn würde.

Wie dem auch seyn mag, so erhellt doch aus Obigem, dafs die zuletzt untersuchte Combination nicht empfehlenswerth ist zur Errichtung einer secundären Batterie, es sey denn in öconomischer Hinsicht, da dabei die Hälfte der Platinplatten gespart wird. Allein in dieser Beziehung ist es doch vortheilhafter, Platten von Bunsen'scher *Kohle* anzuwenden, falls man sie haben kann. Eine Batterie aus zwei Paaren solcher Platten von 1 Zoll Breite, $1\frac{1}{2}$ Zoll tief in verdünnte Schwefelsäure ge-

taucht, gab mir innerhalb fünf Minuten 8 Kbcmt. Knallgas im Voltameter. Ich zweifle nicht, daß größere Kohlenplatten, in größerer Anzahl genommen, eine recht ansehnliche Wirkung geben würden.

In meinem früheren Aufsatz habe ich bereits beiläufig bemerkt, daß die neuerdings von Hrn. Grove construirte Gas-Batterie (Annalen, Bd. LX S. 569) im Wesentlichen nichts anderes ist als eine secundäre Batterie. Sie verdankt, gleich der letzteren, ihre Wirksamkeit der Bekleidung ihrer Platten mit respective Sauerstoff und Wasserstoff, und der Unterschied zwischen beiden besteht alleinig in der Art, wie den Platten die Gase zugeführt werden. Bei der secundären Batterie werden diese Gase an den Platten selbst entwickelt; bei der sogenannten Gas-Batterie dagegen werden sie zuvor, außerhalb der Batterie, entweder chemisch oder elektrolytisch entbunden und dann erst mit den Platten in Berührung gesetzt. Diese letztere Bekleidungsweise der Platten ist aber, wie ich in einem späteren Aufsatze noch ausführlicher darthun werde, viel unvollkommener als die erstere, und daher giebt denn auch eine Grove'sche Gas-Batterie bei weitem nicht die Wirkung, welche mittelst der Wippe von einer secundären Batterie erhalten wird.

Ich will dies durch ein Beispiel belegen. In einem neueren Aufsatz über die sogenannte Gas-Batterie ¹⁾ sagt Hr. Grove unter anderem, daß ihm eine solche Batterie von zehn Zellen innerhalb 36 Stunden 2,1 engl. Kubikzoll Knallgas im Voltameter geliefert habe. Dies macht auf die Stunde 0,956 Kubikcentimeter.

Die vorhin erwähnte secundäre Batterie von nur zwei Paaren platinirter Platinplatten lieferte innerhalb fünf Minuten 13 Kbcmt. Knallgas. Dies macht auf die Stunde

1) *On the gas voltaic battery etc. Phil. Transact. 1843, pt. II p. 91.* — Ich werde in der Folge noch einen Auszug von dieser Abhandlung mittheilen. P.

156 Kbctm., also das 163fache der Menge, welche die Gas-Batterie in derselben Zeit lieferte.

Gewiß ist dieser Vorsprung der secundären Batterie schon außerordentlich; aber noch auffallender stellt er sich, wenn man erwägt, daß die Platten dieser nicht bloß der Zahl nach fünf Mal geringer waren, sondern auch an Größe wenigstens zwei bis drittehalb Mal nachstanden, und daß überdies ihre Wirkung nur eine intermittirende war, die mit ihnen erhaltene Gasmenge in Wahrheit innerhalb noch nicht ganz der Hälfte der angegebenen Zeit entbunden ward.

Dennoch lehrt schon ein roher Ueberschlag, daß die beobachtete Wirkung der secundären Batterie weit unterhalb derjenigen bleibt, welche man der Theorie nach zu erwarten berechtigt wäre. Es beträgt nämlich die elektromotorische Kraft, welche den Platinplatten der secundären Batterie vermöge ihrer Polarisation durch die einfache Grove'sche Kette eingeprägt wird, mindestens fünf Sechstel von der Kraft dieser letzteren. Hiernach stände zu erwarten, daß, bei gleicher Anzahl, Größe und gegenseitiger Entfernung der Platten, eine secundäre Platin-Batterie ungefähr fünf Sechstel von der Wirkung einer Grove'schen Batterie (d. h. einer aus Zink, in Schwefelsäure, und Platin, in Salpetersäure) thun würde; allein dies ist lange, lange nicht der Fall. Eine Grove'sche Batterie von zwei Plattenpaaren, von gleichen Dimensionen wie die der zuvor angewandten secundären Batterie, würde innerhalb fünf Minuten etwa 100 Kbctm. Knallgas liefern, also mehr als 7 Mal so viel wie letztere. Zwar ist der Widerstand in beiden Batterien nicht gleich; er ist in der Grove'schen, wegen der Salpetersäure, geringer; auch hat die secundäre Batterie, als eine intermittirend wirkende, nicht 13, sondern in der That mehr als 26 Kbctm. Gas innerhalb fünf Minuten geliefert. Allein, auch diese beiden Umstände in Erwägung gezogen, bleibt noch für die Wirkung der secundären Batterie ein außerordentlicher Ausfall.

Woher nun dieser grofse Kraftverlust? — Ich will nicht gerade mit aller Bestimmtheit hierüber entscheiden; allein es scheint mir doch keine andere Erklärung nöthig zu seyn als die, durch welche ich am Anfange dieses Abschnitts begreiflich zu machen suchte, weshalb überhaupt die Stärke secundärer Ströme, bei gleichem Widerstande, nicht der ursprünglichen Gröfse ihrer elektromotorischen Kraft entspricht.

Jeder elektrische Strom, welcher eine Flüssigkeit durchläuft und sie dabei zersetzt, sucht durch Anhäufung der ausgeschiedenen Stoffe an den Platten eine sogenannte Polarisation zu bewirken, und er ist daher, bei unverändertem Werth der ursprünglichen elektromotorischen Kraft und des Widerstandes, nur constant, wenn eine zweite Kraft hinzutritt, welche diese Polarisation entweder völlig aufhebt, oder in einer bestimmten Gröfse erhält. Bei den sogenannten constanten Ketten liegt diese zweite Kraft in der Flüssigkeit, welche die negative Platte umgiebt, in der Salpetersäure, Chromsäure, Kupferlösung u. s. w.; bei den mit Platin construirten secundären Batterien liegt sie in der Eigenschaft dieses Metalls, Wasserstoff mit Sauerstoff zu vereinigen.

Offenbar ist aber diese zweite Kraft ganz unabhängig von der ersten, der stromerregenden Kraft. Sie steht hinsichtlich ihrer Stärke durchaus in keiner Beziehung zu ihr, und es fragt sich daher, ob sie unter allen Umständen eine solche Gröfse besitze, dafs sie dieser angemessen sey. Bei Flüssigkeiten, wie Salpetersäure, Chromsäure, Kupferlösung u. s. w., die in den sogenannten constanten Ketten durch eine rein chemische Wirkung das Auftreten des Wasserstoffs an der negativen Platte verhindern, und somit die Polarisation unterdrücken, läfst sich wohl annehmen, dafs sie diese Function für jede Stärke des Stroms in vollem Maafse verrichten. Allein beim Platin, das den Wasserstoff nicht selber bindet, sondern nur dessen Vereinigung mit Sauerstoff vermittelt, ist es anders. Wir sehen hier die depolarisirende

Kraft bei den schwarz platinirten Platten gröfser als bei den grauen, und bei diesen gröfser als bei den blanken. Man kann daher wohl fragen, ob sie denn auch bei den ersteren Platten so grofs sey, um jede durch den Strom entwickelte Menge Wasserstoff im Entstehungs Augenblick wieder mit Sauerstoff zu verbinden. Wenn diefs nicht der Fall ist, wenn ein Ueberschufs an Wasserstoff bleibt, so mufs der Strom nothwendig geschwächt werden, unterhalb der Stärke bleiben, die er vermöge der ursprünglichen elektromotorischen Kraft und dem vorhandenen Widerstande annehmen könnte.

Diefs, glaube ich, ist wirklich der Fall. Dafür scheint mir eine Beobachtung zu sprechen, die man an jedem polarisirten Platinpaar machen kann, am besten jedoch an einer Grove'schen Gas-Kette, da bei dieser die Gase, welche die Platten umgeben, eingeschlossen sind, und sich also von einem Entweichen derselben etwanige Veränderungen der Stromstärke nicht herleiten lassen.

Bei einer solchen Gaskette, deren Platten schwarz platinirt waren, habe ich nun oft bemerkt, dafs wenn man sie durch einen Draht von grofsem Widerstande schliesst und demgemäfs ihren Strom sehr schwächt, dieser Strom Stunden lang eine vollkommene Constanz besitzt, dafs er dagegen rasch abnimmt, sobald man ihn durch Verringerung des Widerstandes auf eine beträchtliche Stärke gebracht hat ¹⁾. Man ist dann genöthigt die Kette zu öffnen und längere Zeit ungeöffnet stehen zu lassen, um die anfängliche Stromstärke wieder zu erhalten.

Diese Constanz bei schwachem, und Inconstanz bei starkem Strom scheint mir ganz ungezwungen zu dem Schlusse zu führen, dafs das platinirte Platin innerhalb einer gewissen Zeit nur eine gewisse Menge Wasserstoff

1) Hienach ist die Angabe von Matteucci über die Constanz des Stroms der Gaskette (*Compt. rend. T. XVI p. 846*) zu berichtigen.

mit Sauerstoff zu vereinigen im Stande ist. Und wenn man dieses zugiebt, ist auch erklärlich, weshalb die Stärke des mittelst der Wippe erhaltenen secundären Stroms viel geringer ist als sie nach der Theorie seyn sollte.

Ich habe einen Versuch gemacht, den vorausgesetzten Mangel in der depolarisirenden Eigenschaft des Platins zu ergänzen. Ich habe nämlich diejenigen Platten der secundären Batterie, welche von der primären Kette Sauerstoff empfangen, in Thonkasten gestellt, die Salpetersäure von 1,3 spec. Gew. enthielten, und, zur Aufnahme der andern Platten, mit verdünnter Schwefelsäure umgeben waren. Ich habe indess keinen Nutzen von dieser Anordnung gesehen. Die Platinplatten, welche blank waren, gaben keine grössere Wirkung als früher ohne Salpetersäure. Ich bin bisjetzt verhindert worden, diese Versuche fortzusetzen und andere secundäre Batterien mit zwei Flüssigkeiten zu construiren.

Eben so wenig Nutzen habe ich von der Anwendung concentrirter Salzsäure gesehen. Ich erwartete eine grosse Wirkung, da diese Säure durch den Strom der polarisirenden Kette in Chlor und Wasserstoff zerlegt wird. Allein die Wirkung war unvergleichlich schwächer als bei Füllung der Tröge mit verdünnter Schwefelsäure, besonders wenn das Chlor an platinirten und der Wasserstoff an blanken Platinplatten entwickelt wurde. Auch war die Wirkung träge; denn ein langsames Umlegen der Wippe hatte, abgesehen von der dazu erforderlichen Zeit, sichtlich eine grössere Wirkung als ein schnelles. Bei einzelnen Umlegungen der Wippe zeigte sich deutlich, daß die Gasentbindung im Voltameter immer erst einige Zeit nach dem Moment der Schließung der secundären Batterie ihr Maximum erreichte. Als der Apparat auseinandergenommen wurde, erwies sich das Platin bedeutend angegriffen, in dem Grade, daß wenn der primäre Strom das Chlor an den platinirten Platten entwickelt hatte, diese von ihrem schwarzen Ueberzug

gänzlich befreit waren. Offenbar lag hierin der Grund der schwachen Wirkung, denn allemal, wenn das Metall angegriffen wird, ist die Polarisation schwach, wenigstens bei einem Strom von geringer Stärke und kurzer Dauer.

Was ich hier so eben von der Trägheit der Wirkung gesagt habe, zeigt sich, in geringerem Grade, auch bei Anwendung verdünnter Schwefelsäure, also bei Bekleidung der Platten mit Sauer und Wasserstoff. Die Vereinigung der vom primären Strom entwickelten Gase mit denen, welche der secundäre erzeugt, erfolgt am Platin, auch wenn es platinirt ist, offenbar nicht nur nicht vollständig, sondern auch nicht ganz momentan, und darin liegt sicher mit ein Grund, weshalb die Wirkung der secundären Batterie unterhalb derjenigen bleibt, die man theoretisch zu erwarten berechtigt ist.

Schließlich will ich noch ein Paar mit dem Gegenstande dieses Abschnitts zusammenhängende Beobachtungen mittheilen.

Die erste ist die, daß die Wirkung der secundären Batterie, nämlich die Wasserzersetzung im Voltameter, oft nicht augenblicklich mit dem Beginn des Spiels der Wippe eintritt, sondern erst nach einigen Secunden. Wenn alle Platten aus platinirtem Platin bestanden, habe ich dieß wohl nicht beobachtet; aber merklich war es schon, wenn ich zu denjenigen Platten, welche von der primären Kette Wasserstoff empfangen, blankes Platin genommen hatte, und recht auffallend trat es hervor, wenn dieselben aus blankem Kupfer bestanden. Bei dieser Combination aus blankem Kupfer und platinirtem Platin, die überhaupt nur eine schwache Wirkung giebt, mußte die Wippe wohl 10 Secunden lang bewegt werden, ehe Bläschen in merklicher Menge an den Platten des Voltameters austraten. Das war nicht bloß beim ersten Versuch der Fall, wo man glauben könnte, es haftete den Kupferplatten eine dünne Luft- oder Schmutzschicht an,

sondern zeigte sich auch zu Anfange eines jeden folgenden Versuches. Es scheint demnach als müßten die Platten sich erst an den raschen Wechsel der Stromesrichtung gewöhnen.

Die zweite Thatsache besteht darin, daß wenn man blanke Platinplatten zu der secundären Batterie anwendet, und sie längere Zeit, die indess nicht über eine halbe Stunde zu gehen braucht, einem raschen Spiel der Wippe aussetzt, diejenigen Platten, welche hiebei von der primären Kette Wasserstoff empfangen, sich hernach mit einem braunen oder schwarzen Anflug bekleidet finden. Je länger das Spiel der Kette fortgesetzt wird, desto stärker wird dieser Ueberzug, und er zeigt sich, wenigstens wenn dieß Spiel nicht gar lange unterhalten wird, nur an den bezeichneten Platten, nicht an den andern.

Da bei dem Spiel der Wippe der primäre und der secundäre Strom rasch und in entgegengesetzter Richtung zwischen den Platten der Batterie mit einander wechseln, so könnte man vielleicht die erwähnte Erscheinung mit derjenigen identificiren, welche Hr. De la Rive bei den rasch hin- und hergehenden magneto-elektrischen Strömen beobachtet hat ¹⁾. Sie mag auch wohl gleichen Ursprungs mit dieser seyn, aber ganz identisch mit derselben ist sie doch nicht; denn auch in dem mit der secundären Batterie verbundenen Voltameter, wo der Strom zwar intermittirend durchgeht, aber seine Richtung nicht wechselt, habe ich diejenige Platte, an welcher sich der Wasserstoff entwickelt, nach längerer Zeit braun anlaufend gefunden. Ich möchte glauben, dieser Anflug, der übrigens in Salpetersäure unlöslich ist, und sich nur durch mechanische Mittel entfernen läßt, dadurch aber leicht, sey Platin, das in Folge der stoßweisen Wirkung des Stroms von der andern Platte gelöst und auf diese abgesetzt worden ist. Bekanntlich üben auch continuirliche

1) S. Annalen, Bd. XXXV S. 166 und 420 auch Bd. LII S. 521.

Ströme diese Wirkung aus, aber sie bedürfen dazu einer ungleich größeren Stärke.

III.

Die in Abschnitt I beschriebene Wippe gestattet noch einige andere Anwendungen, die für die nähere Kenntniss der Polarisation von Nutzen sind. Ich will daher die vorzüglichsten derselben hier mittheilen.

So zunächst läßt sich die Thatsache, daß der auf angegebene Weise erhaltene secundäre Strom eine größere elektromotorische Kraft als der ihn erzeugende primäre besitzt, eben so augenfällig wie durch die Wasserzersetzung mittelst des Galvanometers darthun. Es geschieht, indem man die beiden Ströme direct gegen einander wirken läßt.

Zu dem Ende verbindet man die Wippe mit der einfachen Grove'schen Kette, welche den primären Strom liefert, auf doppelte Weise, nämlich erstens in *Z* und *P* (Fig. 6 Taf. I), und dann in *H* und *O*, solchergestalt, daß *H* zum Zink und *O* zum Platin führt, wie es Fig. 3 Taf. II angiebt, wo durch *c*, *d*, *e*, *f* die erste, und durch *c'*, *d'*, *e'*, *f'* die zweite Drahtverbindung vorgestellt ist. Die letztere muß irgendwo ein Galvanometer eingeschaltet enthalten.

Wenn nun die Wippe aus der Lage, bei welcher die Haken *h*, *o*, . . . in die für sie bestimmten Quecksilberlöcher tauchen, und demgemäß die Platten polarisirt werden, in ihre zweite Lage gebracht wird, so wirkt der secundäre Strom dem primären entgegen, und die Galvanometernadel zeigt durch die Richtung ihres ersten Ausschlags sogleich unzweideutig, daß der secundäre Strom das Uebergewicht hat, mithin seine elektromotorische Kraft größer ist als die des primären. Diefes ist der Fall nicht bloß wenn die secundäre Batterie aus vier oder mehr Plattenpaaren besteht, sondern auch, wenn sie deren nur drei oder zwei enthält.

Es findet aber begreiflich nicht mehr statt, wenn man die Batterie auf ein einziges Plattenpaar reducirt hat, da, wenn ein solches durch eine einfache Kette polarisirt wird, der Strom der letzteren immer seine ursprüngliche Richtung behält und niemals ganz auf Null zurückkommt. Der Strom eines einzigen, durch eine Grove'sche Kette polarisirten Platinpaares besitzt indess eine grössere elektromotorische Kraft als z. B. eine Daniell'sche Kette. Dieß läßt sich zeigen, wenn man die Drahtleitung c' , d' , e' , f' , welche das Galvanometer enthält, von der Grove'schen Kette ablöst und mit einer Daniell'schen Kette verbindet, in der Weise, daß auch deren Zink mit dem Drahte c' verknüpft ist. Ladet man nun zunächst das Paar durch die Grove'sche Kette, die in der Drahtleitung c , d , e , f gelassen ist, und schlägt hierauf die Wippe um, so giebt der Ausschlag der Galvanometernadel sogleich das obige Resultat zu erkennen.

Läßt man die Wippe eine Zeit lang ruhig in der letzten Lage, so sieht man die Magnetnadel langsam auf den Meridian zurückkehren. Dieß war wohl zu erwarten; aber bemerkenswerth ist es, daß sie in dieser Nulllage nicht verharret, sondern in einiger Zeit nach der andern Seite ausschlägt, also zu Gunsten der Daniell'schen Kette. Diese Kette, geschweige daß sie Platinplatten so stark wie die Grove'sche polarisiren könnte, ist also nicht einmal im Stande, dieselben auf einer der ihrigen gleichen elektromotorischen Kraft zu erhalten. Dieser Versuch ist einer der vielen Beweise, daß die Polarisation bedingt wird von der Stärke des Stroms. Uebrigens zeigt sich dieselbe Umkehrung, wenn man, wie oben, eine secundäre Batterie von vier, drei oder zwei Platinpaaren gegen die Grove'sche Kette wirken läßt; auch hier kehrt die Nadel bald in den Meridian zurück und schlägt darauf zu Gunsten der letzten Kette aus, weshalb es denn auch zu dem obigen Resultat nöthig ist, sich nur an den ersten Ausschlag zu halten.

Um in dem zuvor beschriebenen Versuch die secundäre Batterie folgwiese von vier Plattenpaaren auf drei, zwei und eins zurückführen zu können, ohne genöthigt zu seyn, Tröge fortzunehmen, ist die Mitte eines jeden Bügels, den ein Hakenpaar $h' o'$ bildet, zu einem Stifte geformt, um daran mittelst einer Klemme das Ende f' der Drahtleitung $d' e' f'$ (Fig. 3 Taf. II) zu befestigen. In Ermanglung dieser Vorrichtung kann man auch die Drahtleitung $d' e' f'$ lassen, wie sie in der eben genannten Figur ist, und die Ausschließung der Plattenpaare, die man nicht in der Batterie haben will, durch einen Bügel von dickem Kupferdraht bewerkstelligen, den man in zwei der Quecksilberlöcher der Reihe $h' o'$ steckt.

Es mag auch hier bemerkt seyn, dafs wenn man die Drahtleitung $c' d' e' f'$ im umgekehrten Sinn mit der Grove'schen Kette verbindet, nämlich c' mit dem Platin und d' mit dem Zink, alsdann, beim Umlegen der Wippe in die Löcherreihe $h' o'$, der früher (Ann. Bd. LX S. 577) erwähnte Fall eintritt, nämlich der primäre Strom in gleicher Richtung mit dem secundären geht, folglich die vereinte Wirkung beider Ströme erhalten wird.

Eine andere Anwendung, welche die bisher beschriebene Wippe zuläfst, besteht in der quantitativen Bestimmung der elektromotorischen Kraft eines polarisirten Plattenpaars.

Das Verfahren dazu ist im Wesentlichen dasselbe, welches ich überhaupt zur Bestimmung der Kraft inconstanter Ströme vorgeschlagen und in den Annalen, Bd. LIV S. 160 ausführlich entwickelt habe. ZP , ZP Fig. 4 Taf. II stellt die Batterie vor, welche das Plattenpaar OH polarisirt und zugleich die Kraft hergiebt, durch welche die bewirkte Polarisation gemessen wird. Diese Batterie wird zunächst durch die Drahtleitung $cdef$ mit der Wippe bb verbunden. Es ist dann klar, dafs, wenn die Wippe mit ihren Haken in die Löcher h, o greift, der Strom durch das Plattenpaar geht und dasselbe pol-

la-

larisirt, in der Weise, daß sich Wasserstoff an H und Sauerstoff an O entwickelt.

Um die entstandene Polarisation zu messen, wird die Batterie noch durch eine andere Drahtleitung mit dem Plattenpaar verknüpft. Diese Leitung besteht aus drei Drähten: zunächst aus dem Draht c' , der von dem vorderen Zink Z der Batterie zur Platte H , oder, was dasselbe ist, zum Quecksilberloche h' führt (nicht zur Wippe, wie aus Versehen in der Zeichnung, Taf. II Fig. 4, angegeben ist); zweitens aus dem Draht ss , der das hintere Platin P der Batterie mit dem Haken h' der Wippe verknüpft, und drittens aus dem Drahte $d'e'f'$, der dasselbe Platin P mit dem Haken o' der Wippe in Verbindung setzt. Der Draht ss muß irgendwo die Sinusbusssole eingeschaltet enthalten, und der Draht $d'e'f'$ irgendwo ein empfindliches Galvanometer.

Wenn nun die Wippe umgelegt wird, damit die Haken h' , o' in die entsprechenden Löcher greifen, so kommen die Drähte ss und $d'e'f'$ mit dem polarisirten Plattenpaar in Verbindung, und es findet dann sowohl in diesen Drähten, wie in dem Drahte c' , der schon mit der Platte H verknüpft war, eine Wirkung beider Elektrizitätsquellen gegen einander statt.

Nach der früher von mir (Annal. Bd. LIV S. 180) entwickelten Compensationsmethode wird, bei einer gewissen Länge des Drahtes ss , der in dem Drahte $d'e'f'$ vorhandene Strom vernichtet, und, wenn dieses erfolgt ist, giebt das Product aus dem Widerstand des Drahtes ss in die darin vorhandene Stromstärke das Maafs für die elektromotorische Kraft der polarisirten Platten. Um also dieses Maafs zu erhalten, hat man die Länge des Drahtes ss so lange abzuändern, bis das Galvanometer in dem Drahte $d'e'f'$ keine Ablenkung mehr zeigt, dann an der Sinusbusssole die Stromstärke in dem Drahte ss zu messen und dieselbe mit dem Widerstand dieses Drahtes zu multipliciren. Das Product ist die gesuchte Gröfse.

Die Ausführung dieser Methode erfordert einige Vorsichtsmaafsregeln, da die Kraft des polarisirten Plattenpaares, wenn sie nicht stetig erneut wird, nur eine vorübergehende ist. So mufs man, da die richtige Länge des Drahts ss nur nach mehreren successiven Proben gefunden werden kann, nach jeder solchen Probe die Wippe in die Löcher h , o zurückschlagen, damit bei der folgenden die Platten wieder mit ihrer ursprünglichen Polarisation wirken können. Vor Allem aber hat man darauf zu sehen, dafs die Eintauchung der Haken h' , o' in die entsprechenden Löcher, also die Entgegensetzung der Kräfte beider Elektricitätsquellen, so momentan wie nur immer möglich geschehe. Unterhält man den Schlufs zu lange (wenn man dem Gleichgewichtspunkt schon nahe ist, auch nur eine halbe Secunde), so bekommt die constante Kette, deren Kraft sich in jedem unmeßbaren Augenblick erneut, nothwendig immer das Uebergewicht, und so kann es geschehen, dafs man keine Ablenkung der Galvanometernadel beobachtet, oder eine zu Gunsten der constanten Kette, wenn deren Kraft in der That schon kleiner war als die anfängliche des polarisirten Plattenpaares. Man hat daher die Proben oft zu wiederholen. So lange man bei momentanem Eintauchen der Haken in die Löcher h' , o' noch ein anfängliches Zucken der Nadel zu Gunsten des polarisirten Plattenpaares beobachtet, kann man gewifs seyn, den rechten Punkt noch nicht erreicht zu haben, da sich durch kein Versehen die Kraft dieses Paares zu grofs finden läfst. Hat man endlich die richtige Länge des Drahts ss gefunden, so mufs, bevor man die Stärke des in demselben vorhandenen Stromes mifst, der Draht $d'e'f'$ von der Wippe abgelöst oder am Galvanometer geöffnet werden, weil sich sonst darin wieder ein Strom einstellt, was nothwendig die gemessene Stromstärke fehlerhaft machen würde.

Die eben beschriebene Methode zur Bestimmung der elektromotorischen Kraft polarisirter Plattenpaare ist, vom

theoretischen Standpunkt betrachtet, vielleicht besser als die gewöhnliche, bei welcher man diese Kraft als unabhängig von der Stromstärke ansehen muß, denn sie braucht diese Voraussetzung nicht zu machen, und schließt überdies jede Idee von Mitwirkung eines Uebergangswiderstandes aus. Zwar habe ich bisher, nach ihr, etwas kleinere Werthe für die Polarisation erhalten als nach jener gewöhnlichen Methode; allein ich kann dies nur dem Umstande zuschreiben, daß die Compensationen noch nicht momentan genug ausgeführt wurden. Das einmalige Umlegen der Wippe, hin und her, welches hiezu verlangt wird, kann mit der Hand nicht so rasch, sicher und gleichmäfsig bewerkstelligt werden, wie es erforderlich ist. Die Wippe muß dazu nothwendig mit einer mechanischen Hilfsvorrichtung versehen seyn, und erst, wenn diese angebracht ist, läßt sich erwarten, genaue Resultate zu erhalten. Ich denke in einiger Zeit eine solche Vorrichtung anbringen zu lassen; mittlerweile kann man sich schon, ohne dieselbe, durch Umlegen der Wippe mit freier Hand, überzeugen, daß die Polarisation, welche einem in verdünnter Schwefelsäure stehenden Platinpaar durch eine Batterie von zwei Grove'schen Ketten eingeprägt wird, eine gröfsere elektromotorische Kraft besitzt als eine einfache Kette der genannten Art, was, mit Rücksicht auf das S. 607 Gesagte, wiederum ein Beweis ist, daß die Polarisation bedingt wird von der Stärke des hervorrufenden Stroms.

Eben deshalb ist zur Vervollständigung der hier behandelten Methode nothwendig, die Stärke des polarisirenden Stroms zu messen. Hiezu stehen zwei Wege offen. Entweder kann man die Sinusbussole, bevor man sie mit dem Drahte *ss* verknüpft und nachdem man die Kraft des polarisirten Plattenpaares bestimmt hat, in den Draht *def* einschalten und beide Male eine Messung machen; bei gehöriger Constanz der Batterie läßt sich dann ohne Gefahr annehmen, daß das Mittel aus den

gefundenen Werthen nicht merklich von der in der Zwischenzeit stattgefundenen Stromstärke abweiche. Oder, wenn das Instrument mit zwei Drähten versehen ist, kann man den einen derselben mit *def* und den andern mit *ss* verknüpfen, wodurch man den Vortheil hat, den polarisirenden Strom in *def* unmittelbar vor oder nach dem compensirenden in *ss* messen zu können, und zwar so oft als man es für nöthig hält. Uebrigens muß, bei Messung des polarisirenden Stroms, die Bussole nothwendig in den Draht *def* und nicht in den Draht *c* eingeschaltet seyn, weil, auch wenn die Haken *h*, *o* in die entsprechenden Löcher tauchen, ein Theil des Stroms durch den Draht *c'* zu den Platten geführt wird.

IV.

Mittelst der bisher betrachteten Form der Wippe und der zuletzt beschriebenen Compensationsmethode lassen sich alle Umstände untersuchen, die auf die Polarisation von Einfluß sind. Indefs stützen sich die Zahlenwerthe, welche man aus den Messungen ableitet, auf eine Reihe von Schlüssen, die nicht Jedermann geläufig sind, und wenn sie es auch sind, doch nicht denjenigen Grad von Ueberzeugung gewähren, der aus vergleichenden, das Resultat unmittelbar vor Augen legenden Versuchen hervorgeht. Deshalb scheint es mir nicht ohne Nutzen, ein Paar Abänderungen der Wippe kennen zu lehren, die sich ganz vorzüglich zu solchen Oculardemonstrationen eignen.

Eine derselben sieht man in Fig. 7 Taf. I abgebildet. Sie ist bestimmt, zwei Plattenpaare durch einen Strom von gleicher Stärke zu polarisiren und sie darauf einander entgegenwirken zu lassen, um, mittelst des Galvanometers zu sehen, welches von ihnen die stärkere Polarisation erhalten hat, sey es ursprünglich oder in Folge später eingeführter Umstände.

Diese Wippe hat an jeder Seite nur vier Haken,

weshalb auch von der Unterlage an jeder Seite nur vier Löcher gebraucht werden. Durch die Haken h_1, o_1, h_n, o_n , deren erster und letzter respective mit dem Zink Z und dem Platin P der polarisirenden Kette verknüpft werden, wird, wenn sie in ihre Löcher tauchen, der Strom den beiden Plattenpaaren zugeführt, in der Weise, daß er sie nach einander durchläuft, und folglich in beiden gleiche Stärke besitzt. Schlägt man nun die Wippe um, so werden, wie aus der Zeichnung erhellt, die beiden mit Wasserstoff bekleideten Platten durch die Haken h', h'' unter sich in Verbindung gesetzt, und eben so die mit Sauerstoff bekleideten durch die Haken o', o'' , sobald man die Enden $G G$ durch einen Draht mit einander verknüpft hat. Ist also in diesem Draht ein Galvanometer eingeschaltet, so giebt dessen Nadel sogleich zu erkennen, ob eins der Plattenpaare, und welches von ihnen, stärker als das andere polarisirt worden ist.

Unter den verschiedenen, auf die Polarisation einwirkenden Umständen, deren Einfluß durch diese Wippe augenfällig und ganz unzweideutig nachgewiesen werden können, möchten folgende die wichtigsten seyn.

1) *Stärke des Stroms*, ich meine die Gesamtstärke, die Stärke in einem gesammten Querschnitt der Stromesbahn, das, was Ohm GröÙe des Stroms nennt. In neuerer Zeit ist von drei angesehenen Physikern, von Wheatstone und Daniell einerseits ¹⁾ und von Leuz andererseits ²⁾, behauptet worden, daß diese Stromstärke keinen Einfluß auf die Polarisation habe, daß vielmehr die Polarisation für Platten und Flüssigkeiten gegebener Art eine constante GröÙe sey. Alle drei stützen ihre Behauptung auf zahlreiche Messungen; nichts destoweniger muß ich ihnen aufs Bestimmteste widersprechen, und die ältere Lehre, nach welcher die Polarisation von der Stromstärke abhängig ist, für die richtige erklären.

1) Annalen, Bd. LX S. 388.

2) Annalen, Bd. LIX S. 203 und 407.

In einer künftigen Abhandlung werde ich zu zeigen suchen, durch welche Umstände die genannten Physiker irre geleitet worden sind. Hier will ich mir nur, in Bezug auf ihre Untersuchungen, die Bemerkung erlauben, daß schon aus dem Resultat derselben die Unrichtigkeit des von ihnen aufgestellten Satzes hervorgeht.

Sie fanden nämlich übereinstimmend, bei verschiedenen Versuchen, die elektromotorische Kraft eines polarisirten Plattenpaars zwei, drittheil, ja drei Male so groß als die einer Daniell'schen Kette. Ich habe keinen Grund dieses Resultat in Zweifel zu ziehen, da ich bei eigenen Versuchen jene Kraft schon über das Doppelte von dieser steigen sah. Wenn nun aber die Polarisation unter allen Umständen, für jede Stromstärke, eine solche Größe besäße, so hätte dies die nothwendige Folge, daß, wenn man eine Daniell'sche Kette, und selbst eine Grove'sche, mit einem in verdünnter Schwefelsäure stehenden Platinpaar verbände, der Strom rückwärts liefe! — Daß dies nicht der Fall ist, daß vielmehr der polarisirende Strom unter allen Umständen seine Richtung behauptet, und niemals auch nur ganz auf Null herabkommt, bedarf wohl keiner Versicherung.

Was nun aus dieser Betrachtung hervorgeht, läßt sich vermittelst der Wippe in sehr entschiedener Weise experimentell bestätigen. Das Verfahren dazu ist folgendes:

Man verbinde eine Grove'sche Kette oder eine Batterie aus mehren solchen Ketten, wie es Fig. 5 Taf. 2 zeigt, durch den Draht *cf* mit der Wippe, und die Quecksilberlöcher *o'*, *h'*, *o'*, *h'* mit zwei in verdünnter Schwefelsäure stehenden Platinpaaren *OH*, *OH*, von gleichen Dimensionen. Hiedurch werden beide Paare hinter einander von einem Strom von gleicher Stärke durchlaufen. Jetzt schlage man die Wippe um; alsdann werden die Paare von der polarisirenden Batterie getrennt und einander entgegengestellt.

Wenn beide Plattenpaare von ganz identischer Be-

schaffenheit wären, würde hiebei die Nadel des im Draht $c'f'$ befindlichen Galvanometers vollkommen in Ruhe bleiben. Das ist jedoch selten oder nie der Fall. Ganz in der Regel macht sie, nach Umlegung der Wippe, einen kleinen Ausschlag zu Gunsten des einen oder des andern Paares. Ich will annehmen, es geschehe zu Gunsten des oberen Paares in der Figur.

Um den Versuch ganz unzweifelhaft zu machen, verbinde man also, nachdem man die Wippe zurückgeschlagen hat, die zu jenem Plattenpaare führenden Haken h_o durch die Enden eines Drahtes g ¹⁾. Nun wird der Strom nicht mehr in gleicher Stärke durch beide Plattenpaare gehen; er wird zwischen den Platten des oberen Paares schwächer seyn, weil dort ein Theil desselben durch den Draht g abgeleitet worden ist.

Legt man hierauf die Wippe wieder um, so wird dieses Paar, welches vorher bei gleicher Stromstärke sogar das etwas stärker polarisirte war, jetzt ganz entschieden von dem andern, das keine Ableitung erfuhr, überwältigt werden. Man mag diesen Versuch verändern wie man will: so lange der Draht g nur einen irgend erheblichen Theil des Stromes ableitet, zeigt die Galvanomernadel unzweideutig, dafs das entsprechende Plattenpaar eine schwächere Polarisation erlitten hat als das andere, welches von einem stärkeren Strom durchlaufen worden ist.

Sehr leicht ist es bei diesem Versuch die Stromstärke in beiden Zellen zu bestimmen. Dazu braucht man nur die Sinusbussole folgeweise in den abgeleiteten Strom g und in den Hauptstrom c einzuschalten, und, damit hiedurch keine Aenderung in den Strömen entstehe, dort, wo man sie einschaltet, den Widerstand um so viel zu verringern, als er durch ihren Draht vergrößert werden würde. Auf diese Weise fand ich z. B., als zwei Paare Platinplatten von 1 Zoll Breite, $2\frac{1}{2}$ Zoll

1) In der Figur 5 Taf. II ist dieser Draht irrthümlich als mit den Löchern h_o verbunden gezeichnet.

tief in verdünnte Schwefelsäure getaucht, durch eine Batterie von vier Grove'schen Ketten polarisirt wurden, und g ein Neusilberdraht von 61,64 Zoll Länge und $\frac{1}{8}$ Lin. Dicke war, die Stromstärke

in $c = \sin 85^\circ 55'$ entsprechend 13,26 C.C. Knallgas in 1' ¹⁾

in $g = \sin 25^\circ 36'$ - - - 5,75 - - -

Es betrug mithin die Stromstärke zwischen dem einen Plattenpaar 13,26 C.C. und zwischen dem andern = 13,26 — 5,75 = 7,51 C.C. Als die Wippe umgelegt ward, hatte das erstere Paar so entschieden das Uebergewicht, daß die Nadel des Galvanometers mit Gewalt gegen die Hemmung schlug.

2) *Dichtigkeit des Stroms* oder Stärke desselben in den einzelnen Punkten seines Querschnitts, das, was Ohm Intensität des Stroms nennt, und eigentlich immer so genannt werden sollte, wenn dieses Wort nicht schon zu gewöhnlich für die Gesamtstärke des Stroms gebraucht würde. Diese Intensität, welche, wenn man sie in jedem Punkte eines Querschnitts der Strombahn als gleich ansehen kann, dem Quotienten aus der Division der Gesamtstärke durch die Gröfse des Querschnitts gleich ist, ist es eigentlich, welche auf die Polarisation Einfluß hat, da von ihr die Gasmenge abhängt, mit welcher jeder Punkt der Metallplatten bekleidet wird. Die Gesamtstärke fällt nur mit ihr zusammen, wenn der Querschnitt der Strombahn unverändert bleibt oder bei den verglichenen Metallpaaren gleiche Gröfse hat.

Der Einfluß dieser wahren Intensität des Stroms läßt sich ermitteln, wenn man bei Versuchen, wie der zuletzt beschriebene, den Platten des einen Paares eine andere Gröfse giebt als denen des zweiten, oder auch die eine Platte eines jeden Paares von anderer Gröfse nimmt als die zweite. Es kommt hiebei noch ein Umstand in Be-

1) Die Busssole war nämlich so ajustirt, daß der Ablenkung 90° eine Stromstärke von 13,30 C.C. Knallgas bei 0° und $0^m,76$ in der Minute entsprach.

tracht, von dem ich in einer späteren Abhandlung ausführlich reden werde; hier will ich nur bemerken, daß wenn man den Versuch, auf angegebene Weise, mit zwei Platinpaaren anstellt, sich im Allgemeinen die größeren Platten schwächer polarisirt erweisen als die kleinen. Indefs darf ich nicht verschweigen, daß der Einfluß der Plattengrößen weniger hervortretend ist als der der Gesamtstärke.

3) *Natur und Oberflächenbeschaffenheit der Platten.* Es ist ein von den meisten Physikern angenommener Satz, daß die verschiedenen Metalle in dem Maasse weniger polarisationsfähig sind, als sie von der Flüssigkeit, in welcher sie stehen, stärker angegriffen werden. Obwohl dieser Satz nicht gerade bewiesen ist, und er auch, wie ich künftig zu zeigen gedenke, bei genauerer Untersuchung nach der Stärke und Dauer des polarisirenden Stroms in einem anderen Lichte erscheint als man ihn wohl bisher aufgefaßt hat, so bewährt er sich doch unter den Umständen der gewöhnlichen Versuche, und die Wippe giebt davon einen augenscheinlichen Beweis.

So wie man sich mittelst der in Abschnitt I beschriebenen Form des Instruments überzeugen kann, daß selbst Zink in verdünnter Schwefelsäure (0,1 concentrirter enthaltend) durch einen schwachen und vorübergehenden Strom eine wahrnehmbare Polarisation empfängt, so kann man mittelst der zuletzt betrachteten Wippe leicht nachweisen, daß in einer solchen sauren Flüssigkeit, bei gleicher Stärke des polarisirenden Stroms, Zink schwächer polarisirt wird als Eisen, Eisen schwächer als Kupfer, und dieses wiederum schwächer als Platin. Dasselbe hat man schon längst aus dem Grade von Schwächung gefolgert, den Platten von verschiedenen Metallen in einem primitiven Strom, bei Einschaltung in dessen Bahn, hervorbringen; allein das Resultat war unrein, in sofern einerseits der Strom dabei nicht gleiche Stärke behielt, und andererseits zweifelhaft blieb, was auf Rechnung des

Uebergangswiderstandes zu schreiben sey. Das eben genannte Verfahren, obwohl nur comparative Werthe gebend, ist von beiden Mängeln frei.

Es sind hier viele und zum Theil recht nützliche Versuche anzustellen, von denen ich selbst künftig noch mehre auszuführen gedenke. Für jetzt will ich nur einen mittheilen, der mir ein näheres Interesse zu besitzen scheint.

Ich polarisirte durch eine Batterie von drei Grove'schen Ketten zwei hintereinanderstehende Platinpaare, ein blankes und ein schwarz platinirtes, und setzte sie dann mittelst der Wippe einander entgegen. Der polarisirende Strom wurde bei sechs Versuchen durch folgeweise Verlängerung des Schließdrahtes von der Stärke $\sin 60^\circ 22'$, entsprechend 11,56 C.C., auf die $\sin 11^\circ 22'$, entsprechend 2,62 C.C. Knallgas in der Minute, herabgebracht, und jedes Mal die Entgegenstellung der Paare wiederholt. Immer zeigte im Moment der Entgegenstellung das blanke Paar eine stärkere Polarisation als das platinirte. Wenn ich nun die Wippe liegen liefs, so dafs die beiden Paare fortfuhren gegen einander zu wirken, so ging die Galvanometernadel langsam zum Meridian zurück, und nach etwa fünf Minuten hatte sie ihn erreicht. In dieser Gleichgewichtslage blieb sie aber nicht; vielmehr wich sie nach der andern Seite ab, zu Gunsten des platinirten Paares, entfernte sich langsam immer mehr vom Meridian, bis sie endlich nach etwa sechs Minuten bei 20° Abweichung zum Stillstand kam. Darauf begann sie wieder rückwärts zu wandern, erreichte aufs Neue den Meridian, blieb aber auch diefs Mal nicht darin, sondern ging darüber hinaus, um wieder zu Gunsten des blanken Paares abzuweichen. Diesen mehrfachen Wechsel in der Ablenkung der Magnethadel habe ich bei allen, zwischen den angegebenen Gränzen liegenden Stromstärken beobachtet; doch habe ich ihn nicht so lange verfolgt, um sagen zu können wie oft er sich wiederhole.

4) *Natur der Flüssigkeit.* Unter den zahlreichen Versuchen, die über diesen Gegenstand möglich sind, habe ich bis jetzt nur ein Paar angestellt, zu denen sich mir eine nähere Veranlassung darbot.

So habe ich beobachtet, daß Platinplatten in einer Lösung von 1 Th. Aetzkali in 2 Th. destillirtem Wasser stärker polarisirt werden als in verdünnter Schwefelsäure mit einem Gehalt von 0,1 englischem Vitriolöl, stärker in letzterer Säure als in concentrirter Salzsäure. In solcher Salzsäure wird die positive Platte, besonders wenn der polarisirende Strom stark ist, durch das entwickelte Chlor etwas angegriffen, und eben aus diesem Grunde ist die Polarisation, obwohl keinesweges Null, doch nur schwach. Diese Schwäche der Polarisation bewirkt, daß, wenn man durch die beiden zu vergleichenden Plattenpaare, von denen das eine in verdünnter Schwefelsäure und das andere in concentrirter Salzsäure steht, den Strom einer Batterie von zwei Grove'schen Ketten leitet, in beiden Zellen, besonders in der ersteren, eine lebhafte Gasentwicklung stattfindet, während nur eine äußerst schwache beobachtet wird, wenn unter diesen Umständen auch die zweite Zelle Schwefelsäure enthält.

Ferner habe ich bei einem Strom sowohl von zwei als von drei Grove'schen Ketten beobachtet, daß Eisen in einer Auflösung von 1 Th. kohlen saurem Natron in 2 Th. destillirtem Wasser stärker polarisirt wird als in der erwähnten Aetzkalilauge, und in beiden Flüssigkeiten stärker als Platin in verdünnter Schwefelsäure. Daß es dennoch mit diesen Flüssigkeiten nur eine äußerst schwach wirkende secundäre Batterie giebt, habe ich bereits S. 594 erwähnt.

5) *Temperatur der Flüssigkeit.* Wenn man die beiden zu polarisirenden Zellen in Bezug auf das Metall und die Flüssigkeit von völlig gleicher Beschaffenheit nimmt, die eine aber erwärmt oder erkältet, so läßt sich begreiflich der Einfluß der Temperatur eben so ent-

schieden beobachten, als der der bisher betrachteten Umstände.

Auf diese Weise habe ich mich überzeugt, *dafs die Polarisation mit steigender Temperatur abnimmt*. Ich lege auf diese Beobachtung einigen Werth, weil sie mir es wahrscheinlich macht, dafs die bisherige Angabe, nach welcher die Leitungsfähigkeit der Flüssigkeit mit steigender Temperatur zunehmen soll, wesentlich in dieser Abnahme der Polarisation ihren Grund habe. Ich werde späterhin auf diese Untersuchung ausführlich zurückkommen, da ich im Besitz einer Methode zu seyn glaube, durch welche die Leitungsfähigkeit der Flüssigkeiten unabhängig von jedem Einflufs der Polarisation numerisch bestimmt werden kann.

6) *Barometrischer Druck*. Auch der Einflufs dieses Elementes läfst sich auf analoge Weise ermitteln, wenn man die eine Zelle unter die Glocke einer Luftpumpe versetzt. Einige vorläufige Versuche lassen mich schliessen, dafs die Polarisation mit vermindertem Drucke abnimmt.

V.

Eine dritte Art der Wippe ist die in Fig. 8 Taf. I abgebildete. Sie hat den Zweck, die Polarisation zweier Plattenpaare zu vergleichen, die neben einander oder von zwei Zweigen eines und desselben Stromes polarisirt worden sind. Dieser Fall ist verwickelter wie der zuvor betrachtete; denn während dort die beiden Plattenpaare hinter einander von einem gleich starken Strom polarisirt werden, haben hier die beiden Zweigströme im Allgemeinen eine ungleiche Stärke, deren Ungleichheit zum bedeutenden Theil eine Function der erzeugten Polarisation ist.

Wie die Wippe den angegebenen Zweck erfüllt, wird aus der Figur leicht erhellen. Wenn *Z* und *T* mit der Batterie verbunden sind und die Haken rechter Hand in das Quecksilber tauchen, so theilt sich der Strom

zwischen den beiden Plattenpaaren, indem das eine mit $h_1 o_1$ und das andere mit $h_{11} o_{11}$ verknüpft ist. Schlägt man nun die Wippe um und verbindet G mit G , so werden die Paare durch die Haken $h' o'$ und $h'' o''$ einander entgegengesetzt, und man kann beobachten, welches von ihnen das stärker polarisirte war.

Ein Versuch, auf diese Weise mit großen und kleinen Platinplatten angestellt, hat mich gelehrt, daß die kleinen stärker als die großen polarisirt werden.

Sämmtliche bisher beschriebenen Wippen kann man in einer einzigen vereinen, wenn man an beiden Seiten die Haken ursprünglich getrennt läßt, und sie später, dem jedesmaligen Zweck entsprechend, durch Drähte gehörig verbindet. Um diese Verbindungen mit Leichtigkeit und Sicherheit bewerkstelligen zu können, muß dann jeder Haken mit einer Klemme, etwa von der Einrichtung wie die in Fig. 7 Taf. II abgebildete, versehen seyn, doch von möglichst geringem Gewicht, damit die Wippe nicht zu sehr dadurch beschwert werde. Wer sich das Instrument von einem Mechanikus anfertigen lassen will, mag diese Einrichtung wählen, wobei er dann auch noch die Stifte b gegen horizontale, in Pfannen laufende Axen vertauschen, und ein Räderwerk zum raschen Bewegen der Wippe anbringen lassen kann; wer indessen eine solche Complication nicht liebt und der Hülfe des Mechanikus entbehrt oder sie verschmäht, der thut wohl, sich für jeden Zweck eine besondere Wippe zu machen, was eine kunstlose Arbeit ist, und überdies den Vortheil hat, dem Instrument eine große Leichtigkeit zu geben.

Eine solche Wippe mit ursprünglich getrennten Haken habe ich zu einem Beweise benutzt, der sich mit einer besonders eingerichteten zwar auch geben läßt, aber doch nicht mit den bisher beschriebenen-Formen des Instruments, nämlich zu dem Beweise, daß mehre durch einen Strom polarisirte Plattenpaare in Summe eine größere elektromotorische Kraft besitzen als ein einziges

Paar, das für sich durch einen gleichen Strom polarisirt worden.

Dieser Fall ist in Fig. 6 Taf. II vorgestellt. Es sind dazu zwei Ketten von möglichst gleicher Beschaffenheit erforderlich. Die eine, ZP , polarisirt das Plattenpaar HO , wenn die Haken 1, 2 in ihre Quecksilberlöcher tauchen, die andere, $P'Z'$, welche gegen die erstere umgekehrt stehen muß, polarisirt die drei Plattenpaare $O'H'$, wenn die Haken 3 bis 8 eintauchen, und zugleich 4 und 5, 6 und 7 mit einander verbunden sind. Wird die Wippe umgelegt, damit die Haken 1' bis 8' zur Eintauchung kommen, und sind dieselben auf abgebildete Weise mit einander verknüpft, so zeigt das im Verbindungsdraht 1'8' enthaltene Galvanometer, daß die drei Paare $O'H'$ das eine HO überwiegen.

Die Ketten ZP , $P'Z'$ müssen hiebei mit respective den Haken 1, 2 und 3, 8 verbunden seyn, nicht mit den entsprechenden Quecksilberlöchern, weil sonst die Plattenpaare beim Umlegen der Wippe nicht von ihnen getrennt werden würden. Besser ist es allerdings, wie ich schon S. 592 bemerkte, keine Drähte an die eigentliche Wippe zu befestigen; allein alsdann bedarf man an jeder Seite noch zwei Quecksilberlöcher und zwei Haken, nämlich der Reihe nach gerechnet, No. 0 und 9 an der einen, und No. 0' und 9' an der andern. Von den Haken werden unter einander verbunden: 0 und 1, 8 und 9, 0' und 1', 8' und 9', und von den Löchern, durch den Galvanometerdraht, 0' und 9'; endlich verbindet man die Platten ZP mit den Löchern 0 und 2, und die Platten $P'Z'$ mit den Löchern 3 und 9. So bleibt die Wippe frei beweglich.

In ähnlicher Weise läßt sich bei dem auf S. 616 beschriebenen Versuch der Draht g von der Wippe sondern, wenn man das eine Ende desselben in das Loch h (Fig 5 Taf. II) steckt, und das andere in das nach f hin liegende Hüfslloch.