abwechselnd von den elektrischen Schlägen getroffen und nicht getroffen wurden, eine recht sonderbare Erscheinung, die verdiente von Neuem studirt zu werden, bevor man es unternimmt, über die Ursache derselben sich einer Vermuthung hinzugeben.

XX. *Vergleichung zwischen den beiden empfindlichsten Galvanometern, dem Frosche und dem Multiplicator mit zwei Nadeln, nebst einigen anderen Resultaten;*

von Hrn. Nobili in Reggio.

(Bibliothèque universelle, XXXVII. p. 10.)

Der Galvanometer mit zwei Nadeln, so wie ich ihn vor zwei Jahren angegeben habe, ist von einer Empfindlichkeit, die auf dem ersten Augenblick unübertreffbar scheint; ich besitze einige solcher Instrumente, die unter der Wirkung eines ganz schwachen Stromes, wie z. B. der von einer einfachen thermoelektrischen Kette, bestehend aus einem Kupfer- und einem Eisendraht, die an ihrem Berührungspunkte blofs mit den Fingern erwärmt werden, zuerst eine Bewegung von 150° machen. Der Frosch zeigt ebenfalls sehr schwache elektrische Wirkungen an, wie alle in der ersten Zeit des Galvanismus angestellten Versuche beweisen. Allein welchem dieser beiden Anzeiger gebührt der Vorzug bei sehr feinen Untersuchungen? Ohne Zweifel dem Multiplicator; er hat gegen den Frosch den grofsen Vorzug, dafs man die Resultate leicht vergleichen kann. Wenn aber die Contractionen des Frosches nicht so genaue Anzeigen liefern, als der Multiplicator, so ist diefs doch kein Grund, die Hilfsmittel gänzlich zu vernachlässigen, welche sie liefern können. Denn, wenn der Frosch empfindlicher wäre als der Multiplicator, müfste man ebenfalls zu ihm

seine Zuflucht nehmen, in allen Fällen, worin das andere Instrument zweideutige oder negative Resultate gäbe. Ich wurde natürlich darauf geführt, die relative Empfindlichkeit des Frosches und meines Galvanometers zu prüfen, als ich die Versuche der HH. Becquerel und Davy über die Entwicklung der elektro-chemischen Strömungen studirte. Werden wirklich in dem Acte der chemischen Verbindungen elektrische Ströme erzeugt? Dieß ist eine noch streitige Thatsache, die ich durch neue Versuche aufhellen wollte, als es mir befiel, daß man dem Frosche noch keine Aufmerksamkeit geschenkt hatte, und es möglich wäre, daß wir in diesem Thiere ein sichereres Mittel zur Lösung der Aufgabe besäßen. Ich werde am Schlusse dieses die positiven Resultate angeben, welche ich über diesen Punkt erhalten habe; bevor ich aber zum Hauptgegenstand dieses Aufsatzes übergehe, werde ich die Versuche aus einander setzen, die ich angestellt habe, um zu bestimmen, welchen Rang der Frosch unter den Galvanometern einnehme.

Diese Instrumente sind zur Messung der elektrischen Ströme bestimmt, welche man gewohnt ist in *continuirliche* und *discontinuirliche* einzutheilen. Studiren wir zunächst die von den ersten hervorgebrachten Erscheinungen, und dann die der zweiten.

Continuirliche Ströme. Diese Ströme theilen sich in *hydro-elektrische* und *thermo-elektrische*. In die ersten tritt immer ein feuchter Leiter ein, und sie können auf zwei Arten hervorgebracht werden, entweder bloß mit Leitern zweiter Classe, oder mit Leitern einer beliebigen Art combinirt mit denen der ersten Art, nämlich den Metallen. Wir nennen hydro-elektrische Ströme zweiter Classe die, welche auf die erste Art erzeugt sind, und hydro-elektrische Ströme erster Classe die andern.

Zu den bisher bekannten thermo-elektrischen Strömen ist kein feuchter Leiter wesentlich, sondern sie ent-

stehen bloß mit Hülfe der Wärme in ganz metallischen Bögen.

Erster Vergleich. Hydro-elektrische Ströme zweiter Classe. Man präparirt einen Frosch, wie Galvani es that, und stellt ihn, nachdem man zwei Tassen mit Wasser oder vielmehr mit einer Salzlösung gefüllt hat, mit den Füßen in die eine und mit dem Rumpf in die andere; die Schenkel unterstützt man durch eine dritte, umgekehrte Tasse, oder durch sonst einen isolirenden Körper. Man nimmt hierauf einen Amianthfaden, oder selbst eine baumwollene Schnur, und nachdem man ihn mit der Flüssigkeit getränkt hat, hält man ihn zur Schließung der galvanischen Kette bereit. Wenn der Frosch frisch präparirt ist, fehlen die Contractionen im Moment des Schließens der Kette niemals oder fast nie. In dieser Kette ist keine metallische Substanz vorhanden, und die Wirkung rührt bloß von der Verbindung von Leitern zweiter Classe her, die verschieden genug sind, um mit dem Frosch einen Strom zu erregen. Wir werden oft Gelegenheit haben von diesem Strome zu reden, und nennen ihn deshalb *Frosch-Strom* (*Courant de la Grenouille*), ohne uns darum zu kümmern, welche Theile ihn erzeugen.

Nachdem ich so schnell den Frosch-Strom erhalten hatte, war es mein erster Gedanke, einen ähnlichen Strom in einen meiner empfindlichsten Multiplicatoren zu leiten, um zu sehen, welche Anzeigen er liefern würde. Ich hatte ein solches Zutraun zu dem Instrumente welches ich anwandte, daß ich sehr erstaunt war, als ich sah, daß der Frosch sich in dem neuen Strom noch contrahirte, während die Nadel des Multiplicators keine Bewegung machte. Diefes Resultat liefs mich fürchten, daß das Instrument nicht fähig sey, die von Leitern zweiter Classe erzeugten Ströme zu messen; allein, ehe ich hierauf viel Gewicht legte, machte ich einen zweiten Versuch. Ich verfertigte einen andern Galvanometer, bei

welchem ich mir alle Mühe gab, damit er wirksamer sey, als der vorige. Wirklich war er weit empfindlicher, und gab mir unzweifelhafte Anzeigen von dem Frosch-Strom. Als die Tassen mit gemeinem Wasser gefüllt waren, betrugen die Ablenkungen nur wenige Grade; allein mit Salzlösungen betrugen die ersten Bewegungen der Nadel 10° , 20° und selbst 30° . Der Frosch-Strom geht von den *Muskeln* zu den *Nerven*, d. h. von den *Füßen* zu dem *Kopf*. Diefs Resultat ist von größter Wichtigkeit, nicht bloß für die Theorie, sondern auch für die Anwendung eines unserer schätzbarsten Instrumente; wir werden weiterhin darauf zurückkommen.

Wir haben gesagt, daß in der Kette des Frosch-Stromes die Nadel nur wenige Grade abwich, wenn die Tassen mit Wasser gefüllt waren; wir müssen jetzt noch hinzufügen, daß, wenn die Schicht dieses schlechten Leiters nur wenig vergrößert wird, kein so starker Strom mehr durch den Draht des Multipliers geht, um die Nadel desselben hinlänglich zu bewegen. In demselben Falle giebt ein guter Frosch noch einige Anzeigen vom Strome, und dadurch erhält er in einem gewissen Grade den Vorzug.

Zweiter Vergleich. Hydro-elektrische Ströme erster Classe. Wie zu erwarten, giebt ein Frosch keine Zeichen von Bewegung unter der Wirkung seines eignen Stromes; man bringe ihn hierauf in den Kreis eines andern Stromes, der von einem Volta'schen Plattenpaar hervorgebracht ist, wie gewöhnlich, aber so geschwächt, daß er mit dem Multiplier un wahrnehmbar ist. Unter der Wirkung des Volta'schen Stromes sieht man den Frosch sich zusammenziehen, wenn auch nicht immer, doch wenigstens oft, und besonders, wenn der Strom von den *Füßen nach dem Kopfe* durch ihn geht. Den Vorzug, welchen der Frosch bei den hydro-elektrischen zweiter Classe besitzt, verliert er also bei den der ersten Classe nicht. Es ist leicht diess Resultat vorherzusehen,
allein

allein es ist doch zweckmäßiger, sich durch einen directen Versuch davon zu überzeugen.

Dritter Vergleich. Thermo - elektrische Ströme.

Diese Ströme sind am Galvanometer mit zwei Nadeln sehr merkbar, sobald sie in ganz metallischen Bögen erregt werden. So wie man sie aber durch feuchte Leiter gehen läßt, werden sie in dem Grade geschwächt, daß die bestconstruirten Galvanometer nur wenig deutliche Anzeigen geben *). Die Anzeigen nehmen ab, so wie man die Strecke der zwischengebrachten Flüssigkeit vergrößert, und hören endlich ganz auf, wenn man einen gewissen Punkt überschreitet. Hievon kann man sich mittelst des kupfernen Multiplicator-Drahts überzeugen, wenn man dessen Continuität an einer Stelle durch eine Flüssigkeit unterbricht. Im Augenblick, wo das kalte Ende des Drahts mit dem andern, über einer Lampe erhitzten Ende in Berührung kommt, bewegt sich die Nadel des Multiplicators um wenige Grade, wenn die zwischengebrachte Schicht der Flüssigkeit klein ist; sie bleibt aber ganz unbeweglich, sobald die Schicht eine gewisse Größe erreicht. Gesetzt nun, die Schicht habe diese Größe und werde überdies noch durch den ganzen Körper eines Frosches verwehrt, der einen Theil seiner ursprünglichen Reizbarkeit verloren hat; schließt man nun die Kette, indem man die beiden gleich kalten Enden in Berührung bringt, so wird der Frosch keine Bewegung zeigen, oder wenigstens eine sehr schwache, in Folge seines eignen Stromes, welcher hier noch im Zustande geringer Erregbarkeit vorhanden ist. Wenn man aber das eine Ende erhitzt und es mit dem kalten Ende in Berührung setzt, so wird der Frosch stark zucken, die Magnetnadel aber wie zuvor in Ruhe bleiben.

*) Die Galvanometer, welche für die hydro-elektrischen Ströme am empfindlichsten sind, sind es nicht für die thermo-elektrischen. Die letzteren erfordern einen dickern Leitungsdraht, der nur wenige Umgänge um das Instrument macht.

Wenn es in der ersten Epoche des Galvanismus, wo man die Frösche auf so verschiedenartige Weisen anwandte, den Physikern beigefallen wäre, den Muskel und Nerv mit zwei langen Drähten desselben Metalls zu armiren, das freie Ende des einen Drahts zu erhitzen, und mit dem andern nicht erhitzten in Berührung zu bringen; so würde die Wissenschaft zwanzig Jahre früher mit der interessanten Entdeckung Seebeck's bereichert worden seyn, und Volta würde mit Erstaunen eine Thatsache gesehen haben, die in directem Widerspruche mit dem Geiste seiner Principien steht, nämlich: die Möglichkeit der Erregung eines Stromes in einem ganz aus Metallen gebildeten Bogen. In der That übt der Frosch in dem angeführten Beispiele nur die Functionen eines Leiters aus, und die Extremitäten des am Muskel und Nerven angebrachten metallischen Bogens bringen wegen ihrer Homogenität keine elektrische Aenderung hervor. Der ganze Effect rührt daher von dem mittleren Theil dieses Bogens, der an einer Stelle erhitzt, und an der andern erkaltet ist. Nimmt man nun an, daß der Frosch durch irgend eine Metallscheibe ersetzt sey, so folgt, daß die Ursachen, welche den Strom erregen, noch da sind, und daß sie durch Fortnahme des Leiters zweiter Classe nicht schwächer werden, sondern vielmehr an Energie zunehmen müssen, gerade wie es wirklich der Fall ist.

Die continuirlichen Ströme. Es giebt deren zwei Arten, die der trocknen Säule und die der gewöhnlichen Elektrisirmaschine.

Vierter Vergleich. Trockne Säule. Diese ist sowohl auf den Frosch, wie auf den Multiplicator, ohne Wirkung.

Fünfter Vergleich. Elektrisirmaschine. Die Electricität derselben bringt, wie schwach sie auch seyn mag, den Frosch zu starken Zuckungen; die gewöhnlichen Multiplicatoren aber geben keine Anzeigen, weder schwache noch starke. Um einige Anzeigen zu erhalten, muß man

die Umgänge des Multiplicators weit stärker isoliren, und sich desselben so wie Hr. Colladon bedienen.

Folgerungen. Es geht aus den verschiedenen Vergleichen, welchen die beiden Instrumente unterworfen worden sind, hervor, daß der Frosch in keinem Fall den Multiplicator nachsteht. Seine Vorzüglichkeit in Bezug auf die gemeine Elektrizität war schon bekannt; allein es blieb der Hauptpunkt festzusetzen, nämlich: welchen Rang er als Anzeiger der continuirlichen Ströme einnehme. Durch erneuerte Sorgfalt ist es mir gelungen, meinen Galvanometer noch etwas zu verbessern; allein mit aller Anstrengung habe ich ihm nicht die Empfindlichkeit geben können, deren ein gut präparirter Frosch fähig ist. Dieser verdient allemal den ersten Platz, und ich sage dies um so lieber, als ich noch keine Wirkung mit dem Frosch erhalten habe, die ich nicht mehr oder weniger mit dem Galvanometer bewährt gefunden hätte *).

*) In seinem gegenwärtigen Zustande giebt mein Galvanometer eine Ablenkung von 80°, unter der Wirkung eines Stromes, die meinen *Galvanomètre comparateur* nur um einen Grad ablenkt. Diefes letztere Instrument habe ich schon, nebst der zugehörigen Abhandlung, durch Hrn. Arago dem Pariser Institut vorlegen lassen. Wahrscheinlich werden die berühmten Herausgeber der *Annales de chimie et de physique* bald Bericht von demselben erstatten, und ich wünschte, daß die Zeit nicht mehr fern wäre, wo die Physiker hinsichtlich der Kraft ihrer respectiven Multiplicatoren einander verständen.

Einige Zeit, nachdem ich meinen Multiplicator mit zwei Nadeln bekannt machte, haben einige Personen geglaubt, daß ich ihn noch empfindlicher machen könnte, wenn ich die getroffene Vorrichtung verdoppelte. Ich habe vor zwei Jahren eine Notiz bekannt gemacht, worin ich zeigte, daß man durch eine solche Methode nichts gewinnt (*Giornale di Fisica, T. VI. Bimestre V. Ann. 1825*). Ich sehe daher jetzt nicht ohne Erstaunen, daß Hr. Becquerel es vorzieht, vier Nadeln anzuwenden, und daß er, außer dieser Complication, statt eines einzigen Bogen, sich zehn derselben, die sämmtlich von denselben Enden ausgehen, bedient (*Ann. de chim. et de phys. XXXV. p. 118*). Die sehr schwachen Ströme gehen gänzlich durch sehr feine Drähte, die

Es ist indeß auch gerecht, eine Thatsache zu Gunsten dieses letzten Instrumentes anzuführen, nämlich, daß es zur Messung thermo-elektrischer Ströme nicht nöthig ist, dieselben durch einen feuchten Leiter gehen zu lassen, wie diess bei dem dritten Vergleich geschehen ist. Der Versuch mußte damals auf diese Art angestellt werden, weil der Frosch nothwendig mit in den Kreis des Multipliers eintreten mußte; allein abgesehen von diesem besondern Falle und andern ähnlichen, gehen die thermo-elektrischen Ströme geradesweges in den Draht des Instruments, und vollenden den Kreis, ohne den Weg der metallischen Leiter zu verlassen. Dieser Weg ist so vortrefflich für sie, daß die Ströme, welche durch sehr schwache Temperaturdifferenzen erregt sind, beträchtliche Ablenkungen erzeugen, während dieselben Ströme auf die bestpräparirten und reizbarsten Frösche nicht den geringsten Eindruck hervorbringen. Man muß also eine Unterscheidung machen; wenn es sich um hydro-elektrische Ströme handelt, in deren Kreis immer ein Leiter zweiter Classe eintritt, ist der Frosch ein empfindlicherer Anzeiger, als der Galvanometer; handelt es sich aber um Ströme, die, wie die thermo-elektrischen, sich in metallischen Bögen aufhalten, so ist ein mittelnäsiger

mehrere hundert von Füssen lang sind. Diese Thatsache, welche ich zu meiner Belehrung verificirt habe, scheint nicht Hrn. Becquerel in dem Gebrauch seiner Bögen geleitet zu haben. Statt sich derselben als Verzweigungen eines einzigen Drahtes zu bedienen, würde er einen größeren Nutzen aus ihnen gezogen haben, wenn er sie alle zur Bildung eines einzigen, auf gewöhnliche Art anzuwendenden, Bogens verwandt hätte. Ich könnte auch noch ein Wort sagen, über das Stillschweigen, welches Hr. Becquerel bei Gelegenheit der ersten kurzen Beschreibung des Galvanometers mit zwei Nadeln beobachtete (*Ann. de chim. et de phys.* XXXI. p. 371.). Allein ohne die Gründe dieser Unterlassung aufzusuchen, bemerke ich nur, daß die Complicationen, welche er angeführt hat, nicht geeignet sind, das Instrument zu verbessern, daß sie ihm seine Einfachheit rauben, ohne ihm den Vortheil der Compensation zu gewähren.

Multiplicator ohne Vergleich empfindlicher als der reizbarste Frosch. Sobald man übrigens in den thermoelektrischen Bogen einen Leiter zweiter Classe mit eintreten läßt, ist der Frosch aufs Neue empfindlicher als der Galvanometer. Nach dieser Unterscheidung ist es das Beste sich mit dem Gebrauch des Frosches vertraut zu machen. Zwar kennt man seit langer Zeit dieses Prüfmittel, allein es fordert aufs Neue unsere Aufmerksamkeit für die Dienste, welche die Wissenschaft von ihm zu erwarten berechtigt ist.

Neue Methode, den Frosch zu gebrauchen. Der Frosch-Strom hat eine gewisse Richtung und eine gewisse Kraft; man kann ihn zerstören, wenn man ihn gegen einen andern von gleicher Kraft richtet. Wenn man zwei Frösche auf die gewöhnliche Weise zubereitet, und mit ihnen allein die galvanische Kette bildet, indem man wechselseitig den Nerv des einen mit dem Muskel des andern in Berührung setzt, so ziehen sich beide Frösche zusammen. Sie bleiben dagegen ohne Bewegung, wenn man ihre Lage umkehrt, Nerv und Nerv, Muskel und Muskel sich berühren läßt. In diesem Falle wirken die elektromotorischen Kräfte der beiden Frösche im entgegengesetzten Sinne, und die Wirkung ist Null, wie im Falle, wo zwei Volta'sche Plattenpaare umgekehrt an einander gelegt sind.

So lange sich der Frosch vermöge seines eignen Stromes ein wenig zusammenzieht, besitzt er seine ganze Empfindlichkeit, eine schätzbare Eigenschaft, die man bei sehr empfindlichen Versuchen zu benutzen wissen muß. Die Zeit, während welcher der Frosch diese Reizbarkeit behält, ist nicht so kurz, wie man glauben könnte. Gewöhnlich dauert sie einige Minuten, und der Physiker kann wohl während dieser Zeit Versuche machen. Man muß sich nur gegen eine Fehlerquelle hüten, nämlich gegen den Einfluß des eignen Stromes des Frosches. Das sicherste Mittel, sich dagegen zu hüten, schien mir an-

fangs die Zerstörung desselben durch einen zweiten, in umgekehrter Stellung an den ersten gelegten Frosch; allein der Versuch zeigte mir bald, daß man wohl auf diese Art den Fehler vermeidet, daß sich aber die so gelegten Frösche nicht mehr unter der Wirkung eines schwachen Stromes zusammenziehen. Ich verließ daher dieses Mittel, und suchte ein anderes auf, welches darin bestand, daß ich die Ströme in beiden Richtungen untersuchte, sie ein Mal vom Muskel zum Nerv, und das andere Mal vom Nerv zum Muskel gehen liefs. In einem dieser Fälle, dachte ich, würde der Strom, dessen Richtung man suchte, mit dem des Frosches, der, wie wir wissen, von den Füßen zum Kopfe geht, im Gange übereinstimmen, und alsdann würden die Contractionen stärker seyn als im zweiten Falle, wo die Ströme entgegengesetzte Richtungen besäßen. Ich fand, daß der Unterschied zwischen den Contractionen in beiden Fällen, allgemein gesprochen, stark genug war, um die Existenz eines vom Frosche unabhängigen Stromes anzuzeigen; allein ich sah bald, daß man nicht immer mit gleicher Sicherheit über diese Verschiedenheit urtheilte, und daß daraus oft große Anomalien entstanden, welche die Resultate einigermaßen zweifelhaft machten. Begierig diesem Uebelstande abzu- helfen, erinnerte ich mich, daß die fremden Ströme schon auf die Frösche contrahirend wirken, wenn sie bloß in die Nerven geleitet werden. Ich schloß also daraus, daß man den ganzen untern Theil des Frosches von der elektrischen Kette ausschließen müßte, und daß, wenn man alleinig mit den Nerven arbeitete, man sich gegen den eigenthümlichen Strom des Thieres schützen würde, ohne erwarten zu dürfen, daß dieser irgend etwas von seiner ursprünglichen Empfindlichkeit verloren hätte. Die Theorie wurde durch die Erfahrung bestätigt; die schwächsten Ströme, welche bloß in den Nerven geleitet wurden, contrahirten den Frosch stark, und die Wirkung ist sicher hinsichtlich ihres Ursprungs nicht zweifelhaft, weil, wenn

man den Nerv in einen homogenen Bogen bringt, niemals eine Contraction stattfindet. Es ist zu bemerken, daß es nicht nothwendig ist, die beiden Enden des Bogens, welcher die dem Versuche unterworfenen elektromotorischen Substanzen begreift, an den kleinen Zweig der Crural-Nerven zu bringen. Man bringt nur eins daran; das andere taucht man, der größern Leichtigkeit wegen, in ein Gefäß, welches man in zweckmäßiger Entfernung mit dem Rumpf der Spina dorsalis in Communication setzt. Die Gegenwart dieses Appendix ändert nichts in den Resultaten, denn es ist nur die Fortsetzung der Crural-Nerven, welche man zur Erleichterung der Communicationen beibehält.

Nachdem man das Daseyn eines Stromes durch Hinleitung desselben bloß in den Nerven entdeckt hat, bleibt noch übrig seine Richtung zu bestimmen. Auch diese Untersuchung kann mittelst eines Frosches geschehen; man benutzt den eignen Strom desselben, indem man ihn, bald durch die eine, bald durch die andere Extremität, in den Kreis des Stromes leitet, welchen man an seiner Wirkung auf den Nerven erkennt. Die Contractionen, die alsdann stattfinden, sind nicht gleich, und ihr Unterschied zeigt, wenn der in Rede stehende Strom in gleicher Richtung mit dem des Frosches, und wenn er im entgegengesetzten Sinne geht. Im ersten Falle haben die Contractionen eine gewisse Stärke; im zweiten sind sie schwächer oder Null. Ich habe schon bemerkt und wiederhole es hier, daß dieser Unterschied einigen Fehlern unterworfen ist; allein, wenn auch der Frosch nicht immer eine gleiche Sicherheit bei der Bestimmung der Richtung der Ströme gewährt, so läßt er doch hier nur wenig zu wünschen übrig.

Resultate verschiedener Versuche.

Dauer des Frosch-Stroms. Die Frösche ziehen sich nur kurze Zeit unter der Wirkung ihres eignen

Stromes zusammen; aber derselbe Strom fährt fort mehrere Stunden lang auf den Galvanometer zu wirken. Während dieser Zeit ist es natürlich vorauszusetzen, daß der Frosch den Rest seiner Lebenskraft verliert. Die lange Dauer dieses Stromes ist eine interessante Thatsache für die Physiologie, in sofern, als sie vielleicht besser als irgend eine andere zeigt, daß die elektromotorischen Kräfte von den Lebenskräften unabhängig sind.

Elektromagnetische Wirkung mehrerer Frösche.

Der Strom des Frosches lenkt die Magnetonadel meines Galvanometers um eine gewisse Zahl von Graden ab; bei einem Versuch erhielt ich 5° . Als ein zweiter Frosch in die Kette gebracht, und mit dem ersten in gleiche Richtung gelegt wurde, betrug die Ablenkung 8° ; und als ein dritter hinzugefügt wurde, ging die Nadel bis auf 10° . Die elektromagnetische Wirkung der Säule zweiter Classe, wächst also mit der Zahl der Elemente, und dies ist aus zwei Gründen eine wichtige Folgerung: 1) Weil sie uns lehrt, daß wir uns bei unsern Untersuchungen über die Elektrizitätsentwicklung dieser Gattung von Leitern nicht auf Versuche mit einem einzigen Elemente beschränken, da, wenn ein einziges den Galvanometer nicht in Bewegung setzt, doch mehrere die gewünschte Wirkung hervorbringen können. 2) Weil sie sich nicht mit dem vom Prof. Marianini aufgestellten Gesetze verträgt, nach welchem in den Säulen ein einziges Plattenpaar die elektromagnetische Wirkung aller übrigen hervorbringt. Zwar gehören bei diesen Säulen die hydro-elektrischen Ströme zur ersten Classe, allein ich glaube dennoch, daß ein besonderes Gesetz für die der zweiten Classe vorhanden ist. Ich habe mich überdies überzeugt, daß in allen Fällen die elektro-magnetische Wirkung mit der Zahl der Elemente wächst, sobald die individuelle Kraft dieser Elemente sehr schwach ist. Es hat also mit diesem Gesetze von Marianini eine gleiche Bewandniß, wie mit einem andern eben so nützlich-

chen; es ist ein Approximations-Gesetz, welches innerhalb der Gränzen der gewöhnlichen Ströme genau ist.

Ströme bei einfachen chemischen Zerlegungen oder Verbindungen. Ich fülle zwei kleine Gläser, welche ich *A* und *B* nenne, mit einer Salpeterlösung, und tauche darin die Enden meines Galvanometers, welche aus zwei kleinen Platinstreifen bestehen. Ich nehme ein drittes Glas *C* und gielse ein wenig Salpetersäure hinein; die Communicationen bewirke ich durch zwei Amianth- oder Baumwollenfäden, die mit der Lösung in den Gläsern *A* und *B* getränkt sind. Durch den einen Faden verbinde ich die Salpetersäure mit der Lösung, welche in einem der beiden Gläser, z. B. in *A*, enthalten ist; den andern Faden halte ich in der Hand, nachdem ich das eine seiner Enden mit einer Stange Aetzkali verbunden habe, die durch schwache Befeuchtung mit der in den Gläsern *A* und *B* enthaltenen Lösung leitend gemacht ist. Endlich bringe ich das Alkali mit der Salpetersäure in Berührung, indem ich zugleich das andere Ende des Communicationsbogens in das Gefäß *B* tauche. Sogleich fängt die chemische Wirkung an, und die Nadel meines Multiplicators weicht in ihrer ersten Bewegung über 40 bis 50° ab, einen Strom anzeigend, der in der Flüssigkeit vom Alkali zur Säure geht. Vor und nach dem Versuche versichere ich mich sorgfältig von der Homogenität der an dem Galvanometerende befestigten Platinstreifen, und, zur größern Sicherheit, füge ich der Kette noch zwei Gläser *A'* und *B'* hinzu, um in diese die Communicationsbögen einzutauchen. Die in die beiden ersten Gläser *A* und *B* eingetauchten Platinstreifen sind also völlig gegen jede von dem Alkali und der Säure herrührende Veränderung geschützt, da diese in so großer Entfernung in Wirkung gesetzt sind. Jedenfalls hat man immer in der Umkehrung der Kette eine directe Probe, um die Resultate zu verificiren.

Kaustisches Kali hat mir, wie gesagt, Bewegungen

von 80° gegeben. Kohlensaures Kali giebt eine geringe Wirkung, doch noch 15 bis 20° ; kohlensaures Natron, so wie gewöhnlicher Kalk, bringen ähnliche Ablenkungen hervor.

Bei diesen Versuchen wurden die alkalischen und erdigen Substanzen in starrer Gestalt angewandt; aufgelöst geben sie weit schwächere Wirkungen, und, was recht sonderbar ist, oft eine umgekehrte Wirkung, wie im starren Zustande. Diese Umkehrung hat mir beim Kalk constant geschiessen, ein unerwartetes Resultat, welches, nach allen Seiten studirt, vielleicht zu einer den elektro-chemischen Lehren wenig günstigen Folgerung führen wird.

Ich habe die ersten Resultate, welche mit der Salpeterlösung, in welche die Platineenden des Galvanometers eingetaucht waren, erhalten wurden, etwas ausführlich aus einander gesetzt, weil dieß grade der hauptsächlichste Streitpunkt zwischen den HH. Becquerel und Davy ist. Der letztere erhielt bei dieser Anordnung keine Anzeigen eines Stromes, und Hr. Becquerel schreibt diesen Mangel an Wirkung dem Umstande zu, daß Hr. Davy eine Salpeterlösung zur Completirung der Kette anwandte. Durch Eintauchung der Platinspitzen in Salpetersäure oder Schwefelsäure erhielt der französische Abweichungen, die von 6 bis 15° gingen (*Annal. de chim. et de phys.* XXX. p. 123.). Ich habe diese Substitution mehrmals ausgeführt, ohne sonderlich an Wirkung zu gewinnen. Die Erfahrung hat mich gelehrt, daß man die Anwendung starker Säure bei den kleinen Platinstreifen zu vermeiden habe, weil es dann weit schwerer ist, sie homogen zu behalten, als in Salzlösungen. Nach allen diesem wird mir, wie ich glaube, die Meinung erlaubt seyn, Hr. Davy habe keine Anzeigen von Strömen erhalten, nicht weil er seine Versuche unter wenig günstigen Umständen angestellt hat, sondern deshalb, weil sein Galvanometer wahrscheinlich nicht empfind-

lich genug für einen Versuch von dieser Feinheit gewesen ist. Ich könnte ganz dasselbe von dem Instrumente des Hrn. Becquerel sagen; allein was ist von positiven Resultaten zu halten, die dieser Physiker unter fast ähnlichen Umständen, wie die negativen, bekommen hat? Ich will gewiss keine Thatsache controliren, sondern wenn sich Zweifel in dieser Hinsicht erheben, kann Hr. Becquerel allein dieselben lösen, dadurch, daß er die Kraft seines Galvanometers und die Umstände bei der letzten Bestätigung seiner Resultate bestimmter kennen lehrt *). Man erhält mit Schwefelsäure größere Wirkungen, als mit Salpetersäure. Die letztere giebt mit kohlen sauren Alkalien und Erden Ablenkungen von 15 bis 20°, während man mit Schwefelsäure 25° bekommt.

Salzsaurer Baryt und Schwefelsäure geben eine Ablenkung von 10 bis 15°; Ammoniak und Schwefelsäure oder Salpetersäure erregten Bewegungen von 5 bis 10°. Schwefelsäure und salpetersaures Kali bringen eine beträchtliche Wirkung hervor, die Nadel wich 20 bis 25° ab. Bei diesen Versuchen waren die Streifen des Gal-

*) Bei Gelegenheit dieser Verification citirt Hr. Becquerel seinen Versuch mit oxygenirtem Wasser, als eine der unzweifelhaftesten Proben für die Entwicklung elektro-chemischer Ströme. (*Ann. de chim. et de phys.* XXXV. p. 123. 124.). Bei diesem Versuche endigt sich der Galvanometer an einer Seite in einem Platinlöffel, und an der andern in Platinschwamm. Das oxygenirte Wasser entwickelt bei seiner Zersetzung bekanntlich viel Wärme, welche natürlich den feinertheilten Platinschwamm mehr erwärmen muß, als den Löffel. Reicht nun dieser Temperatur-Unterschied nicht hin, um, unabhängig von jeder andern Ursache, einen elektrischen Strom zu erregen? Fast möchte ich sagen, die Vermuthung werde zur Gewißheit, bei Erwägung, daß man einen ähnlichen Strom erregt, entweder wenn man einen der an den Enden des Galvanometers befestigten gewöhnlichen Platinstreifen erhitzt, bevor man sie beide in eine und dieselbe Flüssigkeit taucht, oder, wenn man sie beide in ihrem natürlichen Zustande eintaucht, und darauf ein wenig erwärmte Flüssigkeit blots auf die eine Seite gießt.

vanometers in eine Kochsalzlösung geleitet. Weinstein- säure und kohlen-saures Kali gaben mir nur eine geringe Abweichung von ungefähr 5°.

In aller Strenge sind diese Resultate nicht mit einander vergleichbar, weil sie nicht unter völlig gleichen Umständen erhalten worden sind; doch können sie dazu dienen, eine Idee von den mehr oder weniger kräftigen Verbindungen zu geben. Die Substanzen, welche sich durch ihre Action am meisten zur Erzeugung eines Stromes eignen, sind im Allgemeinen nicht die, bei welchen sich die chemische Action am kräftigsten zeigt. Die Schwefelsäure z. B. wirkt ruhig auf das salpetersaure Kali, und doch findet hier ein stärkerer Strom statt, als bei den kohlen-sauren Salzen, bei welchen das Aufbrausen so lebhaft ist.

Ströme bei bloßen Auflösungen. Ich habe diese Ströme in verschiedenen Fällen erhalten. Folgendes sind die hauptsächlichsten. Schwefelsäure mit den drei Salzen: schwefels. Kupfer, schwefels. Kali und schwefels. Quecksilber; Salpetersäure und Salpeter; diese letzte Verbindung erzeugt einen sehr schwachen Strom. In allen Fällen gehen die Ströme von den Salzen zu den Säuren, und erzeugen gewöhnlich Bewegungen von ungefähr 10°. Die Salze waren krystallisirt.

Ströme bei doppelten Zersetzungen. Anzeigen von diesen Strömen habe ich sowohl mit dem Frosche als mit dem Galvanometer erhalten; allein sie waren schwach, und blieben oft durch unvorhergesehene Umstände ganz aus. Die Ursache dieser Anomalien kann ich nicht angeben; doch glaube ich, rühren sie, wenigstens zum großen Theil, von der Substanz her, die wir genöthigt sind in den Strom zu bringen, um den Extremitäten des Galvanometers die Homogenität zu erhalten. Daraus entsteht einige Ungewißheit in den Resultaten, und es ist daher besser neue Versuche anzustellen, ehe ich in die bisher erhaltenen volles Zutrauen setze. Die Combinationen,

welche ich versucht habe, sind: essigsaures Blei und schwefelsaures Zink, salzsaurer Baryt mit schwefelsaurem Kali, Magnesia und Natron, salzsaurer Kalk und kohlenensaures Natron.

Die wenigst zweifelhaften Anzeigen wurden mit salzsaurem Baryt und den schwefelsauren Salzen erhalten. Als die schwefelsauren Salze in Lösung, und das salzsaure in starrer Gestalt angewandt wurden, war der Strom am deutlichsten; seine Richtung ging vom salzsauren zum schwefelsauren Salze. Es entsteht hier aber ein anderer Zweifel. Wenn eins der Salze nicht gelöst ist, so kann man immer argwöhnen, daß die elektro-dynamische Wirkung mehr von dem Acte der Lösung, als von dem Austausche der Basen abhängt.

Thermo-hydro-elektrische Ströme. Nachdem ich das Daseyn des Stromes in den schon erwähnten Fällen nachgewiesen habe, bleibt, wie mir scheint, nur übrig, einige Anzeigen von thermo-hydro-elektrischen Strömen zu erhalten, wenn ich so die Ströme nenne, die in Leitern zweiter Classe bloß durch Hülfe der Wärme, gleich wie in den ganz metallischen Ketten des Hrn. Dr. Seebeck, erregt werden. Ich habe verschiedene Versuche gemacht, um diese letzte Art von Strömen zu erhalten, habe aber bisher nur zweifelhafte Resultate erhalten. Ich werde mich von Neuem mit dieser Untersuchung beschäftigen, die ich für sehr wichtig halte, weil mir scheint, daß von ihr eins der größten Probleme der physicalischen Erdkunde abhängt, ich meine den Erdmagnetismus, für welchen es nöthig eine Thatsache aufzustellen, nämlich das Daseyn elektrischer Ströme, die, übereinstimmend mit der scheinbaren Bewegung der Sonne, von Ost nach Westen gerichtet sind. In der That, wenn es hinreicht, daß man die Theile einer ganz aus Leitern zweiter Classe bestehenden Kette ungleich mächtig erwärmt, um einen Strom zu erregen, der von den heißen zu den kalten Theilen geht, so wird der Physiker berechtigt

seyn, sich dieser Thatsache zur Lösung des grössten Problems zu bedienen, dafs die Erde nichts anders als eine grofse thermo-hydro-elektrische Kette ist, welche durch die Sonne in beständiger Thätigkeit erhalten wird, indem sie die östlichen Gegenden immer früher als die westlichen erhitzt, wodurch die ersteren immer wärmer als die letzteren sind.

Zusatz. Ich habe diesen Morgen mit kleinen Thonstücken deutliche Anzeigen von thermo-hydro-elektrischen Strömen erhalten. Sie gehen, wie ich voraussetzte, von den heifsen zu den kalten Theilen. Ich werde diesen Versuch im Detail bekannt machen, sobald ich ihn wiederholt und abgeändert habe. Gelingt es, wie ich hoffe, dieses Resultat fest zu begründen, so wird man vielleicht nicht lange mehr mit dem Beweise säumen, dafs die verschiedenen Arten von Strömen sämmtlich gleicher, nämlich thermo-elektrischer, Natur sind.

XXI. Bemerkung über ein von Hrn. Poisson für die Extension elastischer Drähte aufgestelltes Theorem; von Dr. W. Weber.

Poisson, welcher, nach dem Vorgange von Euler, Lagrange und Laplace, den Calcul auf physikalische Gegenstände am erfolgreichsten anzuwenden gewußt hat, hat in den *Annales de chimie et de physique*, T. 36. p. 86. (dies. Ann. Bd. 89. S. 394.) Auszüge aus einem neuen Memoire gegeben, das einen der glücklichsten Fortschritte der Physik in neuerer Zeit zu enthalten scheint. Poisson scheint durch seine Untersuchung eine Abhängigkeit und einen Zusammenhang zwischen zwei Grundkräften der Natur, der Federkraft und der Expansivkraft, oder der Elasticität, die ein Körper nach erlittener Formänderung äufsert, und der Elasticität, die ein Körper