

I. Electricität und Magnetismus

für sich betrachtet.

A. Electricität.

§. 1.

Begriff der Electricität.

Bei einem gewissen vorübergehenden Zustande, der durch Reiben, Drücken, Erwärmen und andere Ursachen mehr herbeigeführt werden kann, besitzen manche Körper die Eigenschaft, daß sie kleine, leicht bewegliche Körper, die man in ihre Nähe bringt, anziehen und wieder abstossen, daß sie Licht ausströmen, Funken geben, unter gewissen Umständen die Magnetnadel aus ihrer natürlichen Richtung bringen u. s. w. Der Inbegriff dieser und noch mehrerer anderer, später anzuführender, Erscheinungen wird durch den Namen Electricität bezeichnet, und jene Erscheinungen selbst werden elektrische genannt. Ein Körper aber, der auf irgend eine Weise in den Zustand, wo er dergleichen Wirkungen äußert, versetzt worden ist, heißt elektrisirt. Als materielle Ursache derselben sieht man eine für unsere äußeren Sinne unwahrnehmbare, höchst feine, elastische und unwägbare (imponderable) Flüssigkeit an, welche man elektrische Materie (**Electricum**, **Electrogenium**) *) nennt, die (wie der ihr verwandte Wärmestoff) durch alle Körper der Erde verbreitet ist, sich durch Reiben und andere Behandlungen aus diesen entwickeln läßt, und die (gleich dem Wärmestoffe) das Bestreben hat, überall, wo sie hervortritt, sich ins Gleichgewicht zu setzen.

*) Nach dem Griechischen ἤλεκτρον, mit welchem Ausdrücke man den Agtstein oder Bernstein (lat. succinum) bezeichnete, an welchem einige der genannten elektrischen Erscheinungen von den Alten zuerst bemerkt wurden.

§. 2.

Verschiedene Erregungsmittel und Arten der Elektricität.

Es giebt sehr mannigfaltige Wege, auf welchen Körper elektrisirt oder die in ihnen schlummernden Elektricitäten erweckt werden können; denn fast keine Veränderung — kein Proceß nach de la Rive, bei dem das molekulare Gleichgewicht gestört wird — geht in der Körperwelt, durch die Natur oder die Kunst eingeleitet, vor sich, die nicht von elektrischen Erscheinungen begleitet wäre. So bemerken wir, daß bei allen Veränderungen, welche Körper in ihrer Form oder in ihrem Aggregat-Zustande, d. h. in der Art, wie ihre Massentheile neben einander zu einem Ganzen angehäuft sind, z. B. durch Schmelzen, Verdampfen, Krystallisiren, oder auch in ihrer chemischen Beschaffenheit erleiden, mehr oder weniger Elektricität erregt wird. Chocolade z. B., die man in verzinnten und isolirt stehenden Gefäßen gerinnen läßt, wird elektrisch gefunden. Eben so auch geschmolzener Schwefel, Wachs, Siegellack. Wasser läßt beim Verdunsten aus Gefäßen diese (negativ) elektrisirt zurück, besonders wenn letztere dabei eine chemische Veränderung erfahren. Ist schon die bloße Erwärmung oder Abkühlung eines Körpers zur Hervorrufung elektrischer Erscheinungen hinreichend, wie wir dieß ganz einfach an dem Turmalin und andern Fossilien sehen. Auf eine mehr mechanische Art wird durch gegenseitige Berührung (Contact) ungleichartiger (heterogener) Körper, so wie durch Drücken und Zusammenpressen, in einigen Fällen dagegen durch Verminderung oder gänzliche Aufhebung des Zusammenhanges (der Cohäsion) einzelner Körper — und ganz vorzüglich durch Reiben zweier Körper an einander, Elektricität erzeugt. Auch bringen gewisse Thiere (manche Fische) durch besondere, in ihrem Körper verborgene Organe, und nach einer neuen Entdeckung Faraday's selbst der Magnetismus elektrische Wirkungen hervor. Endlich läßt sich aus unzweifelhaften Thatsachen schließen, daß selbst manche Aktionen des thierischen und Pflanzenlebens von elektrischen Zuständen begleitet sind.

Nach diesen verschiedenen Quellen haben wir folgende Arten der Elektricität zu unterscheiden: 1) Elektricität durch Veränderungen in dem Aggregat-Zustande und der chemischen Constitution der Körper, wohin auch die atmosphärische

Elektricität (Luft-Elektricität) gehört; 2) Elektr. durch Temperatur-Veränderung (Pyro- oder Thermo-Elektricität); 3) Elektr. durch wechselseitige Berührung verschiedenartiger Körper (Berührungs-, Contacts- oder, nach ihrem Entdecker Galvani, Galvanische Elektricität); 4) Elektr. durch Druck oder Pressung; 5) Elektr. durch gewaltsame (mechanische) Trennung der Theile fester Körper *); 6) Elektr. durch Reibung (Reibungs- oder Maschinen-Elektricität); 7) Elektr. durch den animalischen Lebensproceß (thierische od. organische Elektricität); und 8) Elektr. durch magnetische Einwirkung (Magnet- oder Induktions-Elektricität). — Reibung ist die gewöhnlichste und am längsten bekannte, Berührung ungleichartiger Körper die ergiebigste und wegen ihrer magnetischen Ausserungen gegenwärtig die wichtigste Quelle der Elektricität. Mit Betrachtung dieser beiden Arten elektrischer Erregung soll daher begommen, und in diese die Erläuterung der zum Verständniß des Wechselverhältnisses zwischen Elektricität und Magnetismus erforderlichen Gesetze, nach welchen die Elektricität wirkt, eingeschlossen werden. — Die Erörterung der durch Temperatur-Verschiedenheit, so wie durch Magnetismus und Induktion überhaupt erzeugten Elektricitäten ist, dem Plane dieser Schrift gemäß, besondern Hauptabschnitten (III. und V.) zugewiesen.

1. Die gemeine oder Reibungs-Elektricität (Maschinen-Elektricität.)

§. 3.

Entstehungsart derselben. Page's Elektrisirmaschine.

Reibt man eine trockene Glasröhre mit der warmen Hand oder mit einem wollenen Lappen, so wird sie elektrisch. Kleine leichte Körper, z. B. Papierschnitzel oder aus Hollundermark geschnittene Kügelchen, über die man sie hält, zieht sie abwechselnd an und stößt sie wieder ab. Reibt man die Röhre stärker und hält sie vor das Gesicht, so hat man die Empfindung, als würde dieses mit einem Spinnengewebe überzogen und es wird dabei ein schwacher Geruch,

*) Für 4 und 5 sind besondere Namen noch nicht vorhanden.

wie nach brennendem Phosphor, bemerklich. Nähert man der Röhre den Knöchel eines Fingers, so schlägt aus ihr ein knisternder Funke gegen diesen. Im Dunkeln ist damit zugleich ein phosphorisches Leuchten um die Röhre verbunden. Dieselben Erscheinungen erhält man, wenn man Siegellack, Bernstein, Colophonium, Schwefel, im Ofen getrocknetes Holz, Seidenband u. s. w. reibt. Bei trockner Witterung werden Schwefelblumen schon durch den geringen Grad von Reibung beim Fallen durch die Luft — und seidene Strümpfe durch die schwache Reibung beim Aus- und Anziehen elektrisch: sie verbreiten einen Lichtschein und blasen sich auf. Ein trocknes Menschenhaar, ein neues seidenes Band, durch die trockenen Finger gezogen, wird, elektrisch geworden, von dem Finger, den man nähert, angezogen. Wird bei heiterm Wetter (denn feuchte Luft verhindert, wegen ihres guten Fortleitungsvermögens für die Elektrizität, das Gelingen dieser Versuche, S. 4.) mit der Hand über den Rücken einer Käse oder eines Hundes aufwärts gestrichen: so sträuben sich die Haare dieser Thiere, werden von der Hand angezogen, und man hört ein eigenthümliches (im Dunkeln leuchtendes) Knistern, welches von den zwischen der Hand und dem geriebenen Felle entstehenden elektrischen Funken herrührt. Ähnliche Erfahrungen machen manche Menschen beim Kämmen ihrer Haare und beim Striegeln der Pferde.

In stärkerem Grade als an einer mit der Hand geriebenen Glasröhre lassen sich die hier aufgeführten elektrischen Phänomene an einer Elektrisirmaschine *) beobachten, die, so verschieden auch

*) Die Einrichtung der gewöhnlichen Elektrisirmaschinen ist zu bekannt, als daß eine ausführlichere Beschreibung derselben hier für nöthig erachtet werden könnte. In der neuesten und compendiösesten von Page ist der geriebene Körper eine äußerlich gefirniste, 6" lange und 4" weite Glasröhre AB (Fig. 1.), in welcher ein metallener mit amalgamirtem Leder umwundener Stempel D (mit Reibung an der innern Glaswand) auf- und abbewegt wird. Von der Mitte des Stempels geht eine kurze Glasröhre F ab, an der ein metallener Stern E, dessen Spitzen zur Einsaugung her durch die Reibung des Glases erzeugten Elektrizität bis an die Wand der Glasröhre reichen, befestigt ist. Als Conduktor dient ein kurzer sphäroidisch geformter Cylinder C von Metall, der an das vordere Ende der Glasröhre AB locker angeschraubt ist, und in welchen die von den Saugspitzen des Metallsternes aus dem geriebenen Glase aufgenommene

die Konstruktion derselben seit ihrer Erfindung abgeändert worden ist, im Wesentlichen immer aus einem nicht leitenden Körper (S. 4.), sey es eine Glasscheibe oder ein Glaszylinder, ein Stück Wollzeug oder Taffet besteht, der durch einen andern (das Reibzeug oder der Reiber genannt, gewöhnlich ein Kissen von Leder, das mit einem in den Apotheken vorräthigen Amalgam aus Zinn, Zink und Quecksilber bestrichen ist) mittelst schneller Drehung gerieben, und von dem die hierdurch in Bewegung gesetzte elektrische Flüssigkeit in einen auf Glasfäden isolirt stehenden (S. 4.) Leiter (Konduktor), der gewöhnlich ein überall wohl abgerundeter hohler Metallzylinder ist, abgeleitet und hier angesammelt wird. Bei der Umdrehung des geriebenen Körpers sieht man leuchtende Strahlenbüschel aus dem Konduktor gegen jenen strömen; kleine bewegliche Körper werden schon aus der Ferne her von dem Konduktor angezogen, dann wieder von ihm abgestoßen und, nachdem sie einen Leiter, z. B. den Tisch, berührt haben (S. 8.), aufs Neue von ihm angezogen. Die Empfindung, als würde das Gesicht mit einem Spinnennetz überslogen, ist, wenn man sich dem Konduktor nähert, viel stärker und der Geruch nach Phosphor dabei viel deutlicher, als bei einer geriebenen Glasröhre. Bei An-

Elektricität mittelst einer langen feinen Drahtkette, die ihn mit dem Centrum des Sterns verbindet, übergeleitet wird. — Von Peltet sind ausführliche Untersuchungen über den möglichst größten Effekt angestellt worden, der durch Reibung des Glases an Elektrifizirmaschinen erreicht werden kann. Als Resultat derselben hat sich in Bezug auf Cylinder-Maschinen ergeben: 1) Daß die Zeit des Reibens auf die Elektricitäts-Erregung keinen Einfluß ausübt, indem sehr bald das Maximum der Elektricitäts-Menge in dem Glase erreicht wird, das sich dann bei fernerm Reiben constant bleibt. 2) Daß (bei trockener Luft) die elektr. Erregung des Glases durch vermehrte Geschwindigkeit des Reibens, so wie durch stärkeren Druck des Reibzeugs gegen das Glas und durch die Dicke, sowohl des Reibzeugs als auch des Glases (insofern dieses nur einseitig, an der Außenfläche des Cylinders, gerieben wird), nicht gesteigert wird. (Bei Scheibenmaschinen, wo das Glas auf beiden Seiten gerieben wird, ist bekanntlich die Wirksamkeit um so größer, je dünner das Glas ist). 3) Daß die Elektricitäts-Erregung von der Breite des Reibers nicht, wohl aber von der Krümmung desselben an der Gränze seiner Berührung mit dem Glaszylinder abhängig ist, indem das Glas um so stärker elektrisch wird je weniger gekrümmt die demselben zugekehrte Fläche der reibenden Substanz ist.

näherung eines abgerundeten Leiters, z. B. einer Metallkugel oder eines Fingerknöchels, bricht aus dem Conduktor ein leuchtender (und schmerzhafter) Funke hervor, der durch die rasche Vereinigung der aus den beiden Leitern gegen einander fahrenden entgegengesetzten Elektricitäten entsteht (§. 7. *), dessen Länge und Stärke von der Schlagweite der Maschine (§. 7.) abhängt und der bei großen Maschinen und bei günstiger Witterung gegen 20 und mehr Zoll lang seyn kann. Befestigt man auf dem Conduktor eine metallene Spitze, so strömt die Elektricität aus dieser unter einem knisternden Geräusch und in Gestalt eines blauröthlich leuchtenden Feuerbüschels aus, der ebenfalls durch die Vereinigung der durch das Reiben frei gewordenen Elektricität des Conduktors mit der entgegengesetzten Elektr. (der umgebenden Luft) entsteht und auf einem ihm entgegengehaltenen Körpertheile die Empfindung eines Anblasens, wie von einem leichten Winde, hervorbringt. Leitet man diesen elektrischen Strom auf die Zunge, so bekommt man einen säuerlichen Geschmack. Durch dieses Ausströmen der Elektricität, das man auf das Mannigfaltigste zu physikalischen Unterhaltungen, z. B. zur Bewegung kleiner Räder, benutzen kann und benutzt hat, wird der Conduktor allmählich seiner elektrischen Kraft beraubt. Dasselbe erfolgt auch, wenn man eine Metallspitze dem Conduktor nähert, wobei sich aber an der Spitze kein Lichtbüschel, sondern ein leuchtender Stern zeigt (§. 10. 1). Dieselben Erscheinungen bieten sich mit einiger Abweichung an dem Reibzeuge der Maschine dar, wenn dieses (auf Glas) isolirt steht. (§. 4.)

§. 4.

Verbreitung und Mittheilung der Elektricität. Leiter (Conduktoren) und Nichtleiter (Isolatoren). Halbleiter.

Metalle, Wasser und andere Feuchtigkeit enthaltende Substanzen, z. B. der menschliche Körper und nasses Holz, lassen sich nicht (wenigstens nicht so bequem und auf eine so merkliche Art) durch Reiben in den elektrischen Zustand versetzen, als z. B. Glas, Seide, Siegellack und die übrigen oben genannten Körper. Dagegen zeichnen jene sich vor diesen durch die Eigenthümlichkeit aus, daß sie, wenn man sie mit durch Reiben oder sonst elektrisch gewordenen Körpern in Berührung oder diesen auch nur nahe bringt, die Elektricität sehr leicht

von ihnen aufnehmen, längs ihrer Oberfläche fort leiten, und wenn man auf die gleich näher anzugebende Weise die weitere Ableitung der Elektrizität von ihnen verhütet, durch diese Aufnahme der Elektrizität, also durch Mittheilung, elektrisch werden; wo sie dann dieselben Erscheinungen hervorzubringen im Stande sind, die man an durch Reiben elektrisirten Körpern wahrnimmt. Man nennt diese, nicht durch Reiben, sondern nur durch Mittheilung elektrisirbaren Körper Leiter oder Conduktoren der Elektrizität oder unelektrische (anelektrische) Körper; jene dagegen, wie Glas, Siegellack, welchen das Vermögen, die Elektrizität in sich aufzunehmen und fortzuleiten, abgeht, und deren natürliche Beschaffenheit verhindert, daß die ihnen mitgetheilte Elektrizität sich über ihre Oberfläche verbreitet — Nichtleiter, Isolatoren der Elektrizität oder, weil Elektrizität unmittelbar in ihnen sich erregen läßt, ursprünglich elektrische oder idioelektrische, auch wohl nur schlechthin elektrische Körper. Ein unelektrischer Körper oder Leiter der Elektrizität verbreitet, wenn er auch nur in Einem Punkte mit einem elektrisirten Körper berührt wird, die durch Mittheilung empfangene (und sich überall in's Gleichgewicht zu setzen strebende) Elektrizität gleichförmig auf seiner ganzen Oberfläche; ein Nichtleiter dagegen setzt dem Streben der Elektrizität nach Gleichgewichte Gränzen und nimmt, indem er sich selbst isolirt, die ihm mitgetheilte Elektrizität nur an der Stelle an, wo er mit dem elektrisirten Körper in Berührung kam, oder, wenn ursprüngliche Elektrizität in ihm erregt wurde, wo er gerieben worden ist, niemals aber an den übrigen Stellen seiner Ausdehnung. Tritt ferner ein Leiter nur an Einem Punkte mit einem andern Leiter in Verbindung, so verliert er sogleich die ihm mitgetheilte Elektrizität auf seiner ganzen Oberfläche; nicht so der Nichtleiter: dieser verliert, wenn er auch in seiner ganzen Ausdehnung elektrisch ist, durch die Berührung mit einem Leiter seine elektrische Kraft nur an der Stelle, wo dieser ihn berührte, weil seine nicht leitende Eigenschaft die Entziehung der Elektrizität von den übrigen Stellen aufhält. Einer durch Reiben elektrisirten Glasröhre kann daher ihre ganze Elektrizität nicht durch einmalige, sondern nur durch wiederholte Berührung an verschiedenen Stellen entzogen werden; sie läßt sich aber auch aus gleichem Grunde in den elektrischen Zustand bringen, während man sie mit der Hand hält, und ohne daß sie also von Leitern abgefondert

zu seyn braucht. Bei einem Leiter dagegen, z. B. einer Metallstange, die durch Mittheilung elektrisirt worden ist, erstreckt sich der Verlust ihrer Elektricität sogleich über die ganze Oberfläche, wenn sie auch nur an einer einzigen Stelle mit einem leitenden Körper in Berührung kommt; daher läßt sich dieselbe nicht durch Mittheilung elektrisiren, so lange sie mit einem leitenden Körper in Verbindung steht, z. B. wenn sie während des Versuches an dem einen Ende mit der (leitenden) Hand gehalten wird oder wenn sie durch eine kleine Erhabenheit oder eine spitzige Stelle, die sich auf ihr befindet, mit der Luft in leitender Gemeinschaft ist (S. 3.). — Ein Leiter, der durch Nichtleiter von andern Leitern abgefordert ist, so daß die ihm mitgetheilte Elektricität nach keiner Seite weiter sich verbreiten kann, z. B. eine Metallröhre, die in trockner Luft an seidenen Schnüren aufgehängt ist oder auf einem Fuße von Glas oder Siegellack ruht — heißt isolirt.

Unter den Elektricitäts-Leitern nehmen die Metalle im regulinischen Zustande (besonders das seiner Wohlfeilheit und seines guten Leitvermögens wegen für elektro-magnetische und magnet-electrische Versuche so wichtig gewordene Kupfer), und die Kohle (nach Volta, Leiter der ersten Klasse) den obersten Rang ein. Auf diese folgen Graphit (durch seinen Eisengehalt), verdünnte Luft, Säuren, Salz- und Kalilaugen, Wasser und alle andern Feuchtigkeit enthaltende Körper (Leiter der zweiten Klasse), z. B. die thierische Körper (vorzugsweise die Nerven), lebende Vegetabilien, die Erde, Schnee, Eis (bei einer Temperatur über -13° R.), Rauch, Dämpfe, feuchte Luft. Zu den Nichtleitern gehören, außer den S. 3. schon erwähnten Körpern: alle Verglasungen, die meisten Edelsteine, Harze, Wachs, Seide, Wolle, Haare, Federn, Papier, Fischbein, gedörrte Vegetabilien, Eis (wenn es unter -13° R. erkaltet ist) und ganz vorzüglich trockene Luft. Zwischen beiden Klassen stehen die Halbleiter, zu denen verrostetes Metall, halb trockenes Holz, zu viel Laugensalz oder Metalltheile enthaltendes Glas, Marmor, Wachstuch, Elfenbein, Knochen u. dgl. m. gerechnet werden *). — Unter ge-

*) Der hier gegebene Unterschied der Körper in elektrische und unelek-

wissen Umständen, namentlich bei Veränderungen ihrer Form, werden manche Nichtleiter ganz zu Leitern und umgekehrt manche Leiter zu Nichtleitern. Harz und Glas z. B. wird im Zustande des Schmelzens leitend. Kohle verliert im Zustande der Krystallisation, als Diamant, ihr Leitvermögen und wird zum Isolator. Eben so auch, wie wir eben sahen, Wasser, wenn es bei großer Kälte zu Eis erstarrt.

§. 5.

Schnelligkeit ihrer Bewegung.

Die Elektrizität bewegt sich bei ihrer Verbreitung mit fast unmeßbarer Geschwindigkeit und selbst noch schneller als das Licht (§. 99.*). Trotz des Widerstandes, den ihrer Bewegung selbst gute Leiter entgegensetzen (§. 4.*), ist diese für Meilen weite Entfernungen noch instantan zu nennen. Nach Wheatstone, dem es durch ein besonderes Verfahren gelang, die Schnelligkeit des elektrischen Stromes bei Entladung einer Leidner Flasche durch einen 2640 Fuß langen Kupferdraht zu messen, dessen Endpunkte er zugleich übersehen konnte, durchläuft sie gegen 288,000 Meilen in Einer Sekunde, während das Licht der Trabanten des Jupiters in derselben

trische gilt nicht in aller Strenge — indem bei gehöriger Vorrichtung auch Leiter durch Reiben elektrisch gemacht werden können; eine Metallstange z. B. durch Reiben mit einem seidnen Tuche, wenn sie während der Manipulation mit einer (isolirenden) Handhabe von Glas gehalten und dadurch die Ableitung der Elektrizität in die Hand verhütet wird; doch ist die Spannung der so erhaltenen Elektr. wegen ihrer sogleich erfolgenden Verbreitung auf der ganzen Oberfläche nur sehr schwach und nie so stark, als bei dem Reiben einer Glasröhre, wo die Elektr. immer nur an der Stelle haftet, an der sie erregt worden ist. Becquerel über die Erregung von Elektr. durch Reibung der Metalle mit Metallen, in *Annal. de chim.* 47. p. 116. Umgekehrt können auch Isolatoren durch Mittheilung elektrisirt werden, wenn man ihnen in allen Punkten Elektr. zuführt, z. B. dadurch, daß man diese mit Hilfe einer Spitze auf sie strömen läßt. — Eben so wenig giebt es absolute Leiter und Nichtleiter der Elektr.; denn auch die besten Leiter, die Metalle, setzen der Verbreitung der elektr. Flüssigkeit über ihre Masse einigen Widerstand entgegen, so wie gegenheils das Nichtleitungsvermögen der besten Isolatoren von starker Elektr. überwältigt wird und diese daher zu Leitern derselben werden können. Für sehr schwache Elektr. ist selbst ein Halbleiter schon ein vollkommener Isolator.

Zeit nur einen Raum von 191,515 Meilen zurücklegt. Dove und Moser, Repertor. d. Phys., Berl. 1838, Bd. 2. S. 16.

§. 6.

Einfluß der Gestalt der Leiter auf die Mittheilung der Electricität. Spannung (Tension) derselben.

Die Electricität dringt bei ihrer Fortleitung nicht merklich in die Masse des Leiters ein, sondern verbreitet sich nur auf seiner Oberfläche. Je dichter sie sich auf dieser anhäuft, desto größer wird ihre Spannung oder Tension (Intensität), desto leichter und in desto größerer Entfernung theilt sie sich einem andern Leiter mit. Am stärksten sammelt sie sich an Hervorragungen, Rändern und Spitzen des Leiters an. Auf der Fläche einer Kugel verbreitet sie sich hingegen ganz gleichmäßig, d. h. sie ist an allen Stellen derselben in gleicher Intensität vorhanden. Von einem Leiter in Kugelgestalt geht sie daher nicht so leicht an andere Leiter über, als von den Enden des längsten Durchmessers eines ellipsoidisch geformten Körpers, von den Ecken eines metallenen Würfels oder von einer Metallspitze, die man auf dem Leiter befestigt. Von letzterer fließt die angehäuften Electricität fortwährend und fast geräuschlos in große Weiten aus; weshalb an elektrischen Geräthschaften, z. B. an dem Conductor einer Elektrirmaschine, alle Spitzen und selbst Staub, da dieser ebenfalls kleine Spitzen bildet, sorgfältig entfernt gehalten werden müssen. Es tritt dieses stille, nur mit einem leisen Blasen oder Wehen verbundene, Ausströmen der Electricität in der Gestalt eines Lichtpunktes oder Lichtinsels unter die Wahrnehmung des Auges (§. 10, 1). Sonst theilen Kugeln ihre Electricität um so leichter und um so weiter mit, je kleiner ihr Durchmesser ist. Denselben Einfluß übt die Form der Leiter auch auf die Aufnahme der Electricität aus. Spitzen und Hervorragungen nehmen sie leichter auf, als platte oder große kugelförmige Leiter. Darum wird das dem zerriebenen Glaskörper der Elektrirmaschinen zugekehrte Ende des ersten Leiters mit kleinen Kugeln oder Spitzen (Saugspitzen) versehen *).

*) Gewöhnlicher Feuerschwamm (sowohl ein kleines spitziges Stückchen als auch ein rund über den Finger gespanntes Stück desselben) saugt die Electr. noch besser ein und leitet sie in weit größere Entfernung ab, als metallene Spitzen. Es lassen sich deshalb mit ihm auch keine Funken aus

§. 7.

Der elektrische Funke. Elektrische Schlagweite.

Wenn zwischen zwei Leitern, von denen der eine elektrisirt ist, ein schlechter Leiter, z. B. sehr reine trockene Luft, sich befindet: so erfolgt die Mittheilung der Elektricität von jenem auf diesen nicht eher, als bis die Elektricität in dem Grade sich angehäuft hat oder ihre Spannung so groß geworden ist, daß sie den Widerstand des isolirenden Mittels (der trockenen Luft) zu überwältigen vermag. Bei ihrem Uebergange zieht sich dann die Elektricität, um die möglichst kleine Menge des ihre Fortleitung unterbrechenden Hindernisses, hier der Luft, überwinden zu dürfen, sehr zusammen und durchbricht in diesem verdichteten Zustande diese (nicht mehr, wie bei dem Ausströmen aus Spitzen, geräuschlos und allmählich, sondern) gewaltsam und hörbar unter einem lauten Schalle und unter Entwicklung eines sehr intensiven Lichtes — oder bringt die bekannte Erscheinung eines elektrischen Funkens hervor, welcher in gewöhnlichen Fällen als ein gerader Strahl, bei starker Spannung der Elektricität aber und bei größerer Entfernung zwischen dem elektrischen und dem Körper, auf welchen er überschlägt, in zackenförmiger Gestalt erscheint. Die Entfernung, in welcher der Funke überspringt, nennt man die Schlagweite des elektrischen Körpers, und diese ist zum Theil von den im vorigen §. mitgetheilten Umständen abhängig. Auf abgerundete Leiter, z. B. auf eine Kugel, auf den Knöchel eines Fingers, schlägt nach diesen der Funke *) eines Conductors leichter über, als auf einen

einem Conductor ziehen. Die Ursache davon liegt in den feinen Fasern des Schwamms, welche sich bei der Annäherung an einen elektr. Körper emporrichten. Schwamm, der an seiner Außenfläche durch Nässe abgeglättet ist, zeigt dieses Verhalten nicht mehr. — Man darf sich übrigens nicht denken, daß bei dem Aufsaugen der Elektr. durch Spitzen und bei der Aufnahme der Elektr. überhaupt wirklich Elektricität in die Leiter übergeht, sondern diese geben zugleich auch von ihrer Elektr. ab und der Vorgang der elektrischen Mittheilung kommt durch Vereinigung der beiden sich entgegenkommenden Elektricitäten, die sich wie zwei entgegengesetzte Größen verhalten, zu Stande. (§. 8.)

*) Wie das Aus- und Einströmen der Elektr. aus oder in Spitzen (§. 6. *) beruht auch der elektr. Funke nicht auf einer einfachen Mittheilung der Elektr. von dem elektr. Körper an den ihm entgegengehaltenen: sondern er wird (nach dem fast allgemein angenommenen Systeme der Qua-

flachen Körper, z. B. eine ebene Metallfläche oder die vorgehaltene flache Hand. Haben die beiden Körper, zwischen denen der Funke entsteht, eine gleichförmig abgerundete Oberfläche, so erscheint der Funke gerade in der Mitte zwischen beiden, indem sich die entgegengesetzten Elektricitäten der beiden Körper auf halbem Wege begegnen und neutralisiren (§. 8.). Hat der Leiter, mit welchem man den Funken aus dem elektrischen Körper zieht, eine weniger abgerundete Fläche, als dieser, so zeigt sich der Funke jenem näher, weil er seine Elektricität schwerer fahren läßt. Ist er fast zu einer Ebene abgeflacht und zugleich der Durchmesser des elektrischen Körpers bis zu der Form einer stumpfen Spitze vermindert, so wird der Funke jener ganz nahe gebildet und wenn die Fläche völlig eben und die Spitze scharf ist, so verschwindet er ganz und die beiden entgegengesetzten Elektricitäten setzen sich erst auf jener selbst durch ihre Vereinigung ohne Schlag, nur von einer Lichtentwicklung an der Spitze

listen, dem auch wir hier folgen) durch die wechselseitige Anziehung der beiden Elektricitäten, des $+E$ des einen und des $-E$ des andern Körpers, gebildet, welche sich bei ihrem Begegnen in dem nicht leitenden Mittel, das die beiden Körper trennt, vereinigen und in's Gleichgewicht setzen (§. 8. und 20. 2). Nach der Theorie der Unitarier ist der Funke einfach, und bewegt sich von dem $+$ elektr. Körper zu dem $-$ elektrischen. Daß ein langer Funke, wie wir ihn z. B. im Blitz erblicken oder aus dem Conduktor einer großen Maschine ziehen, sich im *Blick* darstellt, ist aus dem eben Gesagten leicht erklärbar und kommt daher, daß die elektr. Materie bei Durchbrechung der schlecht leitenden Luft diese vor sich verdichtet, wodurch sie in ihrer geraden Bewegung einen größern Widerstand erfährt. Sie weicht daher seitwärts nach einer weniger dichten Stelle der Luft aus, wo sie wieder durch eine gleiche Verdichtung auf's Neue zur Seite gewiesen wird. Der eigenthümliche Knall, der jeden nur einigermaßen starken Funken begleitet, wird durch die Wiederausdehnung der vor dem Funken zusammengepreßten Luft hervorgebracht, wodurch die Luft umher in Schwingungen versetzt wird. Warum der elektr. Funke als ein zusammenhängender Strahl erscheint, da er doch im Grunde nur ein sich bewegender Punkt ist, ist aus der Schnelligkeit der Bewegung des elektrischen Fluidums erklärlich, vermöge welcher derselbe bereits an einer andern Stelle seiner Bahn unserm Blicke erscheint, ehe noch der Lichteindruck von der Stelle aus, wo er vorher unser Auge traf, in diesem verschwunden ist — analog der bekannten Erfahrung, daß ein Stück glühende Kohle, im Kreise rasch umhergeschwungen, ebenfalls nicht als einzelner Lichtpunkt, sondern als ein feuriger Kreis erscheint.

begleitet, mit einander in's Gleichgewicht. Die Farbe des elektrischen Funkens ist immer mehr oder weniger weiß und derselbe daher, wie das Sonnen- und Kerzenlicht, durch ein Glasprisma in die sieben Farben des farbigen Sonnenspektrums zerlegbar. Durch die Natur des Körpers, auf den er überschlägt, wird die Färbung desselben etwas abgeändert. Vollkommen weiß ist er nur, wenn er auf Metall schlägt; nimmt ihn die Hand auf, so spielt er in's Violete; in's Wasser schlagend ist er röthlich, in Wasserdünsten erscheint er gelb, in Alkohol- und Naphtha-Dünsten grün. Auch scheint auf die Verschiedenheit seiner Färbung die Intensität der elektrischen Spannung Einfluß zu haben, — und stets ist eine (violete) Stelle in dem Funken bemerkbar, die dunkler ist, als der übrige Theil desselben. *Wheatstone*, in den *Phil. Mag. Ser. III. Vol. 7. p. 299.*

Durch den luftverdünnten Raum geht die Electricität, da dieser ein guter Leiter ist (§. 4.), dem abendlichen Wetterleuchten oder dem Scheine des Nordlichts ähnlich, leicht und still hindurch, und verbreitet sich darin mit einem schönen, matten Lichtscheine, in welchem Strahlen von verschiedenem Glanze ausschieseln. Man nimmt im Dunkeln diese glänzende Erscheinung in dem luftleeren (Torricellischen) Raume eines gut ausgekochten Barometers wahr, wenn bei Bewegungen desselben durch Reibung des Quecksilbers gegen das Glas Electricität erregt wird.

§. 8.

Entgegengesetzte Electricitäten. Positive und negative oder Harz- und Glas-Electricität. Gesetz der elektrischen Anziehung und Abstoßung. Elektrische Pausen.

Wenn man zwei kleine Kügelchen von Hollundermark an seidenen Fäden (also isolirt) in einiger Entfernung von einander aufhängt, und man dem einen derselben eine durch Reiben elektrisirte Glasröhre nähert: so wird sich dieses sogleich daran hängen und, sobald es genug Electricität empfangen hat, wieder abgestoßen werden. Ganz dasselbe wird mit dem zweiten Kügelchen erfolgen, wenn man ihm eine durch Reiben elektrisirte Siegellackstange nahe bringt. Nähert man hingegen dem ersten Kügelchen, gleich nachdem es von der Glasröhre abgestoßen wurde, die geriebene Siegellackstange, so wird es schnell zu dieser hingezogen werden; so wie auch anderseits das zweite von

dem Siegellack abgestoßene Kügelchen von der Glasröhre angezogen werden wird, wenn man diese in seine Nähe bringt. Bringt man eins der beiden Kügelchen in gleiche Entfernung zwischen die Glasröhre und die Siegellackstange, so wird es abwechselnd von der einen abgestoßen und von der andern angezogen. Wendet man den Versuch weiter ab und berührt die zwei Kügelchen, nachdem man sie vorher einander so nahe gehängt hat, daß sie sich berühren, mit einer Glasröhre: so stoßen beide sich gegenseitig ab und fahren aus einander. Dasselbe ist auch der Fall, wenn man, nachdem sie, z. B. durch Berühren mit dem Finger, die ihnen mitgetheilte Electricität wieder verloren haben, dieselben statt der Glasröhre mit dem Siegellack berührt. Hängt man endlich die beiden Kügelchen nur wenig entfernt von einander und elektrisirt dann das eine mit Glas, das andere mit Siegellack: so ziehen sich beide, einander genähert, rasch an und bleiben eine Zeit lang zusammen hängen, worauf sie aus einander fallen und keine Spur von Electricität mehr zeigen. — Aus diesen Versuchen ergibt sich augenfällig, daß die Electricität (das elektrische Fluidum) aus zwei besonderen Stoffen besteht oder daß es zwei verschiedene Electricitäten giebt, welche einander entgegengesetzt sind, die aber eine gewisse Verwandtschaft zu einander haben, kraft deren sie sich wechselseitig anziehen. Man nannte sie vordem Glas- und Harz-Electricität, indem man glaubte, daß, weil man die eine dieser Electricitäten besonders aus geriebenem Glase, die andere aus geriebenem Siegellacke erhielt, jeder dieser Körper eine besondere Electricität besitzen müsse. Allein, da man aus Glas wie aus Harz und überhaupt aus allen Körpern, nach Verschiedenheit des Stoffes, mit dem sie gerieben werden, beide Arten von Electricitäten entwickeln kann (S. 9.), die Benennungen Glas-Electr. und Harz-Electr. folglich die entgegengesetzten elektrischen Zustände nicht richtig bezeichnen, diese sich aber wie entgegengesetzte Kräfte zu einander verhalten: so nennt man sie (nach Franklin) richtiger positive und negative Electricität und bezeichnet erstere, nach dem Vorschlage Lichtenbergs, durch $+E$, letztere durch $-E$.

Aus den obigen Erscheinungen geht zugleich folgendes Hauptgesetz hervor: Körper, welche gleichartige (gleichnamige) Electricität haben, stoßen einander ab; Körper dagegen,

welche ungleichartige (ungleichnamige) Elektr. haben, ziehen einander an und verlieren, wenn der in ihnen erweckte elektr. Zustand von gleicher Stärke war, nach ihrer Berührung alle Elektrizität, indem sie in den Zustand einer elektrischen Indifferenz treten. $+E$ stößt $+E$, $-E$ stößt $-E$ zurück; dagegen $+E$ und $-E$ ziehen einander an und geben bei gleicher Stärke $0E$.

Werden die Kugeln bei obigen Versuchen nicht gleich stark elektrisirt, so erfolgen die Erscheinungen ihrer wechselseitigen Anziehung nicht immer genau auf die bezeichnete Weise; denn es ziehen sich auch zwei positiv oder zwei negativ elektrisirte Körper gegenseitig an, wenn die Elektrizität des einen viel stärker ist, als die des anderen; eben so wie auch die gleichnamigen Pole zweier ungleich starker Magnete sich gegenseitig nicht abstoßen, sondern anziehen (§. 60.) — Uebrigens folgt bei der elektrischen Anziehung der beweglichere Körper stets dem minder beweglichen oder ganz unbeweglichen. Endlich findet bei der elektrischen Anziehung noch eine andere Modifikation statt, die darin besteht, daß ein elektrisirter und ein 0 elektrischer Körper oder auch zwei ungleichartig elektrisirte Körper in einem gewissen Abstände sich einander anziehen, in einem größeren dagegen sich ruhig gegenüber bleiben, in einem noch größeren aber wieder sich anziehen. Man nennt die Zwischenräume, wo die Anziehung cessirt, elektrische Pausen. —

Auf das Gesetz der elektrischen Anziehung und Abstosung gründet sich eine Menge theils lehrreicher theils nur belustigender Versuche, die man unter den an dem Conduktor einer Elektrisirmaschine anzustellenden Versuchen in den Lehrbüchern über Physik beschrieben findet, z. B. das elektrische Glockenspiel, die elektrische Spinne.

§. 9.

Gleichzeitiges Auftreten beider Elektrizitäten.

Ueberall, wo Elektrizität erregt wird, treten beide entgegengesetzte elektrische Zustände, $+E$ und $-E$, zugleich auf und nie entsteht der eine ohne den anderen; eben so, wie auch beim Magnetisiren die beiden magnetischen Gegenpole, der Nordpol und der Südpol, stets zugleich hervortreten. (§. 55. 64.). Beim Reiben entwickelt sich die eine Art der Elektri-

cität an dem reibenden, die andere an dem geriebenen Körper. Hat z. B. jener $+E$, so ist in diesem $-E$ rege und umgekehrt; und zwar sind die beiden Electricitäten in beiden Körpern in gleicher Intensität vorhanden, so daß sie, kommen sie zur Vereinigung, sich gegenseitig völlig aufheben (neutralisiren). Die Art der Electricität, welche der reibende oder der geriebene Körper bekommt, hängt von mehreren Umständen, namentlich von der Beschaffenheit der Oberfläche der sich reibenden Körper (selbst von ihrer Farbe), von ihrer Temperatur und von der Art (Stärke) des Reibens ab. Ein bestimmtes Gesetz darüber giebt es nicht; es kann daher mit Gewißheit nie voraus bestimmt werden, ob ein Körper durch das Reiben positive oder negative Electricität annehmen werde. Unter einer gewissen Behandlung (z. B. durch Reiben mit einem Katzenfelle) kann selbst Glas negativ, Siegellack dagegen (durch Reiben mit einem metallischen Amalgam) selbst positiv elektrisch werden, woraus begreiflich wird, wie unpassend die sonst gebräuchliche Bezeichnung der beiden verschiedenen Electricitäten durch den Ausdruck „Glas-Elekt.“ und „Harz-Elekt.“ ist (§. 8.).

§. 10.

Fernere Eigenthümlichkeiten der positiven und negativen Electricität. Galmar's Versuch.

Beide entgegengesetzte Electricitäten zeigen die Verschiedenheit ihrer Natur außer dem oben (§. 8.) angeführten verschiedenen Verhalten noch in folgenden Gegensätzen:

1) In der Art ihres Lichtes. Die positive Electricität strömt aus einer Metallspitze in einem langen purpurfarbigen Lichtbüschel aus, die negative dagegen in Gestalt eines leuchtenden Punktes oder Sternes. Saugt man mit der Spitze die Electricität aus einem elektrisirten Körper ein, so zeigt sich die Erscheinung umgekehrt.

2) In der Gestalt des elektrischen Funkens, wenn dieser aus dem Conduktor einer sehr starken Maschine gelockt wird. Ist der Conduktor $+$ elektrisch, so sind die Nester, welche aus dem zackenförmigen Funken seitwärts in die Luft fahren, von dem Conduktor abgekehrt, bei einem negativen Conduktor im Gegentheil nach diesem hingewendet. (§. 18.) Dove a. a. D. Bd. 2. S. 42.

3) In dem verschiedenen Geschmacke, den sie auf der Zunge erregen. Der positive Strom, auf die Zunge geleitet, erzeugt eine

säuerliche, der negative aber eine brennende, mehr alkalische, Geschmacksempfindung. (Man vergleiche hierbei das S. 33. und 47. über die physiologischen Wirkungen der Contact-Electricität Gesagte.)

4) In ihren chemischen Wirkungen. Die $+E$ reagirt sauer, die $-E$ alkalisch. Die aus einer Spitze strömende positive Electricität verwandelt die blaue Farbe des angefeuchteten Lakmuspapiers in Roth, wie eine Säure; der Strom der negativen stellt die blaue Farbe desselben wieder her. Schneidender treten diese Gegensätze in den chemischen Wirkungen der galvanischen Electricität hervor (S. 50).

5) Darin, daß von manchen Körpern (sogenannten unipolaren Leitern) die eine Art der Electricität besser geleitet wird, als die andere (S. 38).

6) Am evidentesten in den Lichtenberg'schen Figuren, welche fein gestreuter Harzstaub oder Bärklappsaamen auf einem Harzfuchsen bildet, der vorher mit $+E$ oder $-E$ elektrisirt worden ist. Auf der Stelle, der man (am besten mittelst eines aufgesetzten metallenen Glöckchens, auf das man einen elektrischen Funken schlagen läßt) $+E$ gegeben hat, gruppirt sich nach Entfernung des Glöckchens der aufgestreute Staub zu einer Strahlenform mit dendritenähnlichen Verästelungen; auf der Stelle dagegen, der man auf dieselbe Weise $-E$ zugeführt hat, zu einer zirkel- oder wolkenähnlichen Figur, ohne alle Strahlen. Am schönsten stellen sich die Lichtenberg'schen Figuren in dem Versuche Ckmars dar, wo dieselben zugleich den Weg, den die verschiedenen Electricitäten bei der Entladung einer elektrischen Verstärkungsflasche nehmen, bezeichnen *). **I. C. Lichtenberg de nova methodo, naturam ac motum fluidi electrici investigandi. Gotting 1778.**

*) Eine auf der unteren Seite mit Stanniol belegte große Glasscheibe wird mit Herenmehl bepudert und, 3 bis 4 Z. von einander, zwei Leidner Flaschen von gleicher Größe darauf gestellt, von denen der äußere Beleg der einen positiv, der der andern negativ geladen ist. Bringt man die innern Belege der Flaschen mittelst eines Entladers mit einander in Verbindung, so springt zwischen den äußeren Belegen ein Funke über, durch welchen die Flaschen entladen werden. Nach der Entladung findet man jede derselben mit der Figur umgeben, welche der Art der Electricität ihres äußers

§. 11.

Das Elektrometer und Elektroskop. **Bennet's** Goldblatt-Elektrometer. Der elektrische Multiplikator und der präparirte Froschschenkel. **Coulomb's** Drehwage.

Auf dem Gesetze, daß gleichnamig elektrisirte Körper sich abstoßen (§. 8.), beruht die Einrichtung der Elektrometer, d. h. derjenigen Instrumente, welche die Stärke (Intensität) eines elektrischen Körpers messen sollen, und der Elektroscopie, welche nur die Gegenwart oder die Art der Electricität anzuzeigen bestimmt sind. Man hat solcher Vorrichtungen sehr viele. Die meisten fußen darauf, daß die Stärke der Abstosung zwischen zwei gleichartig elektrischen Körpern und die Entfernung, bis auf welche jene sich äußert, mit der Stärke des elektrischen Zustandes oder der elektrischen Spannung im direkten Verhältnisse steht (Biot, Lehrbuch der Experimentalphys., deutsch von Fechner, Leipzig 1824. Bd. 3. S. 60). In Canton's Korkkugeln-Elektrometer zeigen zwei (damit die Luft ohne Einfluß auf ihre Bewegung bleibe, in einem Glase) an leinenen Fäden neben einander aufgehängte Kügelchen aus Kork oder Hollundermark und in Volta's Strohhalm-Elektrometer zwei neben einander hängende Strohhalmstreifen, durch den Grad ihrer Divergenz, die Intensität der Electricität des Körpers, von welchem man Electricität in sie übergehen läßt, an. Von ähnlicher Einrichtung ist Henley's Quadranten-Elektrometer, wo ein einziges Kügelchen durch den Bogen, um welchen dieses sich von einer senkrechten Säule entfernt, den Grad der vorhandenen elektrischen Spannung mißt.

Wichtiger und empfindlicher, als die genannten, und ein wahres Mikro-Elektrometer zu nennen, ist das von Bennet erfundene

ren Beleges entspricht; die Stelle aber, wo der Entladungsfunke übersprungen ist, erscheint leer, ist aber eine Strecke lang von dem positiven Belege aus mit den gewöhnlichen strahlenartigen, von dem negativen aus mit kreisförmigen, wolkenähnlichen Figuren eingefast. Waren die Flaschen nicht gleich groß, aber durch gleichel Umdrehungen der Elektrifikationsmaschine geladen, so wird der Funke und die ihn umgebende leere Stelle der größeren Flasche näher sichtbar, deren Ladung die geringste Intensität hatte. (§. 7.)

Elektroskop oder Goldblatt-Elektrometer, welches mehr zur Ausmittlung sehr kleiner Quantitäten von Elektricität, als zur Messung derselben benutzt wird. Das Wesentliche seiner Einrichtung besteht in Folgendem: Zwei, etwa 2''' breite und $1\frac{1}{2}$ —2" lange Streifen gewöhnliches Blattgold hängen dicht neben einander von einer kleinen metallenen Kugel, in der sie mittelst zweier kleiner, aus einfachem Metalldrahte gefertigter, metallener Ringe befestigt sind, oder auch von einem oben abgerundeten und unten keilförmig zugeschnittenen Stücke Zinn, an dessen Seitenflächen sie mittelst etwas Eiweiß oder Firniß angeklebt sind, herab. Diese Vorrichtung ist, um jede Einwirkung der Luft abzuhalten, so in eine viereckige Flasche von weißem Glase eingeschlossen, daß der Metallknopf noch zum Theile aus dem Halse derselben hervorragt. Theilt man dem Knopfe die durch gelindes Reiben, durch Verdunstung einer Flüssigkeit oder durch bloßen Druck zweier Körper gegen einander, erzeugte schwache Elektricität mit, so fahren die Goldblattstreifen sogleich aus einander. Soll damit die Gegenwart der atmosphärischen Elektricität, z. B. die einer am Himmel vorüberziehenden Wolke, erforscht werden: so ist es nöthig, den Metallknopf von etwas größerem Durchmesser zu nehmen, um der aufzunehmenden Elektricität eine größere Oberfläche darzubieten. Man wählt zu demselben Zwecke, statt der Glasflasche, auch lieber einen Glaszylinder (Fig. 2.), der oben einen gut anschließenden messingenen Deckel mit einer Oeffnung in der Mitte hat, in welche die obige Vorrichtung eingesenkt werden kann, und der mit seinem untern Rande auf einem ebenfalls messingenen Fußgestelle ruht. Bei dem Gebrauche wird dann über die Kugel noch eine besonders angepasste Kappe von Metall gestülpt, die zur sicherern Aufnahme der Luft-Electricität einen senkrechten, 1 bis $1\frac{1}{2}$ Fuß langen, und oben zugespitzten Metalldraht trägt. Es wird empfohlen, innerhalb des Cylinders an zwei einander gegenüberliegenden Seiten 2 bis 3''' breite Streifen Stanniol anzuleimen, welche bis zu dem Fußgestelle herunterreichen und dazu dienen sollen, die Elektricität von den Goldblättchen, wenn diese bei ihrer Divergenz mit dem Stanniol in Berührung kommen, ab- und in den Boden fortzuleiten; allein da die Stanniolstreifen auf die Goldblättchen anziehend wirken und dadurch ihre Divergenz vermehren, so ist es zweckmäßiger, dieselben wegzulassen; wenn man nicht vorzieht, diesem Fehler durch eine von Parrot

vorgeschlagene Verbesserung, durch die das Instrument aber sehr von seiner Einfachheit verliert, abzuhefen. Gesler, phys. W. Bd. 3. S. 657. — Ein vorzügliches Werkzeug, zur Wahrnehmung sehr kleiner Spuren von Electricität und zur Messung ihrer Intensität, ist Coulomb's elektrische Drehwage, deren Wirkung auf der Drehung (Torsion) eines feinen elastischen Drahtes oder Seidenfadens sich basirt; deren Anwendung aber der Feinheit ihrer Construction wegen mit so vielen Schwierigkeiten verbunden ist, daß nur bei großer Übung richtige Resultate damit erhalten werden können. Biot, a. a. D. Bd. 1. S. 330. u. Bd. 2. S. 150. — Das empfindlichste Elektroskop von allen, besonders zu Entdeckung sehr leiser galvanischer, thermo- und magnet-electrischer Ströme, ist eine in dem Schweigger'schen Multiplikator möglichst frei bewegliche Magnetnadel (§. 32. 33.) oder der Nerve eines frisch abgehäuteten Froschschenkels (§. 34). — Um die Stärke elektrischer Funken und die Grade der verstärkten Electricität bei geladenen Flaschen und Batterien zu bestimmen und bei der medicinischen Anwendung der Reibungs-Electricität Erschütterungsschläge von einer bestimmten Stärke geben zu können, dient Lane's Auslade-Elektrometer, dessen nähere Beschreibung später folgt.

§. 12.

Bohnenberger's Elektrophant. Becquerel's Verbesserung desselben.

Ein zwar etwas complicirtes, aber höchst empfindliches und deshalb häufig in Gebrauch genommenes Werkzeug, um die schwächsten Grade der Electricität und zugleich die Art derselben aufzufinden, ist der von Behrens erfundene und später von Bohnenberger verbesserte Elektrophant, welcher der Hauptsache nach auf der Wirkung zweier Zambonischen Säulen, die bekanntlich sehr lange Zeit elektrisch bleiben, beruht (§. 43). An dem metallenen Deckel eines etwa $3\frac{1}{2}$ Z. hohen und $2\frac{1}{2}$ Z. weiten Cylinderglases oder nur eines gewöhnlichen Trinkglases (Fig. 3.), sind zwei trockene elektrische Säulen, deren jede aus 400 Scheiben zusammengesetzten Gold- und Silberpapiers von 3 Linien Durchmesser besteht und in einer gefirnigten Glasröhre eingeschlossen ist, mit ihren ungleichnamigen Polen

so angeschraubt, daß sie, wenn der Deckel aufgesetzt ist, senkrecht in das Glas herunterreichen und die Achsen der Säulen etwa um 1" 7'" von einander entfernt sind. Jede Säule hat an ihrem untern Ende eine mit ihr in leitender Verbindung stehende und etwas hervorragende abgerundete Fassung von Messing, die $\frac{1}{4}$ Z. von dem Boden des Glases und 2 bis 3 Linien von dem Rande der Glasröhre absteht. Die beiden Pole der Säulen sind auf dem Deckel durch ein + und — Zeichen angedeutet. Durch die durchbohrte Mitte des Deckels ist eine kleine, von innen und außen überfirnißte Glasröhre eingelassen, die oben mit einem Korke verschlossen ist, durch welchen ein nach oben in eine Kugel ausgehender Draht, der die Röhre nirgends berührt und also vollkommen isolirt ist, gesteckt ist. An dem untern Ende des Drahtes hängt ein etwas über 2 Z. langes und 3 Linien breites Goldblättchen, welches den elektroskopischen Körper abgiebt, herab, so daß es mit seinem untern Ende genau in der Mitte zwischen den metallenen Fassungen der Säulen sich befindet. Bei dem Gebrauche berührt man erst den Knopf des Drahtes mit einem guten Leiter der Elektrizität, um eine etwa schon in ihm vorhandne freie Elektrizität zu entfernen, und bringt sodann den Deckel des Glases durch eine Kette mit der Erde in leitende Verbindung. Erst, nachdem dieses geschehen ist, führt man dem Drahte und durch diesen dem Goldblättchen die zu untersuchende Elektrizität zu; was, wenn diese sehr schwach ist, durch Hülfe eines Condensators, dessen Platte man auf den Knopf des Drahtes aufschraubt, geschehen kann (S. 20). Das Goldblättchen, das bisher wegen der von den beiden ungleichnamigen Polen der Säulen ausgehenden gleich starken Anziehung ruhig in der Mitte hing, wird sogleich in Folge der ihm mitgetheilten Elektrizität sich der Fassung derjenigen Säule, welche in dem entgegengesetzten elektrischen Zustande ist, nähern und von ihr angezogen werden (S. 9.), und dadurch die Art der ihm von außen ertheilten Elektrizität zu erkennen geben. Das Blättchen bleibt aber nicht an der von ihm berührten Fassung hängen, sondern wird bald wieder von ihr abgestoßen, zu der andern Säule hingezogen, kehrt dann wieder von dieser zurück und bewegt sich so pendelartig eine Zeit lang hin und her, bis es sich an einem der Pole festhängt, von dem es dann durch Berührung des Drahtknopfes mit einem Leiter entfernt werden muß. So brauchbar sich auch dieses Elektroskop

zeigt, so theilt es doch mit dem im vorigen §. beschriebenen Bennet'schen Goldblatt-Elektrometer die Unbequemlichkeit, daß das Goldblättchen, wenn es sich angehängt hat, bei seiner Wiederabtrennung sehr leicht zerreißt. Um diesem Uebelstande abzuhelpfen, hat Becquerel eine Verbesserung vorgeschlagen und ausgeführt, durch welche zugleich die Empfindlichkeit des Instruments noch mehr erhöht wird, so daß bei trockenem Wetter die Elektrizität einer geriebenen Glasröhre schon aus einer Entfernung von 8 bis 10 Fuß auf dasselbe influirt. Die Abänderung besteht darin, daß statt zweier Zambonischer Säulen nur Eine gebraucht wird, und daß diese nicht senkrecht steht, sondern in horizontaler Lage auf einem hölzernen Untersatze befestigt ist. Die Säule trägt an jedem ihrer Polenden eine vertikal stehende schmale Metallplatte von 3 Z. Länge. Zwischen beiden hängt das Goldblättchen auf obige Weise herab. Diesen beiden Metallplatten verdankt das Instrument, da das Goldblättchen ihrer anziehenden Wirkung nicht bloß mit seinem untern Ende, wie bei der obigen Einrichtung mit zwei Säulen, sondern seiner ganzen Länge nach ausgesetzt ist, seine große Empfindlichkeit.

§. 13.

Theorie der elektrischen Erscheinungen. Unitarier und Dualisten.

Unter mehreren Hypothesen, die man zur Erklärung der elektrischen Erscheinungen aufgestellt hat, haben sich am Meisten zwei geltend gemacht, die von du Fay begründete und später von Robert Simmer systematisch durchgeführte Dualistische oder Simmer'sche, und die von Benjamin Franklin geschaffene Theorie der Unitarier. Nach ersterer ist die elektrische Flüssigkeit aus zwei verschiedenen Stoffen, einem $+$ und einem $-E$ (§. 8.), zusammengesetzt, welche in gleicher Menge in allen Körpern unserer Erde enthalten, durch gegenseitige Anziehung mit einander vereinigt und gesättigt (neutralisirt) sind und sich wechselseitig das Gleichgewicht halten. In diesem Zustande zeigt kein Körper elektrische Kräfte, und man nennt ihn natürlich elektrisch oder unelektrisch. Sein Zustand ist $= 0 E$, oder, weil dieser durch Neutralisation der beiden Elektrizitäten bedingt wird, $= +E$. Durch die, als Erregungsmittel der Elektrizität bekannten Verfahrensarten wird die neutrale Ver-

bindung der Elektricitäten getrennt und dadurch die positive und negative elektrische Spannung hervorgerufen. Beim Reiben zweier Körper an einander tritt nach der Verschiedenheit der Verwandtschaft, welche die Körper zu dem einen oder andern Bestandtheile der Elektricität haben, der eine derselben an den reibenden, der andere an den geriebenen Körper, so daß folglich jedes Mal die zwei entgegengesetzten Elektricitäten entstehen. Haben beide sich reibende Körper eine gleich starke Verwandtschaft gegen die beiden Elektricitätsarten, so erfolgt keine Trennung derselben, sondern sie bleiben als $\pm E$ vereinigt und weder der reibende noch der geriebene Körper zeigt eine Spur von Elektricität. Ebenso bleibt auch die neutrale Verbindung ungestört, wenn sich die Bestandtheile derselben unter einander stärker anziehen, als sie von den sich reibenden Körpern angezogen werden. Vermöge ihrer Neigung zu einander, suchen sich die beiden Elektricitäten, wenn sie von einander geschieden worden sind, stets wieder zu vereinigen. Kommt diese Vereinigung zu Stande, so neutralisiren sie sich von Neuem und gehen in ihre vorige feste Verbindung zurück, wo sie keine elektrische Wirkung mehr äußern, und der Körper elektrische Indifferenz hat. Ein solcher Vorgang findet unter anderm bei der Entstehung des elektrischen Funkens Statt (§. 7). Ist in einem Körper auf irgend eine Weise das elektrische Gleichgewicht aufgehoben und z. B. freies $+ E$ los, so strebt er, in benachbarten Körpern den natürlich elektrischen Zustand derselben gleichfalls aufzuheben und die Bestandtheile seiner $\pm E$ aus ihrer natürlichen Verbindung zu bringen. Ist sein $+ E$ stark genug, um das $- E$ eines benachbarten Körpers mehr anzuziehen, als dieses $- E$ von dem eignen $+ E$ dieses Körpers angezogen wird, so entzieht es ihm das $- E$, vereinigt sich mit ihm, und das $+ E$ des zweiten Körpers wird dadurch ebenfalls in Freiheit und Thätigkeit gesetzt oder der Körper wird gleichnamig mit ihm $-$, also $+$ elektrisch. Dieses ist nach dem dualistischen System der Hergang, wenn ein Körper durch Mittheilung elektrisirt wird (§. 4). Der durch Mittheilung elektrisirte Körper bekommt mithin nicht eigentlich etwas mitgetheilt, sondern giebt vielmehr an den Körper, durch den er elektrisch wird, etwas ab. Auf gleiche Art wird der Körper durch Mittheilung negativ elektrisch, wenn der erste Körper freies $- E$ hat. Giebt ein Körper seine $+$ oder $- E$ sehr leicht an das

freie — oder \pm E eines ihm nahe gebrachten elektrischen Körpers ab, so nimmt er auch leicht den elektrischen Zustand desselben an und heißt deshalb ein Leiter der Elektrizität. Hält er dagegen seine \pm E sehr fest, so daß sie nicht leicht aus ihrer Verbindung geschieden und in ihre Bestandtheile zerlegt werden kann, so kommt er nur schwer in den elektrischen Zustand und heißt ein Nichtleiter der Elektrizität (S. 4.). Wie bei der Mittheilung findet bei dem Ausströmen der Elektrizität aus Spitzen ein Zerlegen und Ausgleichen der entgegengesetzten Elektrizität Statt (S. 6.). —

Die Unitarier nehmen nur Eine Art elektrischer Flüssigkeit an, und daß ein Körper dann aus seiner elektrischen Indifferenz heraustritt und elektrisch wird, wenn sich mehr elektrische Materie in ihm anhäuft, als er im gewöhnlichen Zustande besitzt, oder wenn sich seine natürliche Elektrizitäts-Menge vermindert. Im ersten Falle wird der Körper positiv —, im zweiten negativ elektrisch. Die positive Elektrizität beruht mithin nach Franklin auf einem Ueberflusse, die negative auf einem Mangel einer und derselben elektrischen Materie. Wenn ein Körper durch Reiben positiv elektrisch wird, so geschieht dieß dadurch, daß er dem reibenden Körper Elektrizität entzieht, also seine natürliche Elektrizität vermehrt und dadurch das Gleichgewicht zwischen diesem und sich selbst vernichtet. Durch den Verlust, den hierdurch der reibende Körper erfährt, wird dieser zugleich negativ elektrisch. An einander geriebene Körper kommen daher immer in den entgegengesetzten elektrischen Zustand. Vermöge ihres Bestrebens, sich überall wieder ins Gleichgewicht zu setzen, geht von einem positiven oder durch Ueberfluß elektrischen Körper, wenn er einem negativen oder durch Mangel elektrischen nahe kommt, die elektrische Materie zum Theil in diesen über; dasselbe ist in geringerm Grade der Fall, wenn ein natürlich elektrischer Körper einem negativ oder durch Mangel elektrischen genähert wird. Das Resultat der Wiederherstellung dieses Gleichgewichtes sind die elektrischen Erscheinungen. —

Beide, hier nur skizzirte Theorien, liefern bis zu einem gewissen Punkte ganz bequeme Erklärungen für die elektrischen Vorgänge; über diesen hinaus läßt aber die eine wie die andere im Stiche. —

§. 14.

Trennung der elektrischen Indifferenz durch Wirkung aus der Ferne. Gesetz der elektrischen Vertheilung oder Induktion (Influenz). Elektrische Zonen.

Die Wirkung eines elektrisirten Körpers ist nicht bloß auf seine Schlagweite, d. h. auf die Entfernung, innerhalb welcher die Mittheilung der Elektrizität in Funkengehalt geschieht (§. 7.), beschränkt, sondern erstreckt sich noch über diese hinaus und zwar so weit, als er noch fähig ist, auf leicht bewegliche Körper, z. B. Korkkugeln-Pendel, anziehend zu wirken. Der ganze Bezirk, durch welchen diese Wirkung sich verbreitet, heißt sein Wirkungskreis oder seine elektrische Atmosphäre. Dieser ist jederzeit um so weiter, je stärker die elektrische Spannung in dem Körper ist. — Es erfolgt diese Wirkung der Elektrizität in die Ferne nach folgendem unumstößlichen, von dem Gesetze der Mittheilung ganz verschiedenen Gesetze: Ein jeder elektrisirte Körper sucht in einem andern, der in seinen Wirkungskreis kommt, eine der seinigen entgegengesetzte Elektrizität zu erwecken, zieht, indem er das elektrische Gleichgewicht in ihm aufhebt, die der seinigen entgegengesetzte Elektrizität zu sich hin, und stößt die mit der seinigen gleichnamige zurück, so daß der Körper, der diese Einwirkung erfährt, an dem, dem elektrisirten Körper zugekehrten Ende die entgegengesetzte Elektrizität von der des Körpers und an dem von diesem abgewendeten Ende die gleichnamige erhält. Folgender Versuch macht dieses deutlich. Man bringe einen glatten Leiter, der gut isolirt aber nicht im Geringsten elektrisch ist, z. B. einen an den Endflächen wohl abgerundeten oder noch besser mit Halbkugeln versehenen, etwas langen Metallcylinder, **A** (Fig. 4.), an dessen beiden Enden man Korkkugeln-Elektrometer aufgehängt hat, in der Verlängerung seiner Achse in die elektrische Atmosphäre eines Körpers **B**, z. B. einer geriebenen Glasröhre oder des + elektrischen Conductors einer schwachen Elektrisirmaschine (wo also noch keine wirkliche Mittheilung der Elektrizität erfolgen kann): so wird sogleich der Cylinder durch die Fernwirkung des Conductors elektrisch werden und an dem nach ihm hingewendeten Ende **D**

die entgegengesetzte Electricität desselben, also $-E$, und an seinem andern Ende E die gleichnamige des Conductors, also $+E$, bekommen. Es wirkt nämlich (nach der Ansicht der Dualisten) die freie $+E$ des Conductors auf die im neutralen Zustande sich befindenden Electricitäten des Metallcylinders; sie zieht die $-E$ desselben gegen sich und stößt die $+E$ ab, hebt dadurch die neutrale Verbindung beider auf und bringt dieselben in eine Spannung oder bindet sie. (§. 13.) Man nennt diesen durch ruhende Electricität erzeugten Vorgang einer elektrischen Erregung eine Vertheilung, Induktion (oder da letzteres Wort auch für die Bezeichnung der durch die Nähe bewegter Electricität, eines elektrischen Stromes, erregten momentanen Electricitätsbewegungen gebräuchlich ist, §. 95., nach Nieß's Vorschlage, — Influx) der Electricität, den elektrischen Zustand des Cylinders aber einen inducirten, und sagt von dem Conductor selbst, daß er vertheilend, inducierend auf den Cylinders wirke. Das Elektrischwerden des letztern giebt sich durch das sogleich eintretende Auseinanderweichen der Korfkügelchen zu erkennen (§. 8.) und das Dasein der verschiedenen, an den beiden Enden der Röhre sich ansammelnden Electricitäten dadurch, daß eine geriebene Siegelladstange mit ihrem $-E$ die an dem vordern Ende derselben hängenden Kügelchen abstößt, dagegen die an dem hintern Ende hängenden an sich zieht, und daß ein an einen Seidenfaden gehängtes Korfkügelchen, dem man an dem Conductor $+E$ gegeben hat, von dem vordern Ende der Röhre, wenn man es diesem nähert, stark angezogen, von dem abgekehrten Ende derselben aber abgestoßen wird. — Beide zu gleicher Zeit in der Röhre auftretende Electricitäten währen indeß nur so lange, als sich diese in der Atmosphäre des Conductors befindet; denn entfernt man sie, ohne sie leitend zu berühren, aus dieser, so vereinigen sich die getrennten Electricitäten wieder zu $0E$, es zeigt sich weder an dem einen noch an dem andern Ende Electricität, und die Kügelchen, welche vorher durch ihre Divergenz die elektrische Spannung anzeigten, fallen zusammen. Allein, berührt man die Röhre, während sie noch in dem elektrischen Wirkungskreise verweilt, an dem abgewendeten Ende E , wo sie $+E$ hat, mit einem Leiter, z. B. mit dem Finger: so fallen, indem ein kleiner Funke aus ihr überschlägt, die

Kugeln zwar auch zusammen und es zeigt sich gar keine Elektrizität mehr; entfernt man aber gleich nach dieser Berührung die Röhre, so zeigt sie nun in ihrer ganzen Ausdehnung — E, als wenn sie durch Mittheilung elektrisirt worden wäre, und die Kugeln fahren wieder aus einander. Bei der Berührung entweicht nämlich das freie + E, indem das — E von dem + E des Conductors fortwährend angezogen und festgehalten wird, und bei der Entfernung aus der elektrischen Atmosphäre wird dieses — E frei. Der vertheilend wirkende Conductor hat aber bei diesem ganzen Vorgange nicht den geringsten Verlust von seiner Elektrizität erlitten und mithin die Röhre von ihm nichts durch Mittheilung empfangen *).

Wenn ein Nichtleiter, z. B. eine Glasröhre, in die Atmosphäre eines elektrischen Körpers gebracht wird, so zeigen sich die Erscheinungen der Vertheilung anders. Es bekommt diese zwar ebenfalls an dem zugekehrten Ende die entgegengesetzte Elektrizität von der des Körpers, also — E wenn dieser + elektrisch ist; allein wegen des Widerstandes, den das Glas durch seine schlechte Leitung der Verbreitung der Elektrizität entgegensetzt, ist dieses — E nur schwach und erstreckt sich nur auf eine kleine Weite. Ueber diese hinaus tritt eine polare Spannung der Art ein, daß eine Menge

*) Wenn die Röhre, während sie in dem elektrischen Wirkungskreise sich befindet, nicht isolirt ist, so kann natürlich ihr elektrischer Neutralisationszustand nicht gestört werden und also auch keine Vertheilung sich ereignen, da die abgestoßene + E sogleich in die Erde abfließt und die angezogene — E von daher ersetzt wird. — Aus Obigem ergiebt sich, daß die Elektrisirung eines Körpers durch Vertheilung sehr verschieden von der durch Mittheilung ist. 1) Bei der erstern findet kein eigentlicher Uebergang, keine Vereinigung der Elektrizitäten, sondern nur ein Bestreben zur Vereinigung, d. h. eine Spannung, ein Binden oder Festhalten der Elektrizität statt. 2) Bei der Vertheilung wirkt die Elektrizität in viel größere Entfernung, als bei der Mittheilung, welche nur innerhalb der Schlagweite vor sich geht. 3) Bei der Vertheilung wird alle Mal der entgegengesetzte, bei der Mittheilung hingegen der gleichartige elektrische Zustand erzeugt, so daß man folglich in der Atmosphäre eines + elektrischen Körpers negativ, und in der Atmosphäre eines — elektrischen Körpers positiv elektrisiren kann. 4) Verliert bei der Vertheilung der vertheilend wirkende Körper nicht im Mindesten von seiner Elektrizität.

von abwechselnden Zonen getheilter Elektricität entsteht, von denen jede folgende im Wirkungskreise der vorhergehenden liegt und die zuletzt, immer schwächer werdend, sich verlieren. Die Glasröhre wird daher an ihrem vordern Ende $-E$, dann $+E$, dann wieder $-E$ u. s. f. zeigen; indem das $-E$ der ersten Zone das $+E$ der nächsten Zone sättigt, das dadurch freiwerdende $+E$ dieser Zone wiederum das $-E$ der folgenden u. s. f. Man hat aus dieser Art der Vertheilung in Nichtleitern den Schluß gezogen, daß die Elektricität bei ihrer Verbreitung überhaupt nicht durch einen zusammenhängenden Strom, sondern durch alternirende Theilung der Elektricitäten, durch Zonen der beschriebenen Art, welche $+$ und $-E$ in getrenntem Zustande enthalten, sich fortpflanzen. Allein mehrere Erscheinungen stehen mit dieser Hypothese im offenbaren Widerspruche, so z. B. der leichte Durchgang der Elektricität durch den luftverdünnten Raum, das leichte Ausströmen derselben aus Spitzen, die zu beiden Seiten aufgeworfenen Ränder, welche man an Kartensblättern wahrnimmt, die von dem elektrischen Funken einer Leidner Flasche durchschlagen werden u. s. w.

§. 15.

Capacität und Tenacität vertheilend (inducirend) wirkender Körper.

Obgleich ein elektrischer Körper, wenn er vertheilend (inducirend) auf einen andern wirkt, nichts von seiner Elektricität abgiebt (§. 14.), so geht doch eine andere merkwürdige Veränderung in dem elektrischen Zustande desselben vor, die sich dadurch markirt, daß die Intensität seiner elektrischen Spannung herabsinkt und er dadurch die Fähigkeit erlangt, aus dem Körper, von dem er durch Mittheilung elektrisirt wird, noch mehr Elektricität zu der in sich aufzunehmen, die er schon von ihm empfangen hatte, ehe noch eine vertheilende Wirkung von ihm ausging. Setzen wir, der vertheilend wirkende Körper sey der Conduktor einer Glasmachine: so geht bei der Bewegung dieser so lange $+E$ von dem geriebenen Glaskörper auf diesen über, bis die Spannung der Elektricität in diesem und in jenem im Gleichgewicht ist. Sobald nun der Conduktor seine vertheilende Wirkung auf einen Körper äußert, so beschäftigt sich das in ihm angehäuften freie $+E$ mit dem $-E$ des in seine Atmosphäre

gehaltenen Körpers, indem es dasselbe anzieht und durch Rückwirkung wieder von ihm angezogen wird. Durch diesen gebundenen Zustand wird es in seiner freien Thätigkeit gehemmt, dadurch die Intensität seiner elektrischen Spannung herabgesetzt, und bewirkt, daß von dem Glase der Maschine noch mehr $+ E$ auf den Conduktor übergehen und auf ihm frei werden kann, ehe wieder das Gleichgewicht der Spannung, wie vor seiner vertheilenden Wirkung, eintritt. Zugleich erlangt der Conduktor, weil sein $+ E$ durch das $- E$ des in seiner Atmosphäre stehenden Körpers gebunden ist, die Fähigkeit, die ihm durch Elektrisirung mitgetheilte Elektrizität fester an sich zu halten, so daß er diese weit schwerer an andere benachbarte Körper oder in die Luft zerstreut, als sonst, wo er nicht vertheilend wirkt und die Kraft seines $+ E$ nicht durch Bindung mit einem $- E$ geschwächt wird. Man sagt daher von einem vertheilend wirkenden Körper, daß durch die von ihm ausgehende Vertheilung die Capacität für neue Elektrizität und die Tenacität für die schon in ihm angehäuften in demselben Verhältnisse wachse, in welchem die Intensität seines elektrischen Zustandes sich vermindert. Aus diesem Gesetze erklärt sich die Möglichkeit, beim Laden einer elektrischen Verstärkungsflasche die dem innern Belege mitgetheilte Elektrizität in so großer Menge auf diesem anzuhäufen (S. 17. u. 18.) und durch den Collector eines Condensators kleine Mengen von Elektrizität bis zu einer durch das Elektrometer erkennbaren Dichtigkeit anzusammeln (S. 20.). Sobald der Körper, auf den der Conduktor vertheilend einwirkt, aus seinem Wirkungskreise weggenommen wird, nimmt beides, sowohl die Capacität als auch die Tenacität, wieder ab.

§. 16.

Anwendung des Gesetzes der Vertheilung auf die Erklärung elektrischer Erscheinungen.

Das Gesetz der Vertheilung ist für die Erklärung der meisten elektrischen Erscheinungen von großer Wichtigkeit, da jeder Körper, der der Wirkung eines elektrischen Körpers überlassen wird, erst in die elektrische Atmosphäre desselben kommt, und eine Vertheilung seiner $0 E$ oder $\pm E$ erfahren muß. — Ohne vorausgehende Vertheilung kommt keine elektrische Anziehung oder Abstoßung zu

Stande. Wenn ein leicht beweglicher unelektrischer Körper von einem elektrischen angezogen wird, so geschieht dieses nicht durch Anziehung der Körper selbst, sondern durch wechselseitige Anziehung ihres $+$ und $-$ E. Ist z. B. der Körper $+$ elektrisch, so erweckt er durch Bertheilung in dem ihm genäherten Körper $-$ E, welches dann von seinem $+$ E angezogen wird. Eben so ist es bei der Mittheilung der Elektrizität. Bevor zwischen den zwei Körpern, von denen der eine durch den andern Elektrizität mitgetheilt erhalten soll, die Ausgleichung der beiden Elektrizitäten, auf welcher die Mittheilung beruht (§. 13.), erfolgt, hat auch schon der elektrische Körper in dem unelektrischen eine Bertheilung der Elektrizität eingeleitet und die der seinigen entgegengesetzte gegen sich gezogen. Wenn der durch Mittheilung zu elektrisirende Körper näher an den elektrischen rückt, wirkt die Kraft der elektrischen Bertheilung immer stärker und bei einer gewissen Nähe endlich mit solcher Stärke, daß die wirkliche Vereinigung und Neutralisation der entgegengesetzten und gespannten Elektrizitäten durch einen Funken erfolgt. Selbst dem Ausströmen der Elektrizität aus Spizen geht eine Bertheilung der Elektrizität vorher. — Auf die durch das Spiel der elektrischen Bertheilung hervorgerufene Capacitäts- und Tenacitäts-Steigerung der Körper für die Elektrizität gründet sich die Wirksamkeit der vier vorzüglichsten elektrischen Apparate, nämlich der Franklin'schen Tafel, der Verstärkungsflasche, des Elektrophors und des Condensators, — deren Einrichtung in den folgenden §. §. beschrieben werden soll.

§. 17.

Die elektrische Verstärkungsplatte oder **Franklin'sche** Tafel. Der elektrische Verstärkungsfunke.

Es stelle **E F** (Fig. 5.) eine runde, 12 Z. breite Glascheibe vor, die auf einer im Durchmesser etwas kleinern und mit einem Glasfuße versehenen Metallscheibe **C D** liegt, und mit einer gleich großen Metallscheibe **A B** bedeckt ist, welche an einem isolirenden Handgriff sich abnehmen läßt. Man setze auf die obere Scheibe ein Metallglöckchen und theile diesem durch wiederholte Berührung mit einer geriebenen Glasröhre $+$ E mit. Hebt man die Scheibe an dem Glasgriff auf, so wird sich dieses $+$ E äußern, indem sie ein

mit $+E$ geladenes Korfkügelchen abstößt, ein negativ geladenes dagegen an sich zieht; auch wird sich ein kleiner Funke aus ihr ziehen lassen, die untere Scheibe CD aber nicht die geringste Spur von Electricität zeigen. Setzt man die Scheibe AB wieder auf EF und elektrisirt sie wie vorher durch Mittheilung, so wird die untere Scheibe CD , wenn man sie zugleich mit einem Leiter, z. B. mit dem Finger berührt, auch gegen diesen einen Funken geben, also auch elektrisch seyn, aber nicht, wie die obere Scheibe vorhin, positiv, sondern negativ; denn nimmt man AB und EF von ihr weg, so stößt sie ein ihr genähertes Korfkügelchen, dem man vorher $-E$ gegeben hatte, zurück und zieht dagegen ein mit $+E$ geladenes an. Diese Erscheinungen sind eine Wirkung der Vertheilung. Das durch Berührung mit der elektrischen Glasröhre (durch Mittheilung) auf der obern Scheibe frei gewordene $+E$ wirkt durch das dünne Glas EF , welches als Nichtleiter keine Mittheilung, wohl aber (wie in dem S. 14. angegebenen Versuche die Luft zwischen der metallenen Röhre und dem Conduktor einer thätigen Elektrisirmaschine) ein Durchwirken und eine Vertheilung der Electricität verstatet, und zieht, indem es den natürlich elektrischen Zustand der untern Scheibe zerstört, das natürliche $-E$ derselben an sich, ohne sich jedoch, da das nichtleitende Glas ihre Vereinigung verbietet, mit demselben wirklich zu vereinigen. Durch diese Anziehung des $-E$ wird das natürliche $+E$ der untern Scheibe aus seiner bisherigen neutralen Verbindung mit dem $-E$ geschieden und frei. Wird nun AB von EF abgehoben, ohne daß CD berührt wird, so vereinigen sich, weil die Ursache ihrer Trennung (die elektrische Scheibe AB) entfernt worden ist, die getrennt gewesene $+E$ und $-E$ der untern Scheibe wieder, und es kehrt die Scheibe wieder in ihren natürlich elektrischen Zustand zurück, wo sie also keine Electricität zeigt (S. 13. u. 14.). Wird aber CD , nachdem AB durch Mittheilung elektrisirt worden ist, mit einem Leiter berührt, so zieht das auf CD auf die bezeichnete Art frei gewordene $+E$ aus dem Leiter, z. B. dem Finger, $-E$ an und bildet damit, indem es sich mit ihm sättigt, $0E$ (wobei, wie gewöhnlich, ein Funke entsteht S. 7.); allein das $-E$ der untern Scheibe kann sich noch nicht wirksam geben, da es sich in der elektrischen Atmosphäre des $+E$ der obern Scheibe befindet und durch dieses gebunden ist. Nimmt man aber

A B fort, so hört die vertheilende Wirkung seines $+ E$ auf und das untere $- E$ wird frei, so daß nun die beiden Scheiben **A B** und **C D** entgegengesetzte Elektricitäten zu erkennen geben. — Die selben Verhältnisse kehren wieder, wenn man statt beweglicher Metallscheiben die Glasscheibe auf jeder ihrer Flächen mit einer eben so großen metallischen Belegung (Armatur) von Staniol oder Goldpapier, das man durch einen dünnen Leim daran befestigt, versieht. Beide fest anliegende Belegungen kommen in den entgegengesetzten elektrischen Zustand, wenn, während man die eine elektrifizirt, die andere mit dem Fußboden in leitender Verbindung steht; denn, sobald die eine Armatur $+ E$ bekommt, so tritt auch sogleich die andere in den Wirkungskreis derselben: ihr $- E$ wird angezogen, ihr $+ E$ abgestoßen und, weil sie nicht isolirt ist, in den Fußboden abgeleitet. Es hat daher die eine Armatur (und zugleich die von ihr berührte Glasfläche, S. 18.) $+ E$, die andere aber (und die an ihr liegende Glasfläche) $- E$. — Da ferner das $+ E$ der obern Belegung durch das $- E$ der untern gebunden und nach dem Gesetze der Vertheilung (S. 15.) dadurch ihre Capacität für noch mehr Elektricität erhöht wird: so kann durch wiederholte Berührung mit der positiv elektrischen Glasröhre oder des $+ E$ elektrischen Conductors einer Elektrifizirmaschine derselben immer mehr $+ E$ mitgetheilt werden (wobei fortwährend die in leitender Verbindung mit dem Fußboden stehende untere Belegung zugleich eben so viel $- E$ in sich anhäuft als zur Aufrechthaltung des elektrischen Gleichgewichtes in beiden Belegungen nöthig ist), bis zuletzt ihre Capacität für Elektricität ein gewisses mit der Größe der Glastafel und der Metallbelegungen in geraden Verhältniß stehendes Maximum erreicht hat. In diesem Zustande heißt die Glastafel geladen. Werden nun die beiden Belegungen leitend, z. B. durch einen krumm gebogenen, an seinen Enden mit Knöpfen versehenen Draht (einen sogenannten Ausladend) mit einander verbunden, so wird dieselbe entladen: beide entgegengesetzte Elektricitäten, die sich bisher nur aus der Ferne durch das Glas anzogen, vereinigen sich dann mit Heftigkeit und bringen durch ihr Zusammenschlagen einen viel stärkern Funken — den elektrischen Verstärkungsfunken — hervor, als wenn, wie im obigen Fundamentalphänomen, nur die eine Metallscheibe mit einem Leiter berührt wird. Nach dieser Entladung sind vorerst alle Spuren von freier

Elektricität in der Tafel verschwunden (§. 7. u. 13.). Berührt man mit der einen Hand zuerst die untere, mit dem Fußboden leitend verbundene Belegung und hierauf mit der andern Hand die obere (isolirte), so empfindet man bei Hervorbrechung des Funken eine heftige Erschütterung in den Gelenken beider Arme, einen sogenannten elektrischen Schlag. — Man nennt einen Apparat, wie er hier beschrieben worden ist, eine elektrische Verstärkungsplatte oder, nach ihrem Erfinder Franklin, eine Franklin'sche Tafel.

§. 18.

Die elektrische Verstärkungsflasche und Batterie.
Cane's Auslade-Elektrometer.

Mit der Darstellung der Franklin'schen Tafel ist zugleich das Wesentliche der elektrischen Verstärkungsflasche oder der Leidner Flasche (nach der Stadt Leiden so genannt, wo Musschenbroeck und Cunnäus die ersten Versuche mit ihr anstellten) gegeben. Sie ist nur der Form nach von jener verschieden, und besteht dem Wesen nach wie jene in der Entgegenstellung zweier gut leitender Körper, und zwar eines isolirten gegen einen mit der Erde in Verbindung stehenden, die beide durch einen dünnen nicht leitenden Zwischenkörper außer leitender Gemeinschaft mit einander gehalten sind. Die Form giebt wegen besserer Handhabung gewöhnlich eine dünne Glasflasche mit weitem Halse (am besten ein gewöhnliches Zuckerglas*) ab, welche von Innen und Außen bis auf einen 2 bis 3 Z. breiten Rand unter dem Halse, welcher unbelegt bleiben muß, mit Stanniol beklebt^{*)}, und deren Mündung durch einen Kork ver-

*) Um die Gemeinschaft zwischen den beiden Belegen der elektrischen Flasche ganz zu unterbrechen, wird gewöhnlich der Rath gegeben, den unbelegten Rand der Flasche von Außen mit Firniß oder einer Auflösung von Siegellack in Weingeist zu überziehen, wodurch das Beschlagen desselben mit (leitender) Feuchtigkeit verhütet werden soll; allein nach Versuchen, die Cuthbertson anstellte, ist dieser Ueberzug unnöthig, ja sogar der vollständigen Ladung der Flasche hinderlich. Er fand, daß Flaschen, deren unbelegter Rand ganz trocken war, weit weniger leisteten, als andere die etwas feucht beschlagen waren, und daß die Wirkung derselben verstärkt wird, wenn man in dieselben haucht und dadurch auch den innern Rand des Glases etwas dampffeucht macht. — Die Ehre der Erfindung der elektrischen Flasche wird von Manchen auch dem Domherrn v. Kleist zu

geschlossen ist. Die Stelle desselben kann aber auch eine Weinflasche vertreten, die bis zu einer gewissen Höhe mit Wasser oder Hammerschlag gefüllt und an der Außenseite auf die angegebene Weise mit Stanniol belegt ist. Durch den Kork ist ein langer Metalldraht gesteckt, der mit seinem untern Ende in genauer metallischer Berührung mit der innern Belegung des Bodens der Flasche ist, und auf seiner obern Spitze eine kleine Kugel trägt, die, wenn die Flasche geladen werden soll, mit dem Conduktor einer in Bewegung gesetzten Maschine in Berührung gebracht wird, wo dann beide Belegungen den entgegengesetzten elektrischen Zustand annehmen, indem die innere Belegung die Electricität des Conduktors durch Mittheilung, die äußere aber die dieser entgegengesetzte Electricität durch Vertheilung erhält. Die Entladung der Flasche geschieht (wie bei der Verstärkungsplatte) durch einen Auslader, der zur Sicherheit für den Entladenden mit einem isolirenden Handgriffe von Glas und Holz versehen ist. Sie erfolgt ^{*)}, wie die Bewegung der Electricität überhaupt, mit

Camlin in Pommern zugeschrieben, weshalb dieselbe auch den Namen „Leist'sche Flasche“ führt. Er wurde durch Zufall auf dieselbe gebracht, indem er, als er im Jahre 1745 Wasser in einem Medicinglase, das er mit feuchter Hand umfaßt hielt, mittels eines in dieses gesteckten eisernen Nagels an dem Conduktor seiner Elektrirmaschine elektrisirt hatte, beim Herausnehmen des Nagels mit der andern Hand in den Gelenken beider Arme eine heftige Erschütterung erhielt. Bei Wiederholung des Versuches ergab sich, daß auch andere gute Leiter, z. B. Metalle, die Stelle des Wassers und der feuchten Hand ersetzen konnten, und so erhielt endlich die elektrische Flasche die bekannte, oben beschriebene Einrichtung.

^{*)} Der bei der Entladung einer Leidner Flasche zum Vorschein kommende Funke verhält sich ganz wie der Funke des Conduktors einer Elektrirmaschine, und ist von diesem nur durch seine Stärke und durch seine geringe Länge unterschieden. Da die Electricitäten der beiden Belegungen nämlich sich gegenseitig binden (§. 15.), so kann sich die elektrische Wirkungssphäre und die Schlagweite einer Flasche nicht so weit erstrecken, als die des Conduktors einer Elektrirmaschine, auf dem die Electricität in freier Thätigkeit ist; es muß daher wohl der Funke jener kürzer seyn, als der dem Conduktor entnommene. Dagegen ist ersterer wegen der Menge der Electricität, durch die er erzeugt wird, viel dichter, heftiger und geräuschvoller, als letzterer; weshalb er auch der verstärkte, dieser dagegen der einfache elektrische Funke genannt wird. Wenn in

größter Geschwindigkeit. Der elektrische Schlag durchläuft daher die weitesten Verbindungskreise im untheilbaren Augenblicke, und zwar

dem Erschütterungskreise einer elektrischen Flasche unvollkommene Leiter, z. B. nasser Bindfaden, trocknes Holz, nasse Papierstreifen, feuchtes Glas u. s. w. sich befinden, welche den Lauf der Elektrizität bei der Entladung verlangsamen, so wird ihre Intensität gesteigert und es entstehen schneidende Funken, die nicht so laut knallen, sondern nur ein zischendes Geräusch geben, und in den Armen zwar wenig erschüttern, aber statt dessen eine widrige schmerzhaft empfindung eigener Art hervorbringen. Von ihnen rührt das unangenehme Gefühl her, das entsteht, wenn man mit mehreren Menschen, die sich mit trockenen Händen (wo die Epidermis einen schlecht leitenden Körper hergiebt) fassen, den Entladungskreis bildet. Sie sind daher auch für den Arzt von besonderem Interesse. Selbst die entzündende Kraft der Funken wächst mit dieser verzögerten Entladung in der Maasse, daß sich selbst freiliegendes Schießpulver dadurch entzünden läßt. Ähnliche schneidende Funken entstehen auch, wenn die Leitung, durch welche die Flasche sich entladet, an mehreren Stellen durch kleine Zwischenräume unterbrochen ist. — Wenn eine Flasche isolirt steht, so läßt sie sich nicht oder nur sehr schwach laden, weil, indem das $+E$ des äußern Belegs an der Entweichung in benachbarte Körper (oder vielmehr an der Sättigung mit dem $-E$ dieser und der Vereinigung zu $0E$) verhindert ist, das $-E$ dieser Belegung sich nicht von ihm los machen, folglich auch das $+E$ des innern Belegs nicht durch dasselbe gebunden und die Capacität desselben nicht erhöht werden kann (§. 17.). Nähert man aber dem äußern Belege, während der Ladung mit $+E$, einen mit dem Fußboden in Verbindung stehenden Leiter, z. B. die Hand, so bekommt man Funken daraus und die Flasche wird geladen. Läßt man diese Funken auf den Knopf einer zweiten Flasche schlagen, so wird diese ebenfalls positiv geladen. Berührt man bei der Entladung die beiden Belege einer Flasche nicht unmittelbar, sondern bringt man beiden zugleich einen Finger von jeder Hand nur nahe, so sieht man zwischen jeder Belegung und dem Finger einen Funken hervorbrehen, und bei noch größerem Abstände entsteht gar kein Funke, sondern es erfolgt die Entladung langsam durch zwei entgegengesetzte Lichtbüschel, die durch das Gegeneinanderfahren der $+E$ und $-E$ entstehen und daher sich deutlich durch ihre Gestalt von einander unterscheiden (§. 10, 2). Noch langsamer und eben so geräusch- und funkenlos wird eine Flasche entladen, wenn man dem Knopfe derselben gegenüber in gleicher Höhe, aber außerhalb der Schlagweite der Flasche, einen mit dem äußern Belege verbundenen Draht, der eine Kugel trägt, anbringt, und einen leichten Körper, z. B. eine Korkkugel, zwischen beiden aufhängt. Durch wechselseitige Anziehung und Abstoßung dieses Körpers wird nach und nach die Elektrizität in den bei-

ohne daß er durch die Weite des Weges, den er zurücklegt, merklich von seiner Stärke einbüßt. Auch wählt der elektrische Funke stets die beste Leitung, d. h. diejenige, die seinem Durchgange den geringsten Widerstand darbietet. Er nimmt daher nicht immer den kürzesten, sondern denjenigen Weg, auf welchem er die besten und am vollkommensten verbundenen Leiter von hinreichender Capacität für seine Stärke findet. Trifft er z. B. auf seiner Bahn auf eine Leitung von Metall oder Wasser und auf eine, die aus schlechter leitenden Substanzen, z. B. aus trockenem Holz, besteht, so zieht er jene dieser vor, wenn auch der Weg durch sie um Vieles länger ist. Daher geschieht es, daß, wenn mehrere Personen den Entladungskreis einer geladenen Flasche bilden und der Boden unter ihnen feucht ist, beim Entladen der Flasche der Schlag von der ersten durch den feuchtesten

den Belegungen zu ihrem natürlichen Gleichgewicht zurückgeführt. Es beruht hierauf die physikalische Unterhaltung mit der elektrischen Spinne. Durch einen Nichtleiter kann die Flasche nicht entladen werden; in feuchter Luft entladet sie sich aber von selbst, indem diese durch ihren Gehalt an Feuchtigkeit als unvollkommener Nichtleiter wirkt und eine allmähliche Ausgleichung der beiden Elektricitäten, welche in den Belegungen gebunden sind, zuläßt. Eine solche freiwillige Entladung erfolgt auch bei Flaschen mit sehr dünnen Wänden (also gerade den besten, da diese die Durchwirkung der Elektricität von einem Belege zu dem andern am leichtesten verstaten) durch das Glas hindurch, wenn sie bei trockner Luft sehr stark geladen werden, wobei das Glas in Folge der Hefstigkeit, mit welcher die Vereinigung der gespannten Elektricitäten in dem Nichtleiter vor sich geht, mit einer Explosion zertrümmert wird. Ist die Luft weniger trocken, so geht bei starker Ladung der Flasche zuweilen die Selbstentladung nicht durch das Glas, sondern über den unbelegten Rand desselben weg, ohne der Flasche Schaden zu thun. Berührt man mit dem Finger den Knopf einer Flasche allein, so erhält man, weil die Elektricität des innern Belegs durch die des äußern gebunden ist, keinen Entladungsschlag, sondern nur wiederholt einen stechenden Funken, so lange, bis die Flasche ganz entladen ist; weil nämlich, wenn wir auch die äußere Belegung nicht mit der andern Hand berühren, doch eine, wenn auch unvollkommene, Leitung durch den Tisch, den Boden u. s. w. mit unserm Körper statt findet. Ist aber eine Flasche vollkommen isolirt, so läßt sie sich gar nicht entladen, wenn man bloß den Knopf derselben anfaßt, und sie behält bei trockner Luft ihre Ladung oft sehr lange bei sich (Langenbuchers Sperrflasche). Man kann in diesem Falle den Knopf herausnehmen, sie in die Tasche stecken u. s. w.

Boden, als bessern Leiter, zu der letzten geht, und diejenigen, welche in der Mitte stehen, die elektrische Erschütterung gar nicht oder doch viel weniger empfinden, als die beiden äußersten, welche die Flasche zunächst entladen. Ist die gute Leitung an einer Stelle durch einen Nichtleiter unterbrochen, so durchbohrt oder zersprengt er diesen unter einer heftigen Explosion (Plazung), ebenso wie er bei seiner Entstehung die schlecht leitende Luft durchbricht (S. 7.) und verfolgt dann seinen Lauf durch die nächste beste Leitung weiter. —

Die sich bindenden entgegengesetzten Elektricitäten haften in dem Zustande der Ladung eines elektrischen Verstärkungsapparates nicht an den Belegungen desselben, sondern vielmehr an der Oberfläche des Isolators, des Glases, zwischen beiden, und diese sind nur dazu vorhanden, die erweckte Elektricität gleichmäßig über die Glasfläche zu verbreiten und bei der Entladung die ganze Elektricität wieder mit Einem Male zu erhalten. Das Eine wie das Andere würde außerdem wegen der nicht leitenden Beschaffenheit des Glases nicht erfolgen (S. 4.). Macht man daher an einer Franklin'schen Tafel die Belegungen beweglich, so zeigen diese, wenn man sie nach der Ladung derselben isolirt wegnimmt, keine Spur von Elektricität, die Tafel bleibt aber dessen ungeachtet geladen; denn schiebt man die Belege oder auch statt dieser andere, die man vorher angepaßt hatte, wieder an, so erhält man den gewöhnlichen Entladungsschlag, sobald man beide Belege leitend mit einander verbindet. Aus demselben Grunde läßt sich auch eine geladene Tafel oder Flasche nicht mit Einem Male ganz entladen, sondern es bleibt, weil die Glasflächen ihrer schlechten Leitung wegen bei der ersten Entladung ihre Elektricität nicht völlig fahren lassen, ein Rückstand (Residuum) in ihr zurück, vermöge dessen man nach einiger Zeit noch einen schwächeren zweiten Schlag aus ihr erhalten kann.

Werden mehrere Flaschen so mit einander durch Drähte verbunden, daß alle innern Belege unter einander und eben so die äußern in leitender Verbindung stehen, so wirkt das Ganze wie eine große Flasche und die ganze Vorrichtung heißt eine elektrische Batterie.

Eine besondere Art Verstärkungsflasche ist das Lane'sche Auslade-Elektrometer (Fig. 6.), welches bei Anwendung der Elektricität in der Heilkunde benutzt wird, Erschütterungsschläge von beliebiger und immer gleicher Stärke durch den leidenden Theil des

Körpers, welcher elektrifirt werden soll, zu führen. Von einer an dem Drahte **F** der Verstärkungsflasche **A** angebrachten metallenen Fassung geht ein gläserner Arm **H** ab, der überfüllt ist und auf seiner Spitze eine quer liegende messingene Hülse **C** trägt, durch welche sich ein Messingdraht, der an seinem vordern Ende einen Knopf **D** und an seinem hintern einen Haken **E** hat, hin und her geschoben werden kann, um den Knopf **D** dem Knopfe **B** der Flasche nach Belieben nähern oder von ihm entfernen zu können. An dem Haken **E** des Drahtes ist mittels einer Messingkette ein mit einem Knopfe versehener Draht **G** und ein gleicher **I** ebenso an einem mit dem äußern Belege der Flasche verbundenen Haken befestigt. Der eine dieser Drähte wird mit dem Knopfe da an dem Körpertheile angelegt, wo der Erschütterungsschlag anfangen, der andere dort, wo er aufhören soll, und der Knopf **B** der Flasche an den Conductor einer Elektrirmaschine gerückt. Schiebt man den Knopf **D** bis auf $\frac{1}{2}$ Zoll Entfernung an den Knopf **B** der Flasche, so entladet sich diese, wenn die Maschine in Bewegung gesetzt wird, jedes Mal, sobald sie bis zu dem Grade geladen ist, daß sie durch die Entfernung **BD** schlagen kann, durch den leidenden Körpertheil, an welchem die Drähte **G** und **I** liegen. Will man stärkere Schläge haben, so entfernt man **D** von **B**. Um dieses mit Genauigkeit ausführen zu können, ist gewöhnlich auf dem Drahte zwischen **E** und **D** eine Skale nach Zollen und Linien eingeseilt.

§. 19.

Der Elektrophor. Natürliche Elektrophore.

Wenn man eine möglichst dünne Schicht Harz oder Schwefel auf beiden Seiten, wie in der Franklin'schen Tafel das Glas, mit beweglichen Platten von Metall belegt, so heißt die Vorrichtung ein Elektrophor, — ein elektrisches Instrument, das von Wilke erfunden und von Volta verbessert worden ist und in manchen Fällen die Stelle einer Elektrirmaschine vertreten kann. Es verdankt seine Wirksamkeit, wie die Franklin'sche Tafel und die Verstärkungsflasche, der Elektrifirung durch Vertheilung, und besteht in der bequemsten Gestalt in einem dünnen glatten Harzkuchen, welcher in eine metallene Schüssel (die Form) mit einem einige Linien hohen Rande ausgegossen ist, und aus einem einige Zoll kleinern metallenen Deckel (dem

Schild oder Conduktor), welcher mittels daran befestigter seidner Schnüre isolirt auf den Kuchen gesetzt und eben so wieder aufgehoben werden kann. Die beste Masse zu dem Kuchen ist nach Volta eine Mischung von 3 Th. Terpenthin, 2 Th. Harz und 1 Th. Wachs. Reibt oder schlägt man den Kuchen, nach Hinwegnahme des Deckels, mit einem Fuchsschwanz oder Kagenfell, so wird er an seiner Oberfläche —, an seiner untern der Form zugekehrten Fläche aber + elektrisch, und es lassen sich nun folgende Erscheinungen beobachten (vorausgesetzt, daß die Form nicht isolirt, sondern mit der Erde in leitender Verbindung ist): 1) Setzt man den Deckel, isolirt ihn haltend, auf den Kuchen, so wird er oben mit diesem gleichnamig, also — elektrisch, wie an einem darauf gestellten Electrometer leicht gefunden werden kann, und an seiner untern Fläche + elektrisch. Hebt man den Deckel isolirt wieder ab, so zeigt er keine Electricität mehr (und das Electrometer fällt zusammen), ebenso wenig wie ein isolirter Leiter, den man unberührt aus der elektrischen Atmosphäre eines Conduktors wegnimmt (§. 14.). (Nur wenn der Electrophor nicht überall wohl abgerundet ist, namentlich der Deckel irgend wo Spitzen oder Ecken hat, durch welche der Oberfläche des Harzkuchens entgegengesetzte Electricität zugeführt wird, oder wenn der Kuchen durch heftiges Reiben sehr stark elektrisch geworden ist, geschieht es zuweilen, daß der Deckel durch Mittheilung elektrisch wird und beim Aufheben, auch wenn er nicht berührt worden ist, Electricität frei zeigt). 2) Berührt man den auf den Kuchen gelegten Deckel mit dem Finger, so erhält man einen kleinen schneidenden Funken, nachher aber keine Spur von Electricität weiter. Hebt man aber den Deckel hierauf (isolirt) ab, so zeigt er freie + Electricität, und es schlagen bei Annäherung des Fingers mehrmals lebhaftere Funken aus ihm, wie aus dem Conduktor einer Elektrisirmaschine (§. 14.). 3) Berührt man mit einem Finger den aufliegenden Deckel und mit einem andern Finger die Form, so fühlt man eine Erschütterung, wie bei der Entladung einer Leidner Flasche, und der nun abgehobene Deckel giebt bei fernerer Berührung noch lebhaftere Funken (mit + E), als wenn, wie in No. 2., der Deckel vor dem Aufheben allein berührt worden ist. — Macht man den Kuchen, während die Form isolirt steht, (durch Reiben) elektrisch, so gestalten sich die Erscheinungen etwas anders: Es wird sich gleich nach dem

Reiben die Form — elektrisch zeigen und, wird der Deckel aufgesetzt, auch dieser, wobei die Elektricität der Form an Intensität etwas abnimmt. Berührt man den Deckel hierauf, so erhält man einen (nur schwachen) Funken. Dadurch verliert der Deckel seine Elektricität und die Form tritt in den entgegengesetzten Zustand, indem sie + elektrisch wird. Wird der Deckel nach dieser Berührung abgenommen, so zeigt sie sich wieder —, der Deckel hingegen + elektrisch, jedoch bei weitem schwächer als bei nicht isolirter Basis. Berührt man gleich nach dem Reiben die Form mit dem Finger, (ehe noch der Deckel aufgesetzt ist, so schlägt ein kleiner Funken aus ihr auf den Finger über und ihre Elektricität verschwindet. Wird der Deckel sodann aufgesetzt, so findet man, wie vorhin nach der Berührung des Deckels, die Form +, den Deckel aber — elektrisch. Verbindet man den aufgesetzten Deckel und die Form mit zwei Fingern, so erhält man einen Stoß, wie oben, aber Form und Deckel geben nachher kein Zeichen von Elektricität mehr; wird aber der Deckel hierauf abgehoben, so zeigen beide wieder freie Elektricität in ihrem stärksten Grade, jene negative, dieser positive. Wenn man den Deckel nach der Berührung aufhebt und, ohne ihn zu berühren, wieder aufsetzt, so sind beide, Form und Deckel, ohne alle Spur von Elektricität.

Alle diese Erscheinungen lassen, wie schon gesagt, sich befriedigend aus den einfachen Gesetzen der elektrischen Vertheilung erklären. Das auf der Oberfläche des Kuchens durch Reiben erregte freie — E macht den Deckel, da wegen der flachen Gestalt der beiden Körper und wegen der starken Adhäsion der Elektricität an nichtleitende Substanzen, besonders an Harz, keine Mittheilung der Elektricität erfolgen kann (§. 4. u. 6.), durch Vertheilung elektrisch (§. 14.); wodurch derselbe an seiner untern Fläche + Elektr., die durch die — Elektr. des Kuchens gebunden wird, an seiner obern dagegen freie — Elektr. erhält. Der Funke bei der Berührung des ausliegenden Deckels entsteht durch die Sättigung dieser freien — Elektr. mit der + Elektr. des berührenden Fingers, wobei die + Elektr. des Deckels von der — Elektr. des Kuchens fortwährend festgehalten wird, so lange jener auf dem letztern liegen bleibt. Daher zeigt der Deckel nach der Ausziehung des Funkens keine Elektricität mehr. So wie der Deckel aber abgehoben wird, wird auch das bisher von der — Elektr. des Kuchens gebundene + E des Deckels frei, und

dieser zeigt sich daher allenthalben + elektrisch. Durch die Beschäftigung der — Elektr. der Oberfläche des Kuchens mit der + Elektr. des Deckels wird an der untern Fläche des Kuchens zugleich + Elektr. entbunden, welche vorher, ehe der Deckel aufgelegt wurde, an der — Elektr. der Oberfläche Beschäftigung fand. Diese entbundene + Elektr. zerlegt wieder die \pm Elektr. der Form, indem sie die — Elektr. derselben anzieht und an der dem Kuchen zugewendeten Fläche der Form bindet, die + Elektr. hingegen an die äußere Seite derselben abstößt, wo sie sich, wenn die Form nicht isolirt ist, mit der — Elektr. des Erdbodens beschäftigt und zu 0 Elektr. vereinigt, so daß folglich die Form keine Elektr. zeigen kann. Da der Kuchen bei allen diesen Vorgängen nichts durch Mittheilung von seiner Elektr. verliert, sondern nur durch Zerlegung der natürlichen \pm Elektr. seiner Umgebung wirkt, so lassen sich diese Versuche wiederholt und noch nach Monaten anstellen, ohne daß ein neues Peitschen des Kuchens nöthig ist. Es führt daher das Instrument den Namen beständiger Elektricitätsträger (*Electrophorus perpetuus*). Am längsten bewahrt er seine Wirksamkeit an einem warmen trocknen Orte und wenn der Deckel auf dem Kuchen liegt, da in diesem Falle die — Elektr. des erstern sich, weil sie durch die Anziehung der + Elektr. des Deckels gebunden ist, nicht so leicht in die Luft zerstreuen kann. Feuchtigkeit, Staub und Risse, die er leicht bekommt, vernichten seine Wirksamkeit in Kurzem.

Es leuchtet von selbst ein, daß statt des Harzes auch jede andere nicht leitende Substanz zu einem Elektrophor genommen werden kann, z. B. ein Stück in einen Rahmen ausgespanntes Seidenzeug, das auf beiden Seiten mit Metallplatten belegt wird, ein Stück ebenso belegtes Spiegelglas. Ebenso läßt sich eine Franklin'sche Tafel und selbst eine Leidner Flasche, deren innere Belegung so eingerichtet ist, daß sie sich bequem abheben und wieder einsetzen läßt, dazu benutzen, nur daß in diesen Fällen, weil das Glas durch Reiben mit einem amalgamirten Leder elektrisirt werden muß, an der Oberfläche des Glases, nicht wie am Harzkuchen — Elektr., sondern + Elektr. erregt wird. Auch eine gut gefirniste Stubenthür oder die Platte eines lakirten Tisches läßt sich wie ein Elektrophor behandeln, und bei trockner Witterung durch Peitschen mit einem Fuchsschwanz bis zum Funkengeben elektrisch machen. Zerlassenes Wachs, Chokolade und

andere Körper, die durch Aenderung ihrer Aggregatform elektrisch werden (§. 22.), stellen, wenn sie in isolirt stehenden Gefäßen erhalten, natürliche Elektrophore dar.

§. 20.

Der Condensator. **Bennet's** condensirendes Elektrometer.

Ein Instrument, um verschwindend kleine Mengen von Elektrizität, die für sich allein selbst ein empfindliches Elektroskop nicht afficiren würden, anzusammeln und durch dieses wahrnehmbar zu machen, ist der von Volta erfundene Condensator oder Electricitäts-Sammler, dessen Einrichtung, wie die des Elektrophors und der Verstärkungsplatte, auf das Gesetz der elektrischen Vertheilung gegründet ist. Die Haupttheile desselben sind die Basis, eine runde Metallplatte (wozu ein verkehrt gelegter hell polirter Teller von Zinn dienen kann), auf die am Rande drei kleine Glasstückchen oder Siegellacktröpfchen in gleich weiter Entfernung von einander gelegt sind, und die Sammlungsplatte oder der Collector, der in einem gewöhnlichen Elektrophor-Deckel mit isolirender Handhabe besteht. Wenn dieser auf die Basis gesetzt wird, so ist zwischen beiden Platten eine dünne Luftschicht enthalten, welche als schlechter Leiter zwar eine Vertheilung der Electricität bewilligt, aber sonst alle leitende Gemeinschaft zwischen den beiden Platten aufhebt. Berührt man, während die Basis leitend mit der Erde (z. B. durch Berührung mit dem Finger) verbunden ist, den Collector mit dem Körper, in welchem man Electricität vermuthet, und führt ihm z. B. schwache $+E$ von demselben zu, so macht dieses sogleich die Basis durch Vertheilung schwach elektrisch; das $+E$ des Collectors wird durch seine Beschäftigung mit dem $-E$ der Basis gebunden und dadurch seine Fähigkeit, noch mehr $+E$ aus dem schwach elektrischen Körper aufzunehmen, erhöht (§. 15.). So lange der Collector auf der Basis ruht, bleibt die in ihm bei fernerer Mittheilung angehäuften $+E$ (wegen ihrer Bindung durch die $-E$ der Basis) unbemerkbar; sobald man aber den Collector isolirt ab- und dadurch die Bindung der entgegengesetzten Electricitäten aufhebt, so wird alle auf dem Collector condensirte Electricität auf Ein Mal frei, und man kann sie dann an einem empfindlichen Elektroskop, das man vorher an dem Collector ange-

bracht hat, wahrnehmen. Ist die zu untersuchende Electricität sehr schwach, so ereignet es sich zuweilen, daß der Condensator nicht von ihr afficirt wird; sie wird dann noch entdeckt, wenn man mit der Kante des geladenen Deckels den Deckel eines zweiten kleinern Condensators berührt *). — Sehr zweckmäßig verbindet man mit dem Condensator das Bennetsche Goldblatt-Elektrometer (§. 11.), wodurch ein sogenanntes condensirendes Elektrometer gebildet wird. Man benützt nämlich den Deckel jenes Elektrometers als Collector, läßt drei kleine Tröpfchen Siegellack in der Form eines Dreiecks auf denselben fallen und legt dann über diese eine Metallplatte, die dann die Basis des gewöhnlichen Condensators vorstellt. Führt man, während die oben liegende Basis leitend mit dem Finger berührt wird, dem unter ihr befindlichen Metalldeckel des Elektrome-

*) Die Stelle der dünnen Luftschicht zwischen beiden Platten des Condensators kann auch durch einen andern dünnen Nichtleiter ersetzt werden, z. B. durch Wachstafel, Seidenzeug, Firniß oder einen andern Halbleiter, womit man die eine der Platten an ihrer Oberfläche überzieht. Nur muß darauf gesehen werden, daß die von dem Deckel aufgenommene Elektr. nicht etwa die Basis durch Mittheilung elektrisch mache, wodurch natürlich das Instrument seine Brauchbarkeit verlieren würde. Dieses geschieht sehr leicht, wenn die Elektr. dem Collector in einem zu starken Grade zugeführt wird, oder wenn die Schicht des Nichtleiters zu dünn ist und der Collector der Basis allzunaheliegt, oder wenn kleine Hervorragungen und Spizen, selbst Staub, die wirkliche Mittheilung der Elektr. begünstigen (§. 6.). Doch darf andererseits die Schicht des Nichtleiters auch nicht zu dick seyn, z. B. nicht aus einer Glasscheibe bestehen, weil dadurch das Instrument (einer Franklin'schen Verstärkungsplatte ähnlich werden, und) bei sehr geringen Spuren von Elektr., die dargestellt werden sollen, die Vertheilung zu sehr erschwert werden würde. Ueberdies könnte auch Glas durch die geringe Reibung bei dem Aufsetzen des Deckels leicht ursprünglich elektrisch werden, und dann durch elektrophorische Wirkung die dem Collector von dem untersuchten Körper gegebene Electricität durch fremde Elektr. vermehren. Von diesem Fehler sind selbst die erwähnten überfirnißten oder mit Taffet überzogenen Collectoren nicht ganz frei. — Nach Lichtenbergs Vorschlag kann auch der mit Taffet überzogene Deckel eines Elektrophors auf einen trocknen Tisch gesetzt, und, selbst ohne Ueberzug, als Condensator benützt werden, wenn der Tisch unter ihm mit drei kleinen Stückchen Glas belegt wird.

ters die auch noch so schwache Elektricität eines Körpers zu, so macht sich diese, sobald die Basis abgehoben wird, im verdichteten Zustande durch das Divergiren der Goldblättchen sogleich bemerklich. — Mit Hülfe so fein construirter Condensatoren hat man die merkwürdigsten Entdeckungen in Bezug auf Elektricität gemacht, und daß in vielen Fällen, wo man es vorher nicht vermuthete, Elektricität erzeugt wird (S. 2.); daß unter andern bei allen chemischen Operationen, z. B. beim Verdampfen und Auflösen (S. 22.), bei dem Erwärmen und Kaltwerden (S. 102. u. 110.) und bei mechanischen Veränderungen der Körper (S. 28.), elektrische Spannungen wachsen werden; ja daß selbst Körper, die für gute Leiter der Elektricität gelten und die man sonst nicht durch Reiben elektrisiren zu können glaubte, dadurch doch in den elektrischen Zustand versetzt werden, daß z. B. ein Metall sehr deutliche Spuren von Elektricität zeigt, wenn es einige Minuten an dem Collector eines Condensators gerieben wird (S. 4. *). Besonders wichtig ist die Anwendung des Condensators zur Entdeckung der galvanischen oder derjenigen Elektricität, welche durch bloße gegenseitige Berührung heterogener Körper erregt wird (S. 30.), obgleich er an Empfindlichkeit für den galvanisch-electrischen Strom dem Schweigger'schen Multiplikator und den Nerven kaltblütiger Thiere, z. B. denen der Frösche, nicht gleich kommt. (S. 32.)

§. 21.

Wirkungen der Reibungs-Elektricität. Anwendung derselben in der Heilkunde.

Von den Wirkungen der Elektricität, welche an dem Conductor einer thätigen Elektrisirmaschine sich beobachten lassen, war schon früher (S. 3.) die Rede. Gegenwärtiger §. führt die Wirkungen der verstärkten Elektricität, wie sie durch das Zusammenschlagen ihrer polar entgegengesetzten Bestandtheile in dem Funken der elektrischen Verstärkungsflasche sich individualisirt, uns vor, ohne daß einer detaillirten Darstellung elektrischer Versuche, die dem Zwecke dieser Einleitung fremd seyn würde, Raum gegeben ist. Die Wirkungen der verstärkten Elektricität zerfallen in 1) Mechanische. Isolirende oder schlecht leitende Körper werden, weil sie den Entladungskreis unterbrechen, von dem elektrischen Funken, wenn die Intensität

der elektrischen Spannung der Cohäsionskraft derselben überlegen ist, durchbohrt oder zerbrochen und umhergeworfen. Ein Kartenblatt z. B. wird durch den Funken fein durchlöchert, wobei das Loch auf jeder Seite einen aufgeworfenen Rand zeigt, der sich aus der entgegengesetzten Richtung, aus welcher die beiden Elektricitäten, die positive des innern und die negative des äußern Belegs der Flasche, bei ihrer Vereinigung in dem elektrischen Funken zusammen treffen, erklären läßt. Wasser, in das vermittelst zweier Drähte der elektrische Funke geleitet wird, wallt, beim Ueberspringen desselben von einem Draht zum andern, auf. Ein Cylinder von weichem Thon wird sphäroidisch aufgetrieben, wenn man mit Hülfe zweier Drähte, die in seiner Mitte etwas von einander abstehen, den Funken durch ihn schlagen läßt.

2) Leuchtende und erhitzende (thermische). Wenn der elektrische Strom durch ein schlecht leitendes Mittel, z. B. trockne Luft, geht, oder der leitende Körper, durch welchen er entladen wird, im Verhältniß zu der Menge von Elektricität, welche er entladen muß, eine zu geringe Capacität besitzt, d. h. für den Durchgang des elektrischen Stromes zu wenig Masse darbietet und dieser dadurch sehr zusammengepreßt wird, so entsteht Licht und Wärme mit ihren Folgen. Auf diese Weise wird der elektrische Funken selbst erzeugt (§. 7.). Die mit ihm verbundene Wärmeentwicklung macht sich in dem entladenden Körper durch eine Temperatur-Erhöhung bemerkbar, die, wenn der Körper sehr fein, z. B. ein dünner Stahldraht ist, bis zur Glüh- hitze und Schmelzung desselben steigt. Bei geringerer Stärke des Entladungsschlages läuft der Draht wenigstens gelb und blau an; bei sehr großer Stärke dagegen verstäubt er in Rauch unter Erscheinung eines weiß glänzenden Blizes, wobei das Metall (bei freiem Zutritte der atmosphärischen Luft) in ein Dryd umgewandelt wird. Leicht entzündliche Stoffe, wie erwärmter Weingeist, Naphthen und Wasserstoffgas (z. B. in der elektrischen Pistole, und in dem sonstigen durch Döbereiner's beliebtes Platinfeuerzeug jetzt fast verdrängten elektrischen Schnellfeuerzeug) werden schon durch den schwachen Funken eines elektrisirten Conductors entzündet; Harzstaub und Schwefelblumen, wenn sie in Baumwolle gefüllt mit dem Knopfe einer Flasche in unmittelbare Berührung gebracht werden, und Schießpulver, wenn durch Unterbrechung des Entladungskreises

mit einem unvollkommenen Leiter, z. B. einem Stück nassen Bindfadens, der elektrische Schlag verlangsamt und dadurch seine Wirkung dauernder gemacht wird (S. 18. *). Undurchsichtige Körper, an denen der elektrische Funke vorüberfährt, z. B. Bimsstein, Psephenon, Eier, werden durch das Licht desselben erleuchtet und durchscheinend. Wird er über ein Stück Kreide geleitet, so läßt er einen lichten Streifen auf dieser zurück. Phosphorescirende Körper, z. B. Schwerspath, über welche die elektrische Explosion geht, leuchten nachher in einem andern Lichte.

3) Chemische Wirkungen, die sowohl entmischend (ausscheidend) als zusammensetzend (verbindend) sind, in denen sie aber der galvanischen Elektrizität weit nachsteht (S. 50. u. 51). Bei Zersetzungen, die man durch Elektrizität bewirkt, wird der Sauerstoff an der Seite, wo die $+ E$ eintritt, die alkalischen Stoffe dagegen an der Seite des $- E$ angesammelt. Wasser, in das man die beiden Entladungsdrähte führt, wird auf diese Art in seine beiden gasförmigen Bestandtheile, Sauerstoffgas und Wasserstoffgas, zerlegt. Umgekehrt wird durch den elektrischen Funken, der in Knallgas (eine Mischung von Sauerstoff und Wasserstoff, ohngefähr in dem Verhältniß von 1:2) schlägt, dieses (mit einem Knalle) entzündet und dadurch eine neue Verbindung, Wasser, erzeugt. Doch ist zur Zersetzung von gut leitenden Flüssigkeiten erforderlich, daß kleine Funken längere Zeit einströmen, und die Enden der eingesenkten Leitungsdrähte in möglichst kleiner Fläche mit der Flüssigkeit in Berührung kommen, was am Besten erzielt wird, wenn man feinen Platindraht in Haarröhrchen einschmilzt, die Spitze abschleift und in kleiner Entfernung von einander durch zwei solche Spitzen die beiden Elektrizitäten in die Flüssigkeit entladet. Die aufsteigenden Gase werden auf die später (S. 49.) zu beschreibende Weise in besondern Gefäßen aufgefangen. Desoxydationen von Metalloryden sind nur schwer durch den elektrischen Funken zu bewirken. Ueber mit Zinnober roth gefärbtes Papier geführt, wird seine Bahn durch schwarze Flecke auf diesem bezeichnet. Ein schmaler Streifen (ächtes oder unächtes) Blattgold, zwischen zwei Glasstreifen fest eingepreßt, wird bei Durchleitung des elektrischen Schlages theils verfalzt, theils geschmolzen, und so fest in das Glas getrieben, daß er weder durch mechanische noch durch chemische Mittel aus diesem entfernt werden kann; zuwei-

len zeigen sich zugleich um denselben prismatische Farben auf dem Glase.

4) Magnetische Wirkungen, die aber ebenfalls nicht so in die Sinne fallen, als wenn galvanisch- elektrische Ströme mit dem Magnetismus in Conflict treten (§. 73.). Der Darstellung dieser Gattung von elektrischen Erscheinungen ist der §. 88. gewidmet. Es genüge hier, nur anzuführen, wie durch den Schlag einer elektrischen Flasche, den man der Länge nach durch eine Magnetenadel führt, dieser ihre magnetische Kraft geraubt wird, und umgekehrt unmagnetische Stahlnadeln durch eine Reihenfolge elektrischer Schläge magnetische Polarität erhalten, wenn man diese quer darüber oder mittels schraubenförmig gewundener Drähte um sie herum leitet.

5) Physiologische Wirkungen oder Wirkungen auf den Organismus der Pflanzen und Thiere. Mäßige Grade der elektrischen Erschütterung sind ein kräftiges Reizmittel für die Nerven und die Muskelfasern des thierischen Körpers, und somit auch nicht ohne Einfluß auf die Thätigkeit des Gefäßsystems, als dessen Folge Erhöhung der Wärmeentwicklung, der Ausdünstung und Circulation der Säfte, überhaupt des ganzen animalischen Lebensprocesses entsteht. Vorzüglich sind die Nerven der Empfindungsorgane ihrer Einwirkung zugänglich, in denen sie die diesen entsprechenden Eindrücke auf das Sensorium erweckt. Werden Bewegungsnerven, ebenfalls gute Leiter der Elektrizität (§. 4.), von ihr getroffen, so entstehen unfreiwillige Muskelcontraktionen. Wird z. B. eine elektrische Flasche durch beide Hände entladen, so werden die Gelenke der Hände und Arme und selbst die Brust durch den Entladungsschlag convulsivisch bewegt. Diese Wirkung ist um so energischer, je größer die belegten Flächen der Flasche sind und je mehr durch fortgesetztes Laden die elektrische Spannung in ihr gesteigert wurde. Aus einer kleinen Flasche, die ganz voll geladen wird, ist sie stärker als aus einer sehr großen, die aber nur eine schwache Ladung hat, obschon zu dieser geringen Ladung ungleich mehr Elektrizität verwendet worden ist, als zu der der kleinen Flasche. Anders verhält es sich mit der Wirkung des elektrischen Schlages, wenn der Entladungskreis durch leblose Körper geschlossen wird. Die Wärmeerscheinungen und chemischen Wirkungen, die er bei seinem Durchgange durch diese hervorbringt, sind nicht sowohl von der elektrischen Spannung, als vielmehr von der Menge

der in der Flasche angehäuften Elektricität abhängig, und der schwache Schlag einer sehr großen Flasche oder einer Batterie entzündet, schmilzt und oxydirt daher oft Körper, welche bei dem heftigen Schläge einer kleinen und ganz voll geladenen Flasche keiner Veränderung in ihrer Beschaffenheit unterliegen. In frisch getödteten Thieren, die gleich nach dem Tode, wo die Reizbarkeit der thierischen Faser noch nicht ganz verschwunden ist, dem Entladungsschläge überlassen werden, entstehen ebenfalls heftige Zuckungen. Starke Flaschenschläge betäuben und vernichten die natürliche Reizbarkeit jedes organischen Lebens und wirken tödtlich wie der Blitz. Bei kleinen Thieren, wie Mäuse, Sperlinge, sind dazu schon mäßig starke Schläge einer Flasche hinreichend. Frösche dagegen halten oft die stärksten Schläge ohne Nachtheil aus; ebenso auch Raupen. Größere Thiere, z. B. Pferde, verlangen zu ihrer Tödtung die volle Ladung sehr großer Batterien. Pflanzen werden durch den elektrischen Schlag sehr leicht zerstört. Die gemeine Balsamine senkt nach einem schwachen Schläge sogleich ihre Zweige.

Man hat seit den frühesten Zeiten, besonders nach Erfindung der Verstärkungsflasche, die Maschinen-Elektricität oft mit gutem, aber eben so häufig mit geringem Erfolge als Heilmittel gegen Krankheiten verschiedener Art angewendet. Auch hat sie als Wiederbelebungs mittel im Scheintode einen Ruf erlangt. Zu den Krankheiten, in welchen sie sich wirksam gezeigt hat, gehören: Der schwarze Staar, Schwerhörigkeit, wenn diese auf Lähmung der Nerven beruhen, ferner Lähmungen und Contracturen der Muskeln (wo die Wirkung der Elektricität auf die Antagonisten gerichtet werden muß), Convulsionen, skrophulöse Anschwellungen der Drüsen und andere kalte Geschwülste, inveterirte Rheumatismen, verhaltene Menstruation, chronische Augenentzündungen (die vorzugsweise durch den elektr. Hauch geheilt werden) und der Scheintod, insonderheit vom Blitz Getroffener oder Ertrunkener (wo anfangs schwache, dann stärkere elektrische Schläge aus der Leidner Flasche von irgend einer Seite des Halses oder von dem Nacken aus durch die Gegend des Herzens oder des Zwergfells geleitet werden müssen). Beachtenswerth ist die in neuerer Zeit wiederholt gemachte Beobachtung, daß die Beschwerden derer, die am Bandwurm leiden, augenblicklich beseitigt wer-

den, wenn man einige elektrische Schläge quer durch den Unterleib entladet *).

*) Da die Elektrizität durch Ueberreizung leicht schädlich wirkt und, der Erfahrung nach, die Empfänglichkeit für sie bei verschiedenen Personen auch sehr verschieden ist, so gilt als Regel: bei ihrer medicinischen Anwendung jederzeit mit den gelindesten Graden anzufangen, und erst wenn diese ohne Wirkung bleiben, zu den stärkern überzugehen. Sodann ist es rathsam, bei längerer Anwendung derselben an die Stelle der positiven Elektr., wenn mit dieser der Anfang gemacht wurde, eine Zeitlang die negative treten zu lassen, um die durch erstere abgestumpfte Reizempfänglichkeit wieder herzustellen. In Krankheiten, die auf Entzündung beruhen, oder mit dieser complicirt sind, so wie bei Blutandränge, ist ihr Gebrauch verboten. Auch dürfen Schwangere nie der Einwirkung einer starken Elektr. ausgesetzt werden. Die Methoden selbst, welche die Erfahrung als wirksam gegen die genannten Krankheiten bestätigt hat, sind folgende: 1) Das elektr. Bad, der geringste Grad der elektr. Kur, und daher besonders bei empfindlichen Personen, namentlich gegen allgemeine Krämpfe und Schwäche, anwendbar. Der Kranke wird in dieses gebracht, indem man ihn entweder auf einem Isolirbrette oder in dem Bette isolirt und mit dem Conduktor der Elektrisirmaschine in leitende Verbindung bringt. 2) Die unmerkliche Durchströmung, welche dadurch bewirkt wird, daß man die Elektr. des Conduktors vermittelst eines Leiters durch den kranken Theil des Körpers leitet und von da in den Boden abfließen läßt, oder, wenn die Wirkung gesteigert werden soll, den leidenden Theil zwischen zwei Leiter bringt, von denen der eine mit dem positiven, der andere mit dem negativen Conduktor der Maschine in Verbindung ist, und so die entgegengesetzten Ströme der beiden Elektr. in jenem sich unmerklich ausgleichen läßt. 3) Der elektrische Hauch oder die elektr. Douche, bei welcher man vermittelst besonderer Zuführer (Direktoren), d. h. konisch geformter Spitzen, die auf einem Metalldrahte mit isolirender Handhabe befestigt sind, die Elektrizität aus dem Conduktor auf den leidenden Theil 5 bis 8 Minuten lang ausströmen läßt, oder, während der Kranke auf einem Isolatorium mit dem Conduktor in Verbindung sich befindet, mittelst eines solchen Direktors (von dessen Drahte eine Kette auf den Boden herabhängt) die Elektr. aus ihm aufsaugt. Je feiner die Regel zugespitzt sind, desto milder, je abgestumpfter sie sind, desto heftiger ist ihre Wirkung; auch geben metallene Regel einen sanftern Strom als hölzerne (von Buchsbaumholz), weshalb man mit jenen den Anfang der Kur macht. Um den elektr. Strom ins Ohr zu leiten, bedient man sich eines Drahtes, der in eine dünne Glasröhre eingeschlossen ist. 4) Einfache

2. Die durch Veränderungen in dem Aggregat-Zustande und in der Gemischten Constitution der Körper erzeugte Electricität. Atmosphärische Electricität.

§. 22.

Entstehungsart. Elektro-Chemie.

Auf eine noch unerforschte und nicht durch Reibung, wie man früher glaubte, zu erklärende Art wird bei allen Veränderungen, welche die Aggregatform der Körper treffen, Electricität

Funken, die man mittelst einer, statt des Kegels auf den Direktor geschraubten (anfänglich metallenen, später hölzernen) Kugel auf die angegebene zweifache Weise aus dem leidenden Theile zieht; bei dem schwarzen Staare aus den Augenbogen, aus den geschlossenen Lidern, und zuletzt aus dem geschlossenen Auge selbst; bei rheumatischem Zahnweh aus dem Backen, bei Taubheit aus dem innern Ohrgang, bei Rheumatismen und dergleichen Lähmungen aus dem vorher mit Flanell umwickelten Gliede, auf dem man die Kugel des Direktors hin und her schiebt. Zu dieser, wie zu den drei vorhergehenden Methoden ist eine Maschine, deren Conduktor wenigstens 3" lange Funken schlägt, erforderlich. 5) Elektrische Schläge aus der Leidner Flasche, die heftigste Art der elektr. Behandlung und erst nach vergeblichen Versuchen mit den mildern Methoden indicirt, bei der man sich, um die Stärke der Schläge in der Gewalt zu haben, des Lane'schen Auslade-Elektrometers (Fig. 6.) bedient. Höchstens 15 Schläge werden hinter einander durch den kranken Theil geführt, deren Intensität, nach Erforderniß, noch durch einen unvollkommenen Leiter, z. B. nassen Bindfaden, mit dem man die Leitungskette des Ausladers unterbricht und dadurch die Entladung der Flasche verzögert, gesteigert werden kann (§. 18.^o). Bei dem schwarzen Staare werden schwache Schläge durch den Vorderkopf, vom Nacken aus nach der Supra-orbital-Gegend oder vom Hinterkopfe durch das Auge selbst geleitet, bei Taubheit von der Cusack'schen Röhre durch den äußern Gehörgang, indem man mittelst einer Glasröhre einen vorn abgestumpften in jene und einen zweiten ebenso in diesen einführt; bei Krämpfen durch das Rückenmark und bei dem Ausbleiben der Katamenien, dessen Ursache in Atonie des Uterus liegt, von dem Kreuzbein aus nach vorn durch das Becken. Bei den am Bandwurm Leidenden wird durch quer durch den Unterleib geführte Ladungsschläge dieser so gelähmt, daß er durch gleich darauf gebrauchte Abführungsmittel leicht fortgeschafft werden kann. M. vergl. Sunitelin, Anleitung zur Anwendung der Electricität und des Galvanism. 8. Berlin, 1822.

frei und thätig. So schwierig es in den meisten Fällen ist, das Freiwerden der Electricität bei dergleichen Vorgängen, wegen der leicht möglichen Einmischung fremdartiger Electricitäts-erregung, z. B. durch das Warmwerden der zu prüfenden Körper, zu beobachten: so ist doch das Hervortreten elektrischer Erscheinungen auf dem bezeichneten Wege durch wiederholt gemachte genaue Beobachtungen erwiesen. Gerinnendes Wachs, Schwefel, Chokolade und andre leicht schmelzbare Substanzen werden nach ihrer Erstarrung (Krystallisation) oft so stark elektrisch, daß sie auf leichte Körper, die man ihnen nähert, sich anziehend äußern; eben so auch in Glasbehältern erkaltendes (krystallisirendes) Blei und Zinn. Besonders stark entwickelt sich diese Electricität, wenn man die genannten Substanzen so heiß als möglich in gläserne, mit Metall belegte Schalen gießt. Nach dem Erkalten herausgenommen, zeigt sich ihre Electricität oft in so hohem Grade, daß selbst (im Dunkeln sichtbare) Funken sich aus ihnen ziehen lassen und sie, einem Elektrophore gleich, noch eine geraume Zeit hinterher elektrisch bleiben. Wenn aus einer saturirten Lösung von irgend einem Salze (vorzüglich aber von schwefelsaurem Kali) Krystalle sich ausscheiden, so bemerkt man oft, daß ein elektrisches Licht aus ihnen hervorschießt, was aber ausbleibt, wenn die Krystalle wiederum aufgelöst werden und die Lösung von Neuem zum Krystallisiren hingestellt wird, ohne vorher der Einwirkung des Lichtes und der Luft ausgesetzt gewesen zu seyn. Umgekehrt wird Electricität frei, wenn manche Krystalle, namentlich oralsaures Silberoryd, in der Wärme durch Verpuffung zersezt werden. Es ist diese an einem condensirenden Elektrometer nachweisbar, wenn man an die Scheibe des letztern einen starken Platindraht befestigt und diesen an seinem freien Ende zur Aufnahme eines kleinen Platinschälchens in einen Ring umbiegt. Man bringt in das Schälchen einige Gran des Silberorydes und bewirkt dessen Detonation durch Erhizung mit der Flamme einer Weingeistlampe. Döbereiner, Beitr. zur physik. Chemie, Heft 1, S. 104. — Nach Grotthuß bekommt eine elektrische nicht isolirt stehende Verstärkungsflasche, in der man Wasser schnell gefrieren läßt, sogleich eine schwache Ladung + E, die sich, wenn man das Eis schnell wieder aufthaut, in — E verwandelt. — Daß diese Electricitäten nicht durch Reibung, mit welcher das Schmelzen und Festwerden der Substanzen wegen der dabei Statt

findenden Ausdehnung und Zusammenziehung ihrer Theile verbunden ist, erzeugt werden, ist durch genaue Versuche, deren sich der eben genannte Physiker unterzog, widerlegt. — Wenn ferner Wasser verdampft, so wird das Gefäß, in welchem es enthalten ist, negativ, der Dampf selbst hingegen positiv elektrisch. Ein Elektrometer, das mit dem während des Versuches isolirten metallenen Gefäße in Verbindung ist, geht (wenn man eine recht schnelle Verdampfung des Wassers aus diesem dadurch bewirkt, daß man auf eine stark glühende Kohle, die darin liegt, ein wenig Wasser gießt, sogleich) mit negativer Electricität aus einander; umgekehrt zeigt dagegen ein Elektrometer $+ E$, das man mit einer großen isolirten Platte in Berührung bringt, an welcher sich der von kochendem Wasser aufsteigende Dampf verdichtet. Armstrong beobachtete an dem, aus dem Sicherheitsventil eines Dampfkessels, mit Heftigkeit ausströmenden Dampfstrahl eine so starke Electricitäts-Erregung, daß nicht nur ein in dessen Atmosphäre gebrachtes Elektrometer stark (positiv) divergirte, sondern selbst eine elektrische Verstärkungsflasche damit geladen werden konnte, und daß er unter Entstehung eines hellen elektrischen Funkens eine merkliche Erschütterung in den Armen empfand, als er die eine Hand in den Dampfstrahl hielt und mit der andern den Deckel des Kessels berührte. Die Menge der Electricität schien mit der Stärke des Druckes, dem der Dampf in dem letztern ausgesetzt war, zu- und abzunehmen *). Das Wasser, aus dem sich der Dampf entwickelte, war unrein und hatte die innere Wand des Dampfkessels mit einer dicken Kruste von (meistens schwefelsaurem) Kalk überzogen. Pfaß, der die Armstrong'schen Versuche an einem Papinianischen Topfe wiederholte, leugnet die Electricitäts-Erregung bei dem Verdampfen des Wassers, bei dem Drucke einer Atmosphäre, und sieht die von ihm in stärker gespannten Wasserdämpfen beobachtete Electricität nicht für die Folge der Formveränderung des Wassers, sondern für die des von den Dämpfen auf das Wasser ausgeübten Druckes an (§. 28).

*) Von Pouillet wird, diesen Erfahrungen entgegen, die Electricitäts-Erzeugung beim Verdampfen von reinem Wasser noch immer bestritten und bloß für den Fall zugestanden, wenn das Wasser dabei sich von einem andern Körper trennt, der das Gefäß, aus dem es verdampft, chemisch verändert.

Auffälliger und unzweideutiger, als bei bloßen Formveränderungen der Körper, wird bei chemischen Processen Electricität erzeugt, z. B. beim Aufgießen von verdünnter Schwefelsäure auf Eisen; ferner bei dem Akte der Verbrennung, wo der verbrennende Körper — E und die in der Flamme aufsteigenden Gase + E annehmen; nach Becquerel selbst bei dem Vorgange der Haarröhrchenanziehung, als dem geringsten, durch Flächenanziehung sich charakterisirenden Grade von chemischer Verwandtschaft; und so sind fast alle Operationen, durch die zwei mit einander in Conflict gerathene Substanzen in ihrer chemischen Beschaffenheit verändert werden, und wo durch Anziehung verschiedenartiger Stoffe neue Verbindungen entstehen, mit elektrischen Erscheinungen vergesellschaftet, indem alle Mal die zwei Körper, welche eine wechselseitige Verbindung mit einander eingehen, diese damit beginnen, daß sie entgegengesetzt elektrisch werden. Berzelius hat hierauf eine neue Theorie, die elektrochemische, gegründet; nach welcher alle chemischen Verwandtschaften nur Resultate elektrischer Kräfte sind, und nach der die sogenannten einfachen Grundstoffe in gewissen Abstufungen elektrische Anziehung zu einander haben, so daß durch die Größe des elektrischen Gegensatzes zwischen ihnen die Stärke ihrer Affinität bestimmt wird. An dem äußersten Ende der negativen Seite steht hiernach der Sauerstoff, an dem der positiven Seite das Kalium (die Basen). Berzelius, über die chemischen Wirkungen der Electricität. Dresden, 1820. Nach dieser Theorie wird z. B. das Freiwerden von Licht und Wärme, welches mit dem Verbrennungsproceß verknüpft ist, aus der schnellen elektrischen Neutralisation der sich beim Verbrennen (Drydiren in der Hitze) gegenseitig anziehenden Stoffe erklärt, welche vermöge ihrer heterogenen chemischen Natur sich wie positiv — und negativ — elektrisch zu einander verhalten; und es ist hiernach das Feuer eine elektrische Erscheinung, welche eben so entsteht, wie der Blitz oder der Funke bei dem Entladen einer elektrischen Verstärkungsflasche (S. 7. u. 13.). — Grundriß der Elektro-Chemie von Lampadius, 1817. — Elemente der Electricität und Elektro-Chemie von G. J. Singer, aus dem Engl. von C. H. Müller, Breslau, 1819.

Die meisten und belehrendsten Versuche über Electricitäts-Erregung auf chemischem Wege sind von Becquerel und Pfaff, besonders über die chemische Einwirkung von Flüssigkeiten auf Metalle,

angestellt, und dabei wiederholt als Gesetz bestätigt worden, daß bei diesen Proceuren die Metalle negativ, die Flüssigkeiten dagegen positiv elektrisch werden. Die Stärke der Elektrizität ist nach der Natur der Metalle und der auf sie wirkenden Fluida verschieden. Befestigt man eine kleine, mit einer stark reagirenden Flüssigkeit, z. B. mit Schwefelsäure oder auch einer Aetzkalklösung gefüllte Schale von Platin (welches Metall bekanntlich von diesen Flüssigkeiten nicht angegriffen wird) auf den Deckel eines Bohnenberger'schen Elektrometers, oder bringt man dieselbe sonst, isolirt, in leitende Verbindung mit diesem, und taucht ein Metallstäbchen in die Flüssigkeit, das von dieser angegriffen wird: so zeigt sich die Flüssigkeit durch das Elektrometer positiv, das Metall selbst aber, wenn es isolirt geprüft wird, negativ elektrisch. Nimmt man statt der Schale von Platin eine von Glas, so kann man nur die Elektrizität des eingetauchten Metalles untersuchen. Die bei dergleichen Versuchen erhaltene Elektrizität ist in der Regel nicht sehr stark, da sich die erregten entgegengesetzten Elektrizitäten, wegen des guten Leitungsvermögens der Flüssigkeit und des Metalles, leicht ausgleichen und man daher nur zur Beobachtung bekommt, was nach ihrer Vereinigung in der Flüssigkeit übrig bleibt. Indessen kann die in dem Metalle erzeugte — E selbst bis zum Funkengeben angehäuft werden, wenn man die Flüssigkeit gleich nach ihrem Conflukt mit dem Metalle durch Abtröpfelung auf erhitzte Metallplatten in Dampfform entweichen läßt. Daher kommt es auch, daß sich so starke elektrische Erregung in dem Metalle offenbart, wenn man einen gasförmigen Körper auf ihn chemisch wirken läßt. Taucht man zwei verschiedene Metalle isolirt in dieselbe Flüssigkeit, so wird ein jedes negativ elektrisch, (das am stärksten angegriffene am stärksten) und die Flüssigkeit noch stärker positiv; giebt man einem der Metalle oder beiden eine Ableitung, z. B. durch Berührung mit dem Finger, so geht die Elektrizität der Flüssigkeit zu dem am wenigsten angegriffenen Metalle über, und dieses erscheint daher positiv elektrisch. Da die elektrische Erregung in diesen Fällen so lange anhält, als die chemische Einwirkung unterhalten wird, so läßt sich auch dieselbe mit Leichtigkeit durch den Condensator prüfen. Man füllt eine zweischenkliche Glasröhre mit der Flüssigkeit an, senkt Drähte von $\frac{1}{2}$ Linie Dike mit dem einen Ende, das spiralförmig aufgewickelt ist, in diese ein, und führt das andere Ende zu dem

Condensator, der auf einem Bohnenbergerschen Elektrometer steht, hin. Auf diese Art wurden von Pfaff Versuche mit Hilfe zweier Condensatoren, von denen der kleinere auf dem Elektrometer stand, angestellt. Karsten, über Contact-Electricität. Berl. 1836. S. 2. — In Bezug auf die Electricitätsquelle, welche durch die chemische Wirkung zweier Flüssigkeiten auf einander eröffnet wird, gilt der Satz, daß bei der Verbindung einer Säure mit einem Alkali oder jedem andern sich basisch verhaltenden Stoffe, die erstere allemal positiv, der letztere negativ elektrisch wird. Eben so verhält sich auch eine stärker gesättigte Salzauflösung zu einer schwächern. Wie die so erregte Electricität durch magnetische Reaction, nämlich durch Ablenkung der Magnetnadel erkannt werden kann, werden wir aus §. 76. ersehen.

§. 23.

Luft-Electricität. Prüfungsmittel derselben. Elektro-Meteore.

Am Großartigsten geben sich die elektrischen Erscheinungen, welche als Begleiter der Formveränderungen der Körper vorzukommen pflegen, in dem Dunstkreis der Erde, in unserer Atmosphäre, zu Tage. In ihm werden, durch die von der Sonnenwärme eingeleitete Verdunstung und die mit dieser ununterbrochen wechselnde Verdichtung des in großer Menge vorhandenen Wasserdampfes, unaufhörlich Störungen des elektrischen Gleichgewichts ange regt, in deren Folge mehr oder weniger elektrische Materie (Luft-Electricität) in Freiheit kommt, deren Daseyn sich durch verschiedene elektrische Erscheinungen — Elektro-Meteore — bekundet, — ohne daß aber in irgend einem Falle ein Gesetz, nach welchem jene elektrischen Erregungen erfolgen, aufzufinden möglich geworden ist. Wahrscheinlich haben zugleich chemische Prozesse, so wie die nach *Donne's*, *Pouillet's* und Anderer Beobachtung von elektrischen Erregungen begleitete Entwicklung der Pflanzen-Organismen auf der Erdoberfläche, mit denen die Luft durch die mit ihren Spitzen aufwärts gerichteten Bäume und durch die Gipfel der Berge in elektrischer Wechselwirkung steht, an der Erzeugung der Luft-Electricität und an den durch sie bedingten Meteoriten Antheil (§. 27. u. 76.). — Nach den Untersuchungen *Saussure's*, *Volta's* und *Cavallo's*

ist, sowohl bei bedecktem als bei wolkenlosem Himmel, außer den Zeiten, wo elektro-meteorische Erscheinungen (z. B. Gewitter, Regen) sich ereignen, stets freie Elektrizität in der Luft zugegen, die aber fortwährend großen Veränderungen ihrer Art und Stärke nach unterworfen ist. Bei heittrer, reiner Atmosphäre ist sie meistens positiv, bei trüber und während eines Regens negativ; in der Nacht ist sie am schwächsten, mit Sonnenaufgang (beim Fallen des Thaues) wird sie stärker; gegen Mittag nimmt sie wieder ab, steigt sodann, wenn die Sonne sinkt (beim Eintritt der Dämmerung) und vermindert sich abermals zur Nachtzeit, so daß sie folglich täglich einen periodischen Wechsel zeigt und zwei Mal ein Maximum und ein Minimum erreicht. Außerdem ist sie in höhern Regionen und im Winter (bei heiterm Frostwetter) stärker, als in der Tiefe und im Sommer, bei Windstille stärker als bei bewegter Luft. Ersmann hat Zweifel gegen die Annahme freier Luft-Elektrizität erregt, und sichtet die Verhältnisse, welche auf dieselbe hindeuten, nicht für Wirkungen eines eigenthümlichen elektrischen Zustandes der Luft, sondern vielmehr des Erdbodens an. *Gilb. Ann. Bd. 15. S. 337.*

Erforscht werden die elektrischen Zustände der Atmosphäre:

1) Nach Dalibord (in Frankreich) durch hohe, oben mit einem Metallstifte versehene, Stangen, die entweder im Freien oder auf dem Giebel eines Hauses aufgerichtet sind und durch herabhängende Drähte mit einem Goldblatt-Elektrometer oder mit einem Elektrophanten oder selbst mit einem Galvanometer (S. 89.) in Verbindung stehen *).

2) Nach Cavallo durch eine Art von Angelruthe, die man in dem höchsten Fenster des Beobachtungslokales in die Luft hinaushält. *Cav. ausführl. Hdb. der Experimental-N. Erf. 1806. B. 4. S. 100.*

3) Nach Franklin und de Romas (zu Lille), besonders in sehr hohen Regionen, durch den elektrischen Drachen, der sich

*) Dalibord verband sogar mit dem untersten Ende der Stange, die bis in sein Zimmer reichte, ein Glockenspiel, das zu spielen anfing, sobald die Stange durch die Luft elektrisch wurde. — Das Galvanometer wurde vorzüglich von Colladen und Peltier als Elektrometer angewendet (S. 89.).

von dem gewöhnlichen papiernen Drachen der Kinder nur dadurch unterscheidet, daß das Papier, um das Eindringen des Regens abzuhalten, mit Del getränkt — in die Schnur, um diese zu einem guten Leiter zu machen, ein Metalldraht oder ein mit dünnen Kupferblättchen überzogener Faden eingeflochten ist, und die Stangen des Gerippes zu sicherer Aufnahme der Electricität mit Metallspitzen versehen sind. Beim Steigen des Drachen wird das untere Ende der Schnur durch eine 2 bis 3 Fuß lange seidne Schnur oder durch eine Glasröhre isolirt und irgendwo befestigt. Es lassen sich, nach Franklin's Versicherung, zu jeder Tageszeit Funken aus der Schnur des Drachens ziehen, mit diesen eine Flasche laden u. s. w.

4) Nach Saussure durch eine in die Höhe geworfene Bleifugel, die mit einem Elektrometer durch eine biegsame 80 Fuß lange Drahtschnur in Verbindung ist — und nach Becquerel auf ähnliche Weise durch einen abgeschossenen Pfeil, der durch einen Goldlahnfaden mit dem Elektroskope communicirt — eine Methode, die aber von Rieß nicht bewährt gefunden worden ist, da der dabei gebrauchte Faden, auch wenn er nicht über 80 Fuß lang ist, sich bei dem Abschneiden des Pfeils auf seiner Unterlage (von Wachstaffet) leicht verwirrt oder, indem er sich an nahen Gegenständen anhängt, leicht zerreißt. Doye, Repert. Bd. 2. S. 87. Bd. 6. S. 301. Während eines Sturmes oder Gewitters sind alle Versuche dieser Art gefährlich; wie das unglückliche Beispiel des Pr. Richmann (zu Petersburg) beweist, der am 6. Aug. 1753 durch einen starken Funken aus dem isolirten Metalldraht, in den er die Electricität aus einer vorüberziehenden Gewitterwolke geleitet hatte, erschlagen wurde.

§. 24.

Das Gewitter. Blitzröhren (Fulguriten). Herenringe.
Der Blitzableiter.

Das heftigste, aber auch zugleich das erhabenste und prächtigste Elektrometeor ist das Gewitter. Die dasselbe begleitenden Erscheinungen sind bekannt. Es entsteht durch die in Folge elektrischer Vertheilung zwischen einer Wolke und der Erde (oder zwischen zwei Wolken unter sich) entstandene Spannung der entgegengesetzten Electricitäten (§. 14.), wodurch die zwischen der Wolke und der Erde

stagnirende Luftschicht ebenso geladen wird, wie das Glas einer Leidner Flasche. Allem Vermuthen nach steigert sich die Vertheilung der Electricität in der Gewitterwolke in einem einzigen Augenblicke bis zur vollständigen Ladung dieser, und es wiederholt sich dieses vor jeder einzelnen Entladung. Die Entladung selbst erfolgt, sobald die elektrische Wolke der Erde nahe genug gekommen ist und die elektrische Spannung ihren höchsten Grad erreicht hat. Die beiden Electricitäten durchbrechen dann, um sich zu $O E$ zu vereinigen, die schlecht leitende Luft (eben so wie dieß zuweilen bei einer überladenen oder bei einer Flasche von zu dünnem Glase von selbst geschieht) mit großer Gewalt und mit einem starken Funken, dem Blitze (Wetterstrahl), der wegen der großen Entfernung der beiden Belege (der Wolke und der Erde) gewöhnlich zackenförmig erscheint (§. 7.) und wie der Funke einer entladenen Flasche mit einem heftigen Knalle, dem Donnerschlage, verbunden ist. Das eigenthümliche ab- und zunehmende Rollen und das Verhalten des Donners wird verschieden erklärt. Einige schreiben es dem Wiederhall des Donners von der Erde und den Wolken und dem Miterbeben der erstern zu. Andere leiten es von der plötzlichen Zersetzung der vielen Dunstbläschen in der Gewitterwolke her, die als Regentropfen herabfallen und leere Räume zurücklassen, in welche dann die umgebende Luft hineinstürzt. Hierdurch sollen zugleich die bei Gewittern bemerkbaren heftigen Stürme erregt werden. Noch andere suchen die Ursache desselben in der durch den Blitz bewirkten chemischen Zersetzung des Wassers und der dadurch erzeugten Knallluft, die durch den Blitz mit einer Explosion entzündet wird (§. 21, 3.). Am wahrscheinlichsten ist, daß die Länge des Weges, welchen der Blitz bei seinem Ausbruch zurücklegt und auf welchem er an jeder Stelle die Luft zusammenpreßt und erschüttert (§. 7. *), so wie die Langsamkeit, mit der diese einzelnen schallenden Erschütterungen der Luft wegen der geringen Schnelligkeit, mit der der Schall im Vergleich zu dem Lichte sich fortpflanzt *),

*) Die Langsamkeit, mit der der Schall im Vergleich mit dem Lichte sich durch die Luft bewegt, macht es möglich, die Entfernung eines Gewitters zu beurtheilen. Gehen zwischen Blitz und Donner 12 Sekunden oder Pulsschläge (welche fast Sekunden schlagen) hin: so ist, da der Schall in einer Sekunde 1038 Fuß zurücklegt, das Gewitter noch $12 \times 1038 = 12456$ Fuß oder, da 24000 Fuß auf eine deutsche Meile gerechnet wer-

unser Ohr erreichen, das Rollen des Donners hervorbringt, und daß daran zugleich die bei der Entladung der Gewitterwolke mit erfolgende Entladung benachbarter Wolken, welche durch Vertheilung von jener mit elektrifirt waren, Antheil hat. Vielleicht findet dabei zugleich auch, wie Kämg vermuthet, eine akustische Interferenz Statt.

— Die Entladung einer Gewitterwolke auf einen Gegenstand der Erde erfolgt um so leichter, je mehr dieser, durch die gut leitende Beschaffenheit seiner Materie und seiner Verbindung mit dem Erdboden und besonders durch seine Gestalt (Hervorragungen und Spitzen), die vertheilende Wirkung der Wolke begünstigt und den Durchbruch des Blitzes erleichtert (S. 6. u. 7.). Daher schlägt der Blitz auf die Ecken und Giebelspitzen eines Hauses leichter ein, als auf höher liegende aber platte Stellen des Daches. Dem ohngeachtet läßt sich nicht behaupten, daß durch spitze Körper die Gewitterwolken angelockt würden. Es hängt der Gang derselben von andern noch unbekanntem Umständen in der Atmosphäre ab, die auch Ursache sind, daß in manchen Jahren die Gewitter ihren Zug nach einer Gegend mehr als nach einer andern nehmen. In manchen Gegenden theilen sich die Gewitter an den Bergen, die man deßhalb Wettercheiden nennt. —

Der Blitz verhält sich im Uebrigen ganz wie der Entladungspunkte einer Leidner Flasche, nur daß er an Intensität denselben übertrifft. Er durchfährt die Luft im Zickzack, und verfolgt von der Stelle an, wo er auf einen Gegenstand schlägt, immer die beste Leitung für die Elektrizität, indem er nicht etwa den kürzesten, sondern denjenigen Weg wählt, auf welchem er die besten und am Innigsten verbundenen Leiter findet, und auf welchem er folglich am leichtesten zu seinem Ziele, d. h. zu seiner Vereinigung mit der entgegengesetzten Elektrizität des Erdbodens, gelangen kann. Sobald er dieses Ziel erreicht hat, hören alle seine Wirkungen auf. Diese äußern sich überhaupt nur da, wo er schlechte oder Leiter von zu geringer Capacität für ihn antrifft, oder solche, die schlecht unter einander zusammen-

den, noch etwas über eine Stunde von uns entfernt; bei 6 Pulsschlägen noch etwas über $\frac{1}{2}$ Stunde, bei 3 noch $\frac{1}{3}$ Stunde. Werden Blitz und Donner zusammen vernommen, so ist der Einschlag ganz in unsrer Nähe geschehen.

hängen und die er deshalb überspringen und durchbrechen muß. Er tödtet in solchen Fällen Menschen und Thiere, schmelzt und verkalft Metalle, zertrümmert Gebäude und andere feste nicht leitende Körper, reißt sie aus einander und wirft sie nach allen Richtungen umher; er entzündet leicht Feuer fangende Stoffe, raubt dem Magnete seine Kraft oder kehrt seine Pole um, giebt unmagnetischem Eisen Polarität u. s. w., — lauter Erscheinungen, die wir im Kleinen auch durch unsere Maschinen-Elektricität hervorbringen können (S. 21.). Das letzte Ziel des Blitzstrahles ist gewöhnlich die feuchte Erde oder ein Wasser. Zuweilen aber geht die Vereinigung der beiden entgegengesetzten Elektricitäten schon in der Luft vor sich, und dann verliert er sich in dieser. Wie für den elektrischen Funken sind auch für den Blitz die besten Leiter Metalle, Feuchtigkeit und der nervenreiche und saftige thierische Körper. Daher sind Fahnen und eiserne Kreuze auf Kirchen und Thürmen dem Einschlagen vorzüglich exponirt, und darum streicht er so häufig an Klingelzügen, Vergoldungen und andern metallischen Belegungen hin, die er, wenn sie sehr dünn sind, schmelzt oder wenigstens durchlöchert und sonst vernichtet. Schlägt er in Bäume ein, so fährt er gewöhnlich in dem saftreichen Zwischenraume zwischen Rinde und Splint herab, und trifft er ein Gebäude, dessen Außenseite vom Regen benäßt ist, so verfolgt er seinen Weg an dieser herunter, ohne in das Innere desselben einzubringen. Ist ein Mensch in der Nähe, so zieht er die Leitung durch diesen jeder andern vor, indem sein Strahl an der Oberfläche des Körpers im Zickzack herabfährt, die Haare an dieser versengt, die Oberhaut durch Brand zerstört, und durch die gewaltsame Erschütterung der Nerven und durch völlige Verzehrung der natürlichen Reizbarkeit den Tod herbeiführt, ohne eigentlich die Organisation der innern Theile des Körpers zu verletzen. Diese zerstörende Wirkung auf das thierische Leben äußert der Blitz vorzüglich dann, wenn er von andern Körpern auf den menschlichen zu-, oder von diesem auf andere abspringt, oder wenn fest anliegende Kleider seine freie Ausbreitung an der Oberfläche des Körpers verhindern. Doch lehrt die Erfahrung, daß der Blitz nicht leicht eine 3 bis 6 Fuß dicke trockene Luftschicht durchbricht, um feinvärs befindliche Menschen zu erreichen. Bäume, Getraidehaufen u. s. w. aber, an denen Menschen Schutz suchen, werden eher als andere von ihm getroffen. Am schlechtesten leiten den Blitz trok-

kene Luft, Verglasungen und Harze. An den Pfosten und Bekleidungen offener Thüren und Fenster zieht er daher herunter, ohne durch die Oeffnungen nach Innen zu fahren. Eben so streicht der Blitz an der Oberfläche überfirnishter oder mit Oelfarbe bemahlter Gegenstände herab, ohne diese selbst zu berühren. Oft werden dabei die Anstriche abgeschält und zerstäubt. Da der Blitz auf seinem Laufe immer die Richtung nimmt, in welcher er, nicht bloß an einzelnen Stellen, sondern überhaupt in dem ganzen Raume, der zwischen seiner Anfangsstelle und seinem Ziele liegt, die beste und geräumigste Leitung oder den geringsten Widerstand findet: so erklärt sich, warum er nicht leicht auf eine einzelne isolirte Metallmasse, die sich ihm auf oder unter dem Dache eines Gebäudes darbietet, z. B. nur selten in die Glocken eines Thurmes, schlägt, dagegen oft durch Nichtleiter hindurch sich einen Weg bahnt, um zu einem guten Leiter zu kommen, der ihn zu seinem Ziele weiter führen kann; und daß er häufig eine gute Leitung, die aber in ihrem fernern Verlaufe ihn nicht ohne Hinderniß zu der Vereinigung mit der entgegengesetzten Electricität auf die Erde, sondern erst durch schlecht leitende Materien, z. B. Glas oder die freie Luft, dahin führen würde, verläßt und auf eine andere selbst unvollkommene Leitung überspringt, wenn diese in ihrem weitern Verlaufe durch unvollkommene oder Nichtleiter weniger unterbrochen ist, und eine größere Summe der guten Leitung im Ganzen offerirt, als seine erste. Eine solche ununterbrochene und deshalb bequeme Leitung für den Blitz giebt in Gebäuden besonders der Rauchfang ab, namentlich, wenn Rauch in ihm aufsteigt, der durch seinen großen Gehalt an Kohlenstoff (den Begleiter eines jeden unvollkommenen Verbrennungsprocesses) die Länge und Güte der Leitung noch vermehrt. Dem Entladungsfunken einer Flasche gleich, theilt sich der Blitz mitunter in mehrere Strahlen. Man beobachtet diese Theilung am häufigsten beim Einschlagen des Blitzes in Kirchen und Wohnungen, wo oft an den entferntesten Stellen Spuren des zugleich dagewesenen Blitzes anzutreffen sind. Eine solche Spaltung erfährt der Blitz, wenn er seinen Weg durch schlechte Leiter nehmen muß; wenn der gute Leiter, an welchem er hinstreicht, nicht Capacität genug für ihn hat, und andere gute Leiter in dessen Nähe sich befinden, auf die er überspringen kann, oder wenn derselbe bei hinreichender Geräumigkeit zugleich mit mehreren andern guten, besonders metalli-

schen, sich weit erstreckenden Leitungen in unmittelbarer Verbindung steht, oder endlich, wenn überhaupt der Blitz keine vollkommene Leitung, sondern mehrere durch Nichtleiter in gleichem Maasse unterbrochene Leitungen zugleich antrifft *). Auf ähnliche Art mögen andere, oft wunderbare, Wirkungen des Blitzes zu erklären seyn, daß er z. B. den Degen in der Scheide schmilzt, ohne diese zu beschädigen. Die starke Hitze und entzündende Kraft des Blitzes schreibt sich von dem zusammengepreßten Zustande her, in welchem er sich durch die schlecht leitende und nicht schnell genug vor ihm ausweichende Luft oder durch Leiter von sehr geringem Umfange einen Durchgang erzwingen muß. Daher leiten nicht unter $\frac{1}{2}$ Zoll starke Metalldrähte den Blitz durch sich fort, ohne kaum zu erwärmen, und ohne daß Schießpulver und andere leicht Feuer fangende Körper, durch welche sie hindurch gehen, bei dem Durchfahren des Blitzes entzündet werden, während dünnere Drähte sogleich durch die Hitze desselben schmelzen und die Entzündung der sie berührenden brennbaren Stoffe nicht zu verhüten vermögen. Auf diese Art schmilzt auch der Blitz, wenn er in sandigen Boden schlägt, den Kiesel bis zu einer beträchtlichen Tiefe und bildet die bekannten Blitzröhren (Fulguriten oder Blitzsinter), d. h. schlängelförmig gebogene, inwendig verglaste und glatte, und außen durch fest aufsteigende geschmolzene Sandkörner rauhe Röhrenstücke, die in der Dicke einer Federkiele und stärker und von 1 bis 20 Fuß Länge, auf den Sandhügeln hoch gelegener Gegenden, z. B. auf der Senner Haide (bei Baderborn), gefunden werden *). Die Herenringe auf Wiesen, wie man kreisförmige

*) Zuweilen geschieht es, daß ein unter einer Gewitterwolke stehender Mensch von dieser bei dem Einschlagen derselben getödtet wird, ohne daß ihn der Blitz selbst trifft. In der elektrischen Atmosphäre der Wolke befindlich, wird er nämlich durch Verteilung elektrisirt und dadurch eine beträchtliche Menge Elektrizität in seinem Körper angehäuf, welche, wenn sie bei der erfolgenden Entladung der Wolke plötzlich in die Erde zurücktritt, oder richtiger durch Zufließen der entgegengesetzten Elektrizität aus der Erde neutralisirt wird, diesen tödtlich erschüttert. Man nennt diese Wirkung des Blitzes einen Rückschlag oder Seitenschlag. (§. 95.)

*) Prof. Weidant hat den elektrischen Ursprung dieser Röhren, den man früher in Zweifel zog, dadurch nachgewiesen, daß er selbst dergleichen durch eine starke elektrische Batterie bildete. *Silb. Annal. d. Ph. Bd. 55.*

Stellen auf diesen nennt, an welchen das Gras ein üppigeres Grün zeigt, als an andern, werden ebenfalls von Einigen für eine Wirkung des Blitzes gehalten, der hier wegen Abwesenheit von Hervorragungen auf Ein Mal in großer Masse nieder fiel; allein wahrscheinlicher ist, daß diese Ringe einer größern Feuchtigkeit und einer besondern Beschaffenheit des Bodens an diesen Stellen ihre Entstehung verdanken. Gilb. Annal. d. Ph. Bd. 19. S. 351.

Um Wohnungen und andere hohe Gebäude gegen die nachtheiligen Wirkungen des Blitzes zu schützen, dienen die von Franklin (1753) erfundenen Blitzableiter oder Wetterstangen, deren Einrichtung auf den Erfahrungssatz sich gründet, daß der Blitzstrahl durch eine gut verbundene metallische Leitung von hinreichender Capacität ruhig und ohne Schaden für benachbarte Gegenstände zur Erde abgeleitet wird, und von denen es, der Form nach, zwei Hauptarten giebt: 1) Spitzige (offensive nach Franklin), welche, weil sie als die spitzigsten und hervorragendsten Theile des Gebäudes leichter durch Bertheilung aus der über diesen hinziehenden Gewitterwolke elektrisirt werden als die übrigen schlechter leitenden Theile desselben, den Blitz gleichsam anziehen, und, indem sie durch Zufließen entgegengesetzter Electricität aus der Erde die Electricität der Wolke allmählich sättigen, also wie Saugspitzen wirken (S. 6.), seiner plötzlichen und gewaltsamen Entladung vorbeugen, und so die Gewitter-*Electricität* sanft und unschädlich in die Erde abführen sollen *), und

61. 68. 71. u. ff. Ribbentrop, über Blitzröhren, Braunschweig, 1830. Arago, in *Forrier's* neuen Notizen. April 1839. No. 205.

*) Da aller Wahrscheinlichkeit nach die in einer Gewitterwolke bestehende elektrische Spannung jedes Mal erst in dem Augenblicke oder höchstens wenige Augenblicke vorher, wo der Blitz hervorbricht, sich ausbildet, und in dieser kurzen Zeit die der Wolke zugekehrte Spitze der Auffangstange des Ableiters ohnmöglich schnell genug die entgegengesetzte Electricität ihr zufließen kann, und die Erfahrung lehrt, daß eine Wolke, unter der sich ein spitziger Ableiter befindet, dennoch häufig blizt und selbst in die Spitze einschlägt: so kann die Vorstellung, daß spitzige Ableiter die Electricität der Wolken an sich ziehen, sie geräuschlos entladen und dadurch unfähig machen, einzuschlagen, nicht als richtig angenommen werden. Ihr Nutzen beschränkt sich vielmehr darauf, daß sie dem Blitze, wenn dieser das Gebäude trifft, durch die dargebotene gute Leitung eine unschädliche Richtung

2) Stumpfe, oben mit einer Kugel von Metall versehene (Defensive nach Franklin), welche die Bestimmung haben, den Gewitterschlag in seiner ganzen Stärke aufzunehmen und in die Erde fortzuleiten, indem sie vermöge ihres geräumigen Umfanges einer Beschädigung ihrer selbst dabei nicht leicht ausgesetzt sind. — Beide Arten von Blitzableitern bestehen, ihren einzelnen Theilen nach, aus den Auffangestangen, die 5 bis 30 Fuß über den höchsten Theil des Gebäudes emporragen, und aus den Communicationsstangen, die über das Gebäude horizontal hinlaufen und in senkrechte Ableitungstangen endigen, die in die Erde herabreichen. Reimarus, der die Auffangestangen an Blitzableitern für ganz entbehrlich hält, empfiehlt als Blitzableiter die Belegung der Dachungen mit bloßen Metallstreifen nach einer gewissen Ordnung, und von Yelin statt dieser aus dünnen und überfirnißten Metalldrähten zusammengewundene Seile. Gilb. Annal. Bd. 77. Ueber die Blitzableiter, ihre Vereinfachung u. s. f. von Dr. Plieninger. Stuttg. 1835. Reimarus, Vorschriften zur Anlegung einer Blitzableitung an allerlei Gebäuden. Hamburg, 1778. Dessen neue Bemerkungen vom Blitze, dessen Bahn, Wirkung, sichere und bequeme Ableitung. Hamburg, 1794. 8. — Sicherheitsmaßregeln, um die eigene Person gegen Verletzungen durch den Blitz zu sichern, lassen sich leicht aus dem oben Gesagten heraus finden.

§. 25.

Das Wetterleuchten. Das St. Elmsfeuer und das Nordlicht. Tromben.

Geräuschlosere Elektro-Meteore als der Blitz sind das Wetterleuchten, das St. Elmsfeuer und das Nordlicht. Ersteres, ein schnell wie der Blitz vorübergehender Lichtschimmer ohne Donner, ist entweder die Wirkung einer mit Electricität überladenen Luftschicht oder Wolke, welche, weil kein leitender Gegenstand innerhalb ihrer Schlagweite vorhanden ist, mit dem sie sich ins Gleichgewicht setzen kann, die elektrische Materie (den aus den Hervorragungen eines stark elektrisirten Conductors fahrenden Strahlenbüscheln ähnlich) von

geben. Nur bei kleinern Wolken mögen sie im Stande seyn, durch stille Entladung derselben die Heftigkeit des Schlages zu mildern.

Zeit zu Zeit in die umgebende Luft ausströmt, oder der Widerschein des Blitzes eines entfernten Gewitters, dessen Donner von uns noch nicht gehört wird, das aber meistens in der darauf folgenden Nacht noch über den Horizont heraufsteigt. — Gleichen elektrischen Ursprungs ist das St. Elmsfeuer, Wetter- oder Helenenlicht, welches man bei stark elektrischer Atmosphäre, z. B. während eines heftigen Gewitters, in Gestalt eines flimmernden Strahlenpfeils an spitzen, über die Erde hervorragenden Gegenständen, z. B. an den Spitzen der Mastbäume, hoher Thürme, an den Ohren der Pferde, den Bajonetten und Lanzenspitzen der Soldaten (Castor und Pollux der Alten) sieht. — Das in den nördlichen Ländern der Erde sich zeigende Nordlicht (Nordschein, nördliche Morgenröthe) stellt sich am nördlichen Horizonte, in der Regel nach Sonnenuntergang, seltener nach Mitternacht oder gegen Morgen, als eine hell glänzende, oft hochrothe, einer fernem großen Feuersbrunst täuschend ähnliche Lichterscheinung dar, aus der in unbestimmten Zwischenräumen helle, in bunten Farben spielende Lichtstreifen hervorschießen, die zuweilen bis zum Zenith hinauf reichen, hier eine farbige Lichtkrone bilden und nicht selten noch weiter nach Süden hin sich ausbreiten. Im hohen Norden, z. B. in Grönland, ist die Erscheinung von einem zischenden, knisternden Geräusch begleitet, welches auf das Vorhandenseyn starker Luft-Electricität hinzudeuten scheint, deren Ursprung sich auch aus der verhinderten Einströmung der atmosphärischen Electricität in die Erde, die an den Polen fortwährend mit Eis (einem schlechten Leiter) bedeckt ist, erklären läßt. Während seiner Dauer werden die Magnetnadeln unruhig und ändern ihre Declination (S. 68.), weshalb es jetzt fast allgemein für eine elektro-magnetische Erscheinung angesehen wird. Gilb. Annal. Bd. 67. S. 40. Mit dem Nordschein verwandt ist die in hohen südlichen Breiten vorkommende Erscheinung des Südlichtes und des zwischen den Wendekreisen fast in jeder Nacht erscheinenden Thierkreis- oder Zodiacal-Lichtes. — Durch nahe an der Erde hingehende Gewitterwolken werden zuweilen große Mengen Sand, Wasser und andere leichte Körper wirbelnd in die Höhe gehoben und mit fortgerissen. Dadurch entstehen die oft so verheerenden Sandwirbel (Sand- oder Wetterssäulen) und die von den Schiffen so sehr gefürchteten Wasserhosen oder Tromben.

3. Die durch besondere thierische Organe und den animalischen Lebensproceß überhaupt erregte Elektrizität. Pflanzen-Elektrizität.

§. 26.

Elektrische Fische.

Vermöge einer eigenthümlichen Organisation besitzen einige Arten von, durch einen außerordentlichen Reichthum an Nerven sich auszeichnenden, Fischen das Vermögen, nach ihrer Willkühr elektrische Stöße, denen einer Leidner Flasche oder einer Volta'schen Säule ähnlich, ertheilen zu können. Sie bedienen sich dieses Vermögens sowohl zum Angriffe, wenn sie ihre Nahrung suchen, als auch zum Schutze gegen ihnen sich nähernde Feinde, die sie durch die ertheilte Erschütterung tödten oder wenigstens lähmen. Man kannte diese Eigenschaft früher nur an dem in dem Mittelländischen Meere lebenden Zitterrochen oder Krampffisch (*Raja torpedo*, *tremble*, *poisson magique*), von welchem sie nach dem Zeugnisse des Plinius schon den Alten bekannt war, und von diesen als Heilmittel gegen gichtische Schmerzen benützt worden seyn soll, — und außer diesem an dem zwischen den Wendekreisen in den Gewässern Amerika's sich findenden Zitteraal (*Gymnotus electricus*); entdeckte sie aber später auch, wiewohl in schwächerem Grade, an dem elektrischen Stachelbauch (*Tetradon electricus*), an dem elektrischen Spitzschwanz (Miamfisch, *Trichiurus indicus*) und dem Zitterwels (*Silurus el.*). Am meisten untersucht, besonders von John Davy, A. v. Humboldt in seinen Ansichten der Natur, und Faraday sind der Zitterrochen und der Zitteraal. Die Organe, mit denen der erstere (ein platter Fisch, der ausgewachsen 20 Zoll lang und nicht über 2 bis 3 Pfund schwer ist) seine elektrischen Schläge ertheilt, liegen auf beiden Seiten unmittelbar unter der Oberfläche des Körpers — weshalb sie durch die Haut durchschimmern — und bestehen aus einer großen, mit zunehmendem Alter sich noch mehr enden Zahl (zuweilen sind ihrer gegen 150) senkrecht liegender häutiger Zellen, die durch horizontale Scheidewände in kleinere, mit einer gallertartigen Masse angefüllte Zwischenräume abgetheilt und mit Nerven und Blutgefäßen sehr reichlich versehen sind. In dieser

Vertheilung von Zellgewebe, Gallert und Nerven hat die Struktur dieser Organe einige Aehnlichkeit mit einer Galvanischen Säule — weshalb Volta selbst seine elektrische Säule einen künstlichen Zitterrochen nannte. Dem ohngeachtet ist über die eigentliche Ursache der elektrischen Eigenschaft der Fische noch vieles Dunkel. An und für sich sind sie nicht elektrisch und wirken daher auch nicht auf das Electrometer; es folgt hieraus, daß sie sich, gleich einer elektrischen Wolke, augenblicklich elektrisch laden und entladen können müssen. Sie vermögen die Schläge nach Willkür stärker und schwächer und so schnell hinter einander zu geben, daß kaum zwei Sekunden zwischen zweien verfließen, wobei sie, wie von Norderling bemerkt wird, sich selten in ihrem Urtheile täuschen, um die Stärke des Schlags nach der Größe und Entfernung des Gegenstandes, den sie treffen wollen, einzurichten. Das Maximum ihrer Wirkung geht, nach Humboldt, bis zur Tödtung eines Pferdes, so daß ein Mensch es nicht wohl wagen darf, sich einem großen, eben erst gefangenen Fische zu nähern. Am stärksten äußern sie ihre Kraft bei schneller Bewegung, obgleich sie bei Austheilung der Schläge keine merkliche Bewegung mit dem Körper vornehmen, selbst nicht einmal das Auge zudrücken. Um einen Schlag geben zu können, muß der Fisch an zwei Punkten seines elektrischen Organs zugleich berührt werden, die aber so nahe an einander liegen dürfen, daß schon die Berührung mit einem Finger hinreicht, um von der Geschütterung getroffen zu werden, die aber in diesem Falle sehr schwach ist, und mehr in einer zitternden Bewegung besteht. Je weiter die zwei berührten Stellen von einander liegen, desto stärker wird der Schlag — am stärksten, wenn man beide Hände auf die entgegengesetzten Seiten des Fisches auslegt. Die Aehnlichkeit mit einer Volta'schen Säule leuchtet hieraus hervor. Die Electricität der Fische ist auch mit der der Säule im Uebrigen völlig identisch. Sie wird daher, wie diese, durch Leiter der Electricität fortgeleitet und durch Isolatoren aufgehalten. Legt man den Fisch auf eine metallene Schüssel, oder verbindet man die zwei Seitenflächen desselben durch einen Metallbogen, so kann man ihn ohne alle Gefahr behandeln, weil die Schläge, die er gibt, durch das Metall entladen werden. Ebenso bringt sie auch alle übrigen Wirkungen hervor, die man als elektrische bezeichnet. John Davy zersezte mittelst eines kleinen Apparates — der in einer kleinen

GlasKugel von $\frac{1}{2}$ Kubikzoll Rauminhalt bestand, die mit einem durchbohrten Glasstöpsel verschlossen war, durch welchen dünne, bis auf die Spitzen mit Siegelack überzogene Drähte geführt, und außerhalb mit etwas stärkern, zu der obern und untern Seite des Fisches führenden Drähten verbunden waren — eine starke in die Kugel gebrachte Kochsalzlösung, und wies dadurch die chemische Kraft seiner Elektrizität nach. An beiden in der Lösung stehenden Drahtspitzen entwickelten sich, nachdem der Fisch anhaltend und häufig gereizt worden war, Gasbläschen, die meisten und feinsten an der mit dem Bauche des Fisches in Berührung befindlichen. Als eine starke Lösung von salpetersaurem Silberoxyd an die Stelle der Kochsalzlösung in die Kugel gefüllt wurde, lief die Spitze des einen Drahtes schwarz an, während die Spitze des andern regulinisch blieb und mit vielen Gasblasen sich überzog. Auf gleiche Weise wurde eine Solution von Bleizucker zersezt. Santi Linari bewirkte durch die Elektrizität des Fisches Divergenz am Elektrometer, indem er letztern durch einen Draht mit der Kollektorplatte eines Condensators verband, und dann die Verbindung in dem Augenblicke unterbrach, wo der Fisch zur Entladung seiner Elektrizität gereizt wurde; Funken brachte er mit dieser hervor, indem er von dem Bauche und dem Rücken des Fisches einen kurzen Draht in eine V-förmige Glasröhre leitete, die mit Quecksilber gefüllt war, welches er, während der Fisch geneckt wurde, umschüttelte, wo dann bei der Unterbrechung zwischen Draht und Quecksilber kleine Funken von jenem auf dieses übersprangen. Pogg. Ann. Bd. 38. S. 291. Dove, a. a. D. Bd. 2. S. 85. Faraday und Davy brachten durch die elektrische Entladung des Fisches die Magnetenadel zur Abweichung, und fanden, daß die Elektrizität des Fisches eben so gut magnetisch wirkt, wie die galvanische. Später ist hiervon ausführlicher die Rede. (S. 89.) —

Werden die zu den elektrischen Organen führenden, gewöhnlich sehr starken Nervenstränge durchschnitten oder unterbunden, so verliert der Fisch sein elektrisches Vermögen, lebt aber munter und länger fort; der öftere Gebrauch seiner elektrischen Kraft scheint daher nachtheilig auf ihn zu wirken. Auch das Ausschneiden des ganzen elektrischen Organs führt den Tod des Fisches nicht sogleich herbei, und es scheint daher dasselbe mehr der allgemeinen Hautbedeckung anzugehören, und mit den andern, zum Leben wesentlich erforderlichen Organen in fei-

ner besondern Beziehung zu stehen. Im gefangenen Zustande mindert sich seine elektrische Kraft, wie seine Lebenskraft abnimmt. — Am Zitteraal ist die Struktur des elektrischen Organs einfacher, aber ebenfalls sehr nervenreich. Man findet ihn in der Größe von 3 Fuß, und sein elektrischer Apparat ist nach diesem Maßstabe größer und in seinen Wirkungen stärker, als die des Zitterrochen. Humboldt in Gilb. Annal. Bd. 14. 22. 25. 41. Cavallo a. a. O. und Froisy, neue Notiz, Febr. 1838. No. 100. u. Decbr. 1839. No. 259.

§. 27.

Elektricität in dem Thier- und Pflanzenleben überhaupt.

Der große Nervenreichthum in den Organen der elektrischen Fische bringt auf die Vermuthung, daß die Thätigkeit der Nerven in dem thierischen Organismus, besonders in ihrer Wirkung auf die Muskeln, ebenfalls eine elektrische, das durch besondere Apparate vermittelte elektrische Vermögen (der Fische) folglich nicht die einzige Art einer natürlichen Erregung der Elektricität durch den thierischen Lebensproceß sey. Mehrere Thatfachen scheinen für diese Ansicht zu sprechen. (S. 30. 36. 89.) Von vielen Physikern, z. B. Priesthley, wird die Nervenkraft geradezu für Elektricität gehalten. Unerklärt ist noch, wie diese Elektricität erzeugt wird: ob sie eine Wirkung der organischen Thätigkeit des Lebens im Allgemeinen ist, oder für die einer durch den Contact oder durch die chemische Verschiedenartigkeit in den Nerven und Muskeln hervorgerufenen elektrischen Spannung der in dem Organismus in ruhendem Zustande vorhandnen elektrischen Materie zu nehmen ist. (S. 30. 36.) Nach Matteucci ist die Quelle derselben weder elektro-chemischer noch thermo-elektrischer Natur. Die meisten hierher gehörigen Erfahrungen wurden durch die Gegenwirkung dieser Gattung von Elektricität mit dem Magnetismus, namentlich auch mit Hilfe des Galvanometers, gewonnen. (S. 76.) Nach einer Mittheilung von de la Rive (in Genf) werden feine Nadeln von Eisen (Akupunktur-Nadeln) magnetisch, wenn sie in den Muskel eines Thieres oder Menschen im Augenblicke der Contraction desselben eingestochen werden, was auf die Existenz einer elektrischen Kraft bei

diesem Vorgange hinweist. (S. 76. 89.) Frorey, N. Notiz. Jan. 1838. Nro. 89. Dr. Edwards (in ders. Zeitschr., Jan. 1826. Nro. 266.) sieht diese Elektricitäts-Entwicklung bei Muskelcontractionen für ein wesentliches Phänomen derselben an und unterstützt seine Ansicht durch sehr belehrende Versuche. Ähnliche elektrische Erregungen wollte Pouillet bei der Akupunktur mit Stahlnadeln beobachtet haben: Die Nadel eines Galvanometers, dessen Enden mit einer in den Muskel eingestochenen Nadel und mit einer andern, die er in den Mund genommen hatte, verbunden waren, schwankte mehrmals hin und her. Allein später bekannte er selbst seine Täuschung und schrieb die wahrgenommene Elektricität der durch einseitige Erwärmung der Nadel in den thierischen Theilen veranlasseten thermo-elektrischen Strömung (S. 109.), oder — weil die Traversirungen der Galvanometer-Nadel ausblieben, wenn er Nadeln von sehr schwer oxydirbaren Metallen, z. B. von Gold, Silber, Platin, nahm — der durch die Drydation der Stahlnadeln erzeugten chemischen Elektricitäts-Erregung zu. (S. 22.) Magendie, Jour. für Phys. Th. 5. S. 5. —

Galvani erregte, ohne Hinzuziehung eines schließenden Metalles, Zuckungen in den Schenkeln besonders dazu präparirter Frösche, durch bloße gegenseitige Berührung des Muskels mit den Nerven des Präparates, wobei die Schenkelmuskeln gleichsam als Elektrometer der sich entladenden Elektricitäten fungiren, welche in, von den Muskeln nach den Nerven fließenden, elektrischen Strömen bestehen. Es lassen sich diese Versuche mit jedem Frosche anstellen, der viele Lebenskraft besitzt und auf die weiter unten (S. 34. u. 36.) anzugebende Weise präparirt worden ist. Vorzüglich sprechen sie im Frühling vor der Begattungszeit der Frösche an, wo die Reizbarkeit der Thiere größer und die natürliche Elektricität in ihnen stärker angehäuft ist. Man faßt den Frosch an einem Schenkel, hält ihn in die Höhe, damit das an ihm gelassene kleine Stück Wirbelsäule frei an den isolirten Rückgrathnerven herabhängt, und bringt den andern Fuß durch eine geschickte Beugung mit den Nerven in Berührung, worauf sogleich (durch die Wirkung einer zweigliederigen thierisch-elektrischen Kette?) die Zuckungen sehr lebhaft eintreten. (S. 36.) J. Müller und schon vor ihm N. v. Humboldt machten den Versuch, indem sie, der Isolirung wegen, den präparirten Schenkel des Frosches

nebst dem heraushängenden Schenkelnerven auf eine Glasplatte gelegt, und den Nerven der nassen Oberhaut des Schenkels mittelst eines isolirenden Stäbchens näherten. Der Physiker Wilson Philipp ist ebenfalls der Meinung, daß die Nerven, welche die Muskeln zur Thätigkeit anregen und die chemischen Prozesse in dem lebenden Organismus vermitteln, dies vermöge einer durch den Lebensact eigends modificirten Electricität, welche durch sie hindurch streiche, bewirkt, und behauptet, daß, so lange die Lebenskraft fortbestehe, jene Verrichtungen, nach Beseitigung der Nervenkraft, eben so gut durch fremde Electricität unterhalten werden könnten, wie durch die Nervenkraft selbst. Er stellte die, durch Zerschneiden einiger zum Magen führenden Nerven, zerstörte Verdauung an einem Kaninchen dadurch wieder her, daß er einen schwachen galvanischen Strom in die Enden der abgeschnittenen Nerven leitete, und deutete dadurch allerdings die Möglichkeit an, daß in manchen Fällen die Funktion der Nerven durch Electricität ersetzt werden kann. —

Dr. Martyn Roberts basirt auf die bekannte Erfahrung, daß Wasser, welches aus Capillarröhrchen nur tropfenweis abfließt, in ununterbrochenem Strome ausströmt, wenn es elektrisirt wird, die Behauptung: daß die Erscheinungen von gesteigertem oder gehemmtm Blutlauf im menschlichen Körper elektrischen Ursprungs sind. Hiernach soll auch das Erröthen aus der durch eine Gemüthsbewegung gesteigerten neuro-electrischen Aktion in Gesicht und Nacken zu erklären seyn; welche den Widerstand aufhebt, der durch die Capillargefäße dem Eindringen des Blutes entgegengestellt wird. Dove, a. a. D. 1842. Bd. 6. S. 297.

Daß alle Lebensaktionen des thierischen Organismus durch Electricität vermittelt werden und elektrische Ströme in den einzelnen Organen circuliren sollen, ist eine Annahme, für welche zureichende Beweise noch nicht existiren. Nicht einmal in den Nerven sind solche Strömungen, selbst an dem sensibelsten Elektroskope, immer zur Erscheinung gekommen. Matteucci will an einem Kaninchen, dessen Magen und Leber mit den Platinenden eines feinen Galvanometers verbunden waren, eine Abweichung der Nadel von 15 bis 20° bemerkt haben, konnte aber an den Nerven selbst kein elektrisches Verhalten gewahren. Eben so wenig auch Pouillet, der eifrigste Forscher auf diesem Felde. Nach

Dr. Donnè's (zu Paris) neuesten Untersuchungen dagegen ist eine Elektricitäts-Erregung im thierischen Körper nicht blos zwischen Nerven und Muskeln, sondern auch an der Oberfläche der thierischen Häute und in heterogenen Organen überhaupt ohne Unterlaß im Gange. Die äußere Haut des menschlichen Körpers und der Magen sind, nach seiner Meinung, flüssige Säure ausscheidende, und die innere Hautfläche, z. B. die die Mundhöhle auskleidende Schleimmembran, so wie auch die Leber, Milz und Harnblase, alkalische Flüssigkeiten absondernde Organe. Durch diesen (chemischen) Gegensatz soll die elektrische Thätigkeit im Organismus (wie in einer Becquerel'schen Kette von Kali und Salpetersäure) vermittelt und die elektrische Strömung durch die dazwischen liegenden organischen Gewebe hindurch eingeleitet werden. Wird das eine Ende eines Galvanometers mit der innern Haut des Mundes, das andere mit der äußern Haut verbunden, nachdem vorher die Berührungsstellen mit Platinplatten armirt worden sind (S. 34.), so wird die Nadel desselben nach einer kleinen Pause um 15 bis 30° abgelenkt, wobei sich die äußere Haut als positiv elektrisch bezeichnet. Wie es möglich ist, daß die in dem Organismus erzeugten elektrischen Ströme durch die Nerven oder die übrigen organischen Gebilde, welche wie jene für so gute Leiter der Elektricität bekannt sind, isolirt hindurchgehen können, ohne nach allen Richtungen hin in die übrigen Körpertheile abzustreuen, ist schwer begreiflich. — Ein eigenthümliches Verfahren, den thierischen Körper auf seine elektrischen Quellen zu untersuchen, wendet Weber an; indem er, um zufällig entstehenden thermo-elektrischen Strömungen aus dem Wege zu treten, die unmittelbare Berührung des warmen Körpers mit den Drähten des Multiplikators vermeidet, und die Kraft der elektrischen Ströme, welches Eisen vorübergehend magnetisch zu machen, in den Bereich seiner Untersuchungen zieht. Das Nähere hiervon später. (S. 78. u. 89.) P f a f f, über thierische Elektricität und Reizbarkeit, Leipzig 1795. Dove, a. a. D. Bd. 1. S. 248. Ritter, Beweis, daß ein beständiger Galvanismus den Lebensproceß im Thierreiche begleitet. Weimar, 1798 *).

*) Der Seltenheit des Falles wegen mag hier die von dem Prof. Silliman verbürgte Beobachtung über eine Elektricität ausströmende

Wie in den thierischen, scheinen sich auch in den Pflanzenorganismen während ihrer Entwicklung elektrische Strömungen zu entwickeln, deren Intensität jedoch nur sehr gering seyn kann, da sie, bei stärkerer Spannung wegen des Saftreichthums des Pflanzengewebes, gleich bei ihrem Entstehen überall hin zerstreut, namentlich durch den saftigen Stengel in die Erde fortwährend abgeleitet werden würden. Wegen dieser unvollkommenen Isolirung ist auch die Behauptung Vabinet's und Baylly's, daß die Elektrizität in Vegetabilien selbst bis zum Funkengeben sich anhäufen könne, mit Recht zu bezweifeln. Die meisten Verdienste in diesem Zweige der Physik hat sich Pouillet erworben, der nach vielen Versuchen über die bei dem Keimen von Pflanzensamen sich erzeugende Elektrizität als Axiom aufstellt, daß in jedem Stadium der Entwicklung des vegetabilischen Gewebes elektrische Ströme von schwacher Spannung bemerkbar werden, deren Entstehung wahrscheinlich in den eigenthümlichen chemischen Veränderungen, von denen der Vegetationsproceß begleitet wird, ihren Grund hat, und welche wiederum auf die (chemische) Vitalität des Vegeta-

Dame eine Stelle finden, die von Rieß in dem Repertor. der Ph. 1842, Bd. 6. S. 296, nicht ohne Zweifel gegen die Wahrheit des Faktums, erzählt wird. Wir geben sie mit den Worten des genannten Referenten wieder: Eine Dame in den Dreißigern machte am 15. Jan. 1837 während eines Nordlichts in Drford die Entdeckung, daß von ihrer Hand gegen Leben, der ihr nahe kam, kleine Funken ausströmten. Ihr Arzt, der Dr. Hosford, der dies erzählt, trat bald darauf in's Zimmer, und erhielt von dem Knöchel der Dame einen empfindlichen Funken auf die Nase. Trotz der geringen Isolation, wie sie die seidnen Strümpfe und der türkische Teppich gewährten, auf dem die Dame saß, konnten in der Minute 4 anderthalbzöllige Funken, die nach jedem gebotenen Leiter hin schlugen, erhalten werden. Trat eine Person auf den Teppich, so konnte die Dame diese durch Berühren so stark laden, daß sie einer Dritten Funken gab und so fort. Bewegung war keineswegs zu dieser Elektrizitätsregung nöthig; diese erschien sogar am stärksten, wenn die Dame ruhig mit Lesen beschäftigt saß. Weber Ablegen oder Wechseln der Kleider, noch verschiedene Medikamente, konnten diese elektrische Krankheit heilen, die der Patientin, obgleich sie nur durch die Funken schmerzhaft berührt wurde, sehr lästig war. Die Krankheit dauerte über 2 Monate bis zum 1. April in gleicher Stärke fort, nahm dann ab, und hörte in der Mitte des Mai's gänzlich auf.

bils zurückwirken. *Froriep, N. Notiz.* Juli 1837. No. 50. Müller, *Physiol. des M.* 1835. Bd. 1. S. 73. Dr. Donné und James Blake beweisen die Existenz der elektrischen Strömungen während des Vegetationsprocesses durch weitläufige Versuche an dem Galvanometer, mit deren Schilderung sich der S. 76. beschäftigt.

4. Die Electricität durch Druck und durch mechanische Trennung der Theile fester Körper.

§. 28.

Electricität durch Druck und Pressung.

Daß durch reinen mechanischen Druck (ohne alle Reibung) Electricität erregt wird, hat durch eine Reihe interessanter Versuche Becquerel dargethan (*Traité de l'électr. II. S. 101*). Nach diesen werden alle Körper durch Drücken elektrisch, wenn sie während der Verührung isolirt sind — und zwar fällt die elektrische Spannung um so stärker aus, je stärker der Druck selbst ist und je inniger die Körper während des Druckes an einander haften, je schneller die zusammengedrückten Körper wieder von einander genommen werden und je mehr Kraft hierzu angewendet werden muß. Auch wird die Erregung der Electricität durch vorherige Erhitzung der Körper befördert, durch hygrometrische Feuchtigkeit dagegen ganz verhindert. Becquerel wählte zu seinen Versuchen kleine Scheibchen von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Z. Fläche, die er aus den zu prüfenden Substanzen schnitt, der vollkommensten Isolirung halber mit Siegellack an einen Glasstab, der wieder mit einer hölzernen Handhabe versehen war, befestigte und dann an einander drückte. Er fand die Scheiben, wenn er sie dem Knopfe eines Venner'schen Goldblatt-Electrometers nahe brachte, alle Mal entgegengesetzt elektrisch, die eine positiv, die andere negativ. Ist bloß die eine Scheibe isolirt, so bemerkt man bloß die Electricität an dieser; die andere aber verliert sich, wenn die Scheibe nicht eben aus einer isolirenden Substanz besteht, in die leitende Umgebung. Auf diese Art lassen sich nicht allein feste Körper von jeder Beschaffenheit, wie Metalle und Mineralien, sondern auch weiche, nachgiebige, z. B. Kork, Hollundermark, Caoutchouc, Pommeranzenschalen, Stärkemehl, eingedickte Flüssigkeiten, elektrisiren; vorzüglich

wenn sie einige Elasticität besitzen, und vermöge dieser sich leicht zusammendrücken lassen und dann eben so leicht wieder zu ihrer vorigen Dimension zurückkehren. So wird, nach *Viot*, eine isolirte Korkscheibe besonders stark elektrisch, wenn man sie auf einen Haufen über einander liegender Brochüren, oder auf über Feuer zu einem zähen, halbflüssigen Firniß eingedickten Terpenthin drückt. Bei manchen Körpern ist zu Entstehung dieser Elektricität erforderlich, daß die gegeneinander gedrückten Flächen frisch geschnitten sind. Die Theile eines mit einem scharfen Messer von einander geschnittenen Stöpsels von Korkholz z. B. zeigen deutlich Elektricität, wenn sie gleich nach ihrer Durchschneidung zusammengedrückt werden; nach mehrmaliger Wiederholung des Versuches hört die elektrische Erregung auf, tritt aber von Neuem wieder ein, sobald durch frische Schnitte die Berührungsflächen erneuert werden. Wie sehr durch den Einfluß der Wärme die Erregung der Elektricität durch Druck begünstigt wird, geht daraus hervor, daß zwei Scheiben, aus einer und derselben, also gleichartiger, Masse geschnitten, z. B. die beiden Hälften eines in der Mitte durchschnittenen, ganz trocknen Korkes, die sonst weder durch Druck noch durch Reibung elektrisch gemacht werden können, sogleich sich elektrisch geben, wenn die Temperatur der einen, während sie an einander gedrückt werden, an einer Lichtflamme erhöht wird. Die wärmere Hälfte wird dadurch — elektrisch. Eben so nimmt auch eine Scheibe Doppelspath sogleich den — elektrischen Zustand an, wenn sie stark erwärmt mit einer Korkscheibe zusammengedrückt wird; da sie sonst, bei gleicher Temperatur mit dieser, jederzeit durch den Druck stark + elektrisch wird. *Bequerel* in *Gilb. Ann.* Bd. 23. St. 2. —

Libes erweiterte den Kreis dieser Beobachtungen durch Versuche mit Metallscheiben. Eine solche Scheibe, die mittelst eines isolirenden Handgriffs von Glas auf Wachstafel gedrückt wird, wird nach ihm — elektrisch; durch Drücken gegen ungefirnißten Taffet oder gegen alten Taffet, der seine Klebrigkeit und damit die Zusammendrückbarkeit seiner Oberfläche verloren hat, erhält sie dagegen nicht die mindeste Spur von Elektricität *). — Am leichtesten werden nach *Hauy*, der

*) Man könnte versucht seyn, anzunehmen, daß der bei dem Ausdrücken der Metallscheibe auf den Wachstafel entstehende geringe Grad von Reibung

überhaupt die ersten Versuche über diese Elektrizitätsquelle anstellte, manche Mineralien durch den Druck elektrisch. Der auch durch seine Eigenschaft, das Licht doppelt zu brechen, merkwürdige isländische Doppelspath bekommt, wenn man ihn zwischen den Fingern drückt, +E, die er Wochen lang und so fest hält, daß er sie weder durch Berührung mit Leitern noch durch Untertauchen in Wasser verliert. P. Ann. Bd. 12. S. 174. — Von Pfaff werden auch die in den, aus Dampfkeffeln strömenden, stark gespannten Dämpfen neuerlich, namentlich in England, beobachteten elektrischen Erscheinungen dem Drucke zugeschrieben, welchen jene auf das in dem Kessel zurückbleibende Wasser ausüben. (S. 22.)

§. 29.

Elektricität durch mechanische Trennung.

Macht man an einem Blättchen von Glimmer oder Kalkspath einen kleinen Spalt, und reißt hierauf mittelst zweier an demselben befestigten isolirenden Handhaben dasselbe von einander: so zeigen sich die so getrennten Blätter an einem genugsam empfindlichen Elektroskop entgegengesetzt elektrisch, leuchten an ihren Berührungsflächen mit einem bläulichen Scheine (phosphoresciren) und ziehen sich einander an. Man hat hieran ein Beispiel, wie durch gewaltsame Aufhebung der Cohäsion Elektricität hervorgebracht wird. Dasselbe Phänomen findet beim Spalten aller andern blättrigen oder vollkommen krystallisirter Mineralien, und selbst beim Trennen von an einander haftenden trockenen Papierblättern, z. B. beim Zerreißen einer Spielkarte, so wie überhaupt bei dem Zerreißen und Zerschlagen fester Körper, statt. So werden Gläser, die bei schnellem Temperatur-Wechsel springen, ingleichen die Theile einer von einander gebrochenen Siegellack-, Schwefel- oder Glasstange, an den Bruchenden entgegengesetzt elektrisch gefunden. Bei dem Zerschlagen von Zucker, und noch mehr bei dem Zerstoßen von Kreide, gibt sich die Erregung

die Ursache des elektrischen Zustandes der Scheibe sey; allein es widerlegt sich dieses dadurch, daß, wenn man die Scheibe auf dem Taffet hin und her bewegt, um sie wirklich an ihm zu reiben, die Scheibe nicht negativ, sondern positiv elektrisch, der Taffet hingegen negativ elektrisch wird, also gerade der entgegengesetzte Erfolg von dem durch Druck resultirt.

von Elektricität, in Folge schneller mechanischer Trennung der cohärirenden Körpertheile, durch das phosphorescirende Leuchten, das man dabei wahrnimmt, und welches beim Zucker selbst, wenn er unter Wasser zer schlagen wird, nicht ausbleibt, zu erkennen *). Dumas beobachtete, daß auch in einem Platintiegel geschmolzene Bor säure an den Stellen, wo sie beim Festwerden rissig wurde, ein lebhaftes Licht ausströmte, das selbst am Tage bemerkt werden konnte. P. Ann. Bd. 12. S. 150. Bd. 43. S. 187.

5. Die Elektricität durch wechselseitige Berührung verschiedenartiger Körper. Berührungs- (Contact-) oder Galvanische Elektricität. Der Galvanismus; Voltaismus.

§. 30.

Entdeckung und Begriff derselben.

Die Erregungsart der Elektricität durch bloße Berührung ist eine Entdeckung Alvyfius Galvani's, Professors der Physik zu

*) Auf eine bis jetzt noch nicht erklärte Art nehmen auch (nach Sellier) schwingende Platten, z. B. die bei der Entstehung der Schladnischen Klangfiguren schwingenden und ruhenden Stellen der Scheiben, auf denen jene gebildet werden, entgegengesetzte Elektricität an. Vielleicht liegt dieser eine ähnliche Bewegung der Körpertheile, wie sie bei der Elektricitäts erregung durch Trennung derselben statt findet, zu Grunde. Die Ruhestellen (Knotenlinien) zeigen negative, die tönenden positive Elektricität der Scheiben an. Man schließt darauf aus den verschiedenen Figuren, die aufgestreutes Kiesel pulver und Harz pulver bilden. Rieß (Repert. Bd. 6. S. 297.) erinnert hierbei an die von Young gemachte Beobachtung, daß eine Leidner Flasche entladen werde, wenn man sie durch Reiben mit dem Finger zum Tönen bringt. Man vergl. hierüber einen Aufsatz von Peltier in Forriep's neuen Notizen, April 1838, No. 115. — Ebenso bedarf auch die Erregungsart der Elektricität noch der Erklärung, welche man bemerkt, wenn man eine Stange von Glas, Siegel- oder (noch besser) Gummitack in Quecksilber taucht, dieselbe hineinstößt oder auch nur auf die Oberfläche des Quecksilbers legt. Beim Herausziehen wird sie jedesmal elektrisch getroffen, und zwar so stark, daß sie durch Wiederholung des Verfahrens viel stärker elektrisirt werden kann, als dieses durch Reiben möglich ist. Pfaff, über Contact-Elektricität, Berl. 1836. S. 4 u. 7. Dove, a. a. D. Bd. 2. S. 71.

Bologna. Als dieser (1791) damit umgehend, den Einfluß der Reibungs-Elektricität auf die Muskeln der Thiere zu untersuchen, einige so eben erst getödtete Frösche, denen er, um die Schenkelnerven bloß zu legen, das Rückgrath durchschnitten hatte, mittelst kupferner, in dieses gesteckter Haken zufällig an das eiserne Geländer einer Terrasse seines Hauses aufhing, bemerkte er zu seinem Erstaunen, daß die Füße und Schenkel derselben, als sie das Eisen berührten, heftig zu zucken anfangen. Da Wiederholungen des Versuches immer gleichen Erfolg gaben, so setzte er das Ereigniß mit den bis dahin, rückfichtlich des Einflusses der Reibungs-Elektricität auf die Frösche, von ihm gemachten ähnlichen Beobachtungen in Verbindung, und schrieb die Zuckungen der Wirkung einer eigenthümlichen Elektricität zu, die er thierische (animalische) nannte, und deren Quelle er in den Muskeln und Nerven suchte, wenn diese durch einen Metallbogen (also einen Leiter der Elektricität) mit einander in Verbindung gebracht würden; indem er annahm, daß jeder Muskel eine Art Leidner Flasche bilde, die durch den thierischen Lebensproceß elektrisch geladen, und bei hergestellter Verbindung der äußern Theile der Muskel mit den zu diesen führenden Nerven entladen werde. Alexander Volta, der, ein Zeitgenosse von Galvani, als Professor der Physik zu Pavia lehrte, faßte die damals großes Aufsehen erregende Entdeckung Galvani's aus einem andern Gesichtspunkte auf, verwarf die Erklärung Galvani's, und suchte die Quelle der Elektricität nicht, wie dieser, in den thierischen Theilen, sondern in den beiden verschiedenartigen Metallen; glaubte, daß diese durch ihre wechselseitige Berührung elektrisch würden, und daß deren Elektricität bei ihrem Durchströmen die Nerven ebenso reize, wie die durch Reiben erregte Elektricität. Er nannte deshalb dieselbe metallische Elektricität oder den Metallreiz, und bewies die Existenz derselben durch mehrere scharfsinnige Versuche, am überzeugendsten (im J. 1800) durch die Erfindung seiner elektrischen Säule, die nach ihm den Namen der Volta'schen führt. (S. 38) Seitdem ist im Verlaufe der Zeit durch unzählige Thatsachen und Versuche bestätigt worden, daß nicht nur Metalle, sondern fast alle (ihrer chemischen Natur nach) verschiedenartige (heterogene) Körper, flüssige sowohl als feste, wenn sie in unmittelbare Berührung mit einander kommen (ohne daß etwa Druck oder Reibung dabei ins Spiel kommt); in einem gewissen

Grade Electricität erregen, die sich an dem einen Körper als $+E$, an dem andern als $-E$ ausweist, wenn sie isolirt von einander entfernt werden. Es führt diese Art von Electricität (da der Name Metallreiz nur die eine Erregungsweise derselben, die durch Berührung metallischer Substanzen, bezeichnen würde) den Namen Berührungs- oder Contactselectricität, oder zu Ehren ihres ersten Entdeckers Galvanische Electricität, und der Inbegriff aller der mannigfaltigen von ihr herührenden Erscheinungen wird durch den Ausdruck Galvanismus bezeichnet. *Al. Galvani de viribus electricitatis in motu musculari commentarius. Bonon. 1791. 4., deutsch von Dr. Joh. Mayer, Prag, 1793, 8. — J. B. Trommsdorff, Geschichte des Galvanism. oder der galvan. Electricität. Erfurt, 1808 (Seiner Chemie 5r Bd.).*

§. 31.

Fundamental-Versuch **Volta's** über die elektromotorische Kraft der Metalle im gegenseitigen Contacte.

Der Fundamental-Versuch, durch welchen Volta die (nach ihm so benannte) elektromotorische Kraft (§. 35.) zweier sich berührenden Metalle nachwies, besteht in Folgendem: Man befestigt an zwei kleine Scheiben von zwei Leitern der ersten Klasse (§. 4.), z. B. von Zink und Kupfer oder von Zink und Silber, einen isolirenden Handgriff (eine Siegellackstange), und führt beide zusammen, so daß sie sich mit ihrer Vorderfläche oder wenigstens in einigen Punkten derselben berühren, so wird, wenn man die Scheiben wieder von einander trennt, an einem condensirenden Elektrometer das Zink sich bis zu einem gewissen Grade $+$ und das Kupfer oder Silber in derselben Stärke sich $-$ elektrisch zeigen; indem beide Metalle durch die Berührung mit einander (ebenso wie beim Reiben zweier Körper oder wie überhaupt Electricität entsteht §. 13.), eine Vertheilung oder Zerlegung ihrer natürlichen Electricität in $+$ und $-$ erleiden; wobei sich ein Theil dieser entgegengesetzten Electricitäten der beiden Metalle mit einander sättigt und zu $0 E$ vereinigt, und der andere Theil derselben als Ueberschuß bei der Trennung der Metalle in diesen frei wird. Leichtem bemerklich wird diese, wenn man das Ende eines Zinkstreifens mit dem eines Kupferstreifens zusammen löthet, und mit dem Kupfer, während man das Zinkende in der Hand hält

und ihm also eine Ableitung giebt, die Condensator-Platte berührt; es wird dann ebenfalls das mit dem Condensator verbundene Elektrometer $-E$ zeigen, $+E$ dagegen, wenn man mit dem Zinke die Platte berührt. *P. Ann. Bd. 41. S. 225.* Noch einfacher wird der Versuch, wenn man die kupferne Platte eines Condensators ohne Weiteres mit einem Stück Zink, oder die zinkene Platte eines andern unmittelbar mit einem Stück Kupfer berührt. In beiden Fällen wird dasselbe Resultat, wie oben, erhalten. — — Es hängt diese durch Berührung zweier Metalle erregte Elektrizität nicht etwa von der Größe der Berührungsflächen ab; denn schon die Berührung mit sehr kleiner Fläche, nach einer Beobachtung Volta's selbst nur durch seine Spitzen, ist zu ihr hinreichend, wenn die Metallplatten einander übrigens ganz nahe gehalten werden, indem dann die beiden Metalle durch die in ihnen frei gewordene Elektrizität condensirend auf einander wirken (Fechner in *Schweigg. J. Bd. 55. S. 223.*); — sie richtet sich aber, wie die durch Reibung erzeugte, sowohl der Art als auch der Stärke nach, nach der verschiedenen natürlichen Beschaffenheit jener *). — *W. Pfaff, Uebersicht über den Voltalismus und die wichtigsten Sätze zur Begründung einer Theorie desselben. Leipz. 1804.*

§. 32.

Geringe Intensität einfacher galvanisch-elektrischer Zustände.

Die durch Berührung erregten Elektrizitäten sind im einfachen Zustande, d. h. wenn sie nur aus der einfachen Verbindung von zwei kleinen Metallstücken hervorgehen, von so schwacher Spannung, daß sie zu ihrer Prüfung die feinsten Elektroskope erheischen, und selbst durch Condensator-Wirkung oft nur dann erst erkannt werden können, wenn man einen sehr großen Condensator wählt und durch vielmalige Berührung der Elektrizität erregenden Körper unter sich und mit

*) Nach Volta's Untersuchungen beträgt, wenn zwei Platten von Zink und Silber von 1 □ 3. Oberfläche mit einander berührt werden, die Intensität des $+E$ in jenem und des $-E$ in diesem an dem gewöhnlichen Strohhalm-Elektrometer $\frac{1}{20}$ Grad, bei einer 120fachen Verdichtung derselben am Condensator 2 Grad, und an dem Bennet'schen Goldblatt-Elektrometer etwa 8 Grad. *Fechner, de variis intensitatibus vis galvanicae metiendi methodis. Lips. 1834.*

dem Kollektor des Condensators die schwache Elektrizität in diesem anhäuft. Karsten, über Contact-Elektrizität, S. 2. Deutlicher und mit weniger Umständen machen sie sich, auch bei der schwächsten Spannung, bemerklich durch elektromagnetische Wirkung, d. h. durch ihren Einfluß auf den Stand der Magnetnadel (zumal bei gleichzeitiger Benutzung eines Multiplikators, S. 76); — sodann durch ihre Wirkung auf die Sinnesnerven und auf die entblößten Bewegungsnerven, hauptsächlich kaltblütiger (frisch getödteter) Thiere, wie der Fische, Blutegel, Frösche und anderer Amphibien; so daß die Magnetnadel und nächst ihr der thierische Nerve für die sichersten Elektroskope der Berührung-Elektrizität, und für die wahren Galvano- oder Galvanismometer ausgegeben werden können, die an Feinheit der Reaktion jedem andern künstlichen Instrumente dieser Gattung vorgehen, und daher auch die Benennung Mikro-Galvanometer mit Recht verdienen. — In einem zusammengesetztern Verhältnisse, wie in der galvanischen Säule, wo sich die Erregung der Elektrizität vervielfältigt, wird aber die Wirkung der galvanisch-elektrischen Spannung bis zu einem Grade, der auch auf ein weniger empfindliches Elektrometer wirkt, gesteigert. (S. 45.) — Hiermit ist zugleich ein bemerkenswerther Unterschied zwischen der galvanischen und der gewöhnlichen Maschinen-Elektrizität angedeutet, welche letztere in einfachen Verhältnissen bei einer äußerst schwachen Wirkung auf das Nervensystem (von einem Einflusse auf die Richtung der Magnetnadel ist im einfachen Zustande bei ihr gar keine Rede, S. 88.) mit einer der der Contact-Elektrizität weit überlegenen Kraft, selbst bei ganz geringer Spannung, wie z. B. die auf dem Conduktor einer ganz kleinen Elektrirmaschine oder selbst auf einer geriebenen Glasröhre hat, schon ein gewöhnliches Elektrometer, ohne alle Beihülfe des Condensators, zur Divergenz bringt und ihr Daseyn bekundet. (S. 8.)

§. 33.

Elektroskopische Empfindlichkeit der Magnetnadel und der Sinnesorgane für den Galvanismus. Der **Sulzer'sche** Versuch.

Das Verhalten der Magnetnadel unter der Gegenwirkung einer schwachen galvanischen Erregung spricht sich in der einfachsten

Form durch Abweichung derselben aus ihrer Richtung in dem magnetischen Meridiane nach einer bestimmten Regel aus, die durch die Art der Elektrizität oder die Richtung, in welcher der eine ihrer Bestandtheile einströmt, bestimmt wird. (§. 73. u. f.) Eine weitere Charakteristik dieses Gesetzes kann hier noch nicht gegeben werden. — Unter den Sinnen ist es besonders das Geschmacks- und Sehorgan, welches von sehr kleinen Größen der Berührungselektrizität alterirt wird. Legt man einen silbernen Kaffeelöffel und einen Streifen Zink, den einen auf, den andern unter die Zunge, so wird man, so lange die beiden Metalle außer Berührung mit einander bleiben, den metallischen Geschmack ausgenommen, den jedes Metall im Munde erregt, nichts besonders schmecken; bringt man aber die Metalle vor der Spitze der Zunge mit einander in Berührung, so fühlt man in Folge der durch diese in den Metallen excitirten Elektrizitäten, welche durch die Feuchtigkeit und die Nerven der Zunge geleitet aus einem Metalle in das andere überströmen (§. 35.), auf dieser einen eigenthümlichen brennenden oder stechenden Geschmack, der so lange fort dauert, als die Metalle sich berühren, und alsbald verschwindet, wenn sie von einander getrennt werden. Liegt das Zink oben, so ist dieser Geschmack säuerlich, ähnlich dem, wie ihn der aus dem positiven Conduktor einer Elektrisirmaschine vermittelst einer Spitze auf die Zunge geleitete elektrische Strom erzeugt; liegt das Silber oben, so ist er bitterlich oder schwach alkalisch *). Sind die Metallstücke etwas groß, so kommt bei ihrer Vereinigung die Zunge in eine schwache vibrirende Bewegung. Es wurde dieser von Volta mannigfaltig abgeänderter Versuch schon (im J. 1767) von Sulzer, einem Arzte in der Schweiz, der die dabei empfangene Geschmacksempfindung als eisenartig bezeichnete, also noch vor Galvani's großer Entdeckung, angestellt, weshalb er auch der Sulzer'sche Versuch genannt wird. — Legt man ein längliches Stück Zink an das Zahnfleisch der obern Backenzähne der einen Seite (an welcher Stelle die mit den Augen in Verbindung stehenden Nerven ziemlich entblößt liegen) und ein eben so langes Stück Silber (wozu

*) Legt man beide Metalle zugleich auf die Oberfläche der Zunge, das eine an die Spitze derselben, das andere mehr nach hinten, so werden beide Arten von Geschmack zugleich empfunden.

wiederum ein silberner Kaffeelöffel dienen kann) an dieselbe Stelle der andern Seite des Mundes: so bekommt man in dem Augenblicke, wo die beiden aus dem Munde hervorragenden Enden der Metalle in Berührung mit einander gebracht werden, eine dem Sinne, zu welchem die durch die Metallelektricität gereizten Nerven führen, entsprechende Empfindung — nämlich einen lebhaften blitzähnlichen Lichtschein in den Augen, der jedes Mal wiederkehrt, wenn die Metalle, nachdem sie von einander getrennt wurden, wieder zusammengeführt werden, und der als die erste plötzliche Entladung der in den Metallen frei gewordenen Elektricität zu betrachten ist (S. 35.), indem die nach dieser fortdauernde Ueberströmung derselben nur als ein unangenehmes brennendes Gefühl an der Stelle, wo die Metalle aufliegen, empfunden wird. Bei reizbaren Personen hat die öftere Wiederholung des Versuches Schwindel und Kopfschmerz zur Folge. Außerdem ist sie besonders lebhaft, wenn die Augen sich in einem entzündeten Zustande befinden, oder wenn man die Augen selbst mit in den Kreis der galvanischen Entladung einschließt, z. B. dadurch, daß man ein Plättchen von Zink auf die Oberfläche der Zunge und ein Plättchen von Silber hinter die Augenlider an den Augapfel legt und beide Metalle mit einem Metalldrahte leitend verbindet. Bei solcher Anmirung des Auges zeigt sich die fortdauernde Einwirkung des Metallreizes auf die Gesichtsnerven durch eine nach dem gewöhnlichen Blitzscheine noch anhaltende Helligkeit im Auge, die erst mit der Trennung der Metalle wieder aufhört. — Bei manchen Individuen treten die Wirkungen so geringer Grade galvanischer Elektricität in den Gesicht- und Geschmacksorganen so leise auf, daß sie, selbst wenn die Nerven dieser Organe unmittelbar ihrem Einflusse bloß gestellt werden, nichts davon empfinden, und z. B. bei dem Sulzer'schen Versuche außer dem gewöhnlichen Metallgeschmacke keine besondere Geschmacksempfindung haben, höchstens ein gelindes Stechen fühlen. In der Regel reagiren aber die Sinnesnerven so fein gegen die galvanische Elektricität, daß die oben angeführten Erscheinungen schon eintreten, wenn auch nur die mit ihnen communicirenden Nervenanaestomosen von der Elektricität erreicht werden. *)

*) Bei genügsamer Empfänglichkeit dafür entsteht die eigenthümliche Geschmacksempfindung selbst dann noch, wenn man nur das eine Metall auf

§. 34.

Elektroskopische Empfindlichkeit der Bewegungsnerven für galvanische Elektricität. **Galvani's** Versuche. **Cuthbert's** galvanisches Schuzmittel der Pflanzen gegen Würmer.

Noch auffallender als auf die Sinnesnerven ist die Wirkung geringer Grade von Kontakts-Elektricität auf die Muskelnerven un längst getödteter Thiere. Läßt man dieselbe, in der von Galvani angegebenen Weise, auf die Nerven einzelner Glieder derselben wirken: so gerathen diese in heftige krampfhafte Bewegungen, die eine Zeitlang andauern, dann schwächer werden, aber wieder mit derselben Festigkeit in dem Momente ausbrechen, wo die heterogenen Metalle aus einander genommen werden. Man begnügt sich bei dergleichen Versuchen gewöhnlich mit Fröschen oder andern kaltblütigen Thieren, bei welchen die Reizbarkeit nach dem Tode noch lange anhält; doch werden dieselben Erscheinungen auch an den frisch abge-

die Zunge bringt, während das andere an irgend einem andern feuchten (§. 47.*), oder mit einer dünnen Oberhaut bedeckten Theile des Körpers, z. B. an dem Zahnfleisch, dem Gaumen, den Lippen, der Nasenhöhle, den Augenlidern, den naßgemachten Fingerspizen, anliegt. Lassen zwei Personen sich mit nassen Händen, von denen die eine das Zink, die andere das Silber auf der Zunge hat: so bekommt jene einen sauren, diese einen laugenhaften Geschmack im Munde, sobald die Metalle mit einander vereinigt werden. Eben so leicht sind auf ähnliche Weise die Lichtempfindungen in den Augen erregbar. — Um den Sulzer'schen Versuch abgeändert zu wiederholen, tauche man die Spitze der Zunge in das in einem Glase befindliche Wasser, auf dessen Oberfläche ein Blättchen Silber (oder Silberpapier) schwimmt, oder wenn es von dem Wasser nicht getragen wird, auf dem Boden des Glases liegt: so wird man sogleich den bezeichneten Geschmack empfinden, sobald man eine Zinkstange mit dem Blättchen und der Zungenwurzel in Berührung bringt. Dasselbe wird erfolgen, wenn man in ein silbernes, mit Wasser gefülltes Gefäß eine Zinkstange stellt, und die Zunge mit dieser und dem Wasser zugleich berührt, oder wenn man einen gefüllten Becher von Zink oder Zinn auf eine silberne Unterlage stellt, und die Zungenspitze in die Flüssigkeit taucht, während man die Unterlage mit der nassen Hand und unter einem sanften Drucke festhält.

schnittenen Gliedmaßen von Menschen und warmblütigen Thieren beobachtet, wenn die Versuche gleich nach ihrer Trennung von dem Körper vorgenommen werden; so an dem von dem Rumpfe getrennten Kopfe frisch geschlachteter Thiere oder enthaupteter Menschen. Allmählich verliert sich diese Reizbarkeit der Muskelnerven, bei warmblütigen Thieren und Menschen oft schon in wenigen Minuten nach dem Tode, bei kaltblütigen, wie Frösche und Fische, erst nach mehreren Stunden, selbst Tagen; doch giebt es keinen Reiz, gegen welchen die Erregbarkeit so lange bleibe, als der Metallreiz. So wie der völlige Tod eintritt, erlischt sie ganz, und es lassen sich dann selbst durch kräftige galvanische Erschütterungen aus einer Verbindung von mehreren Plattenpaaren keine Zuckungen mehr hervorrufen. Man hält daher den Galvanismus für eins der hauptsächlichsten Mittel, in zweifelhaften Fällen den Scheintod von dem wahren Tode zu unterscheiden, wozu indessen eine größere Anzahl von Verbindungen verschiedenerartiger Metalle, eine sogenannte Volta'sche Säule, erforderlich ist. (S. 47.) —

Die beste Art, Galvani's Versuch nachzumachen, ist folgende: Man tödtet einen Frosch, indem man ihm den Kopf abschneidet, öffnet den Unterleib und nimmt die Eingeweide heraus, um die Schenkelnerven entblößt zu sehen, und schneidet den Oberleib hinter den Vorderchenkeln quer durch ab, fährt mit einer Scheere unter die entblößten Nerven und entfernt mit dieser den untern Theil des Rückgraths nebst allen daran hängenden fleischichten Theilen über den hintern Extremitäten, so daß diese nur noch mittelst der Nerven mit dem übrig gebliebenen kleinen Stück Rückgrath zusammenhängen. Hierauf legt man schnell durch Abziehen der Haut die Muskeln der Schenkel bloß. Berührt man nun die Nerven mit einem Stück Zink und die Muskeln mit Silber, so brechen, sobald sich die beiden Metalle an ihren freien Enden berühren, die heftigsten Zuckungen in den Schenkeln aus. Oft sind diese nach 6 bis 8 Stunden, wo scheinbar alle Lebenserregbarkeit verschwunden ist, noch hervorzubringen. Leichter noch gelingt der Versuch durch Armirung des Präparates, d. h. wenn man um oder nur unter die bloß liegenden Nerven ein Stück Stanniol oder Zinkblech legt, und hierauf dieses mit einem gebogenen Silberdrahte berührt, dessen anderes Ende mit dem entblößten Muskel (den man ebenfalls durch Unterlegung einer Metallplatte armiren

kann) in Verührung ist *). — Durch Wiederholung der Versuche wird die Reizbarkeit des Frosches früher erschöpft, als dies außerdem der Fall gewesen wäre, und es tritt daher sehr bald der Zeitpunkt ein, wo sich keine Experimente weiter mit dem Präparate machen lassen. Eine Zeit lang kann diesen, wenn sie nicht mehr in voller Stärke gelingen wollen, dadurch Vorschub geleistet werden, daß man

*) Legt man den präparirten Frosch so über zwei mit Wasser gefüllte und nahe (jedoch nicht bis zur Berührung) an einander gestellte Weingläser, daß die Nervenarmatur in das Wasser des einen und die Muskelpartie in das des andern eintaucht — und bringt hierauf das Wasser in beiden Gläsern auf irgend eine Art in eine leitende Verbindung (z. B. dadurch, daß man mit einem gebogenen Silberdraht die Armatur des Präparates und zugleich das Wasser in dem andern Glase berührt, oder dadurch, daß man einen Finger in das Glas, in welches die Schenkel des Frosches herabhängen, taucht, während man mit der andern Hand durch ein Stück Silber die Belegung desselben berührt): so werden die convulsivischen Bewegungen der Schenkel so heftig, daß diese zuweilen aus dem Glase herausschnellen. — An einem lebenden Fische werden, ohne daß besondere Vorbereitungen nöthig sind, Zuckungen hervorgebracht, wenn man ihn auf eine Unterlage von Staniol oder auf einen zinnernen Teller, und auf den Fisch selbst eine Silbermünze legt, die man mittelst eines leitenden Drahtes in Verbindung mit der Unterlage bringt. An einem abgeschlachteten Fische lockt man sie hervor, wenn in die gewöhnlich zum Tödten desselben in den Schwanztheil angebrachte Stichwunde das Stielende eines silbernen Kaffeelöffels und in die behufs der Entweidung in den Bauch des Fisches gemachte Schnittwunde das Ende einer Zinkstange geschoben wird, und hierauf die entgegengesetzten Enden der beiden Metallstücke mit einander in Berührung gebracht werden. — Ein lebender Blutegel auf eine Zinkscheibe, der man eine etwas größere Silber- oder Kupfermünze zur Unterlage gegeben hat, geht, schnell, von der Entladung des galvanischen Stromes erschüttert, sogleich zurück, sobald er beim Herunterkriechen von dem Zinke die untere Scheibe berührt, und so die galvanische Kette schließt. Der Engländer Guthbert gründete hierauf ein Verfahren, Pflanzen gegen die Angriffe von Schnecken und Würmern zu schützen, das für einzelne Fälle Nachahmung verdient. Es wird um die zu schützende Pflanze ein Ring von Kupfer, in welchen ein etwas kleinerer von Zink gepaßt ist, gelegt, welchen die herankriechenden Thiere nicht zu überschreiten wagen, da sie bei gleichzeitiger Berührung der beiden Metalle eine galvanische Kette schließen, deren elektrische Entladung stark genug wirkt, um von dem Körper derselben schmerzhaft empfunden zu werden. (§. 35. 36.)

durch specifische Reizmittel, z. B. oxygenirte Salzsäure, kalische und andere salzige Auflösungen, die erloschene Reizempfänglichkeit der Nerven wieder auffrischt. Sonst lassen sich bei großer Reizbarkeit des Thieres (welche besonders im Frühjahr vor der Begattung vorhanden ist) die Contractionen auch durch Anwendung zweier homogener Metalle, die aber rücksichtlich ihrer äußern Politur, ihrer Temperatur oder ihrer Dichtigkeit von einander verschieden sind (S. 36.), ja selbst eines einzigen Metalles und, wie N. v. Humboldt und Johannes Müller beobachteten, eines frischen Stückes Muskelfleisch, erregen, mit dem man den entblößten Nerven und den Muskel in Verbindung bringt, indem durch eine solche Verbindung von verschiedenartigen thierischen Bestandtheilen ebenfalls eine galvanische Kette gebildet wird. (S. 36.) Dr. Joh. Müller, Hdb. der Physiologie 1835, Bd. 1. S. 64. Nach Humboldt verfällt selbst ein armirtes Frosch-Präparat, dessen Nerven- und Muskel-Nematur aus einem homogenen Metalle besteht, durch einen bloßen Hauch oder durch eine verdunstende Flüssigkeit in Zuckungen, und nach Galvani's erster Entdeckung, wenn es, ohne armirt zu seyn, nur mit einem Metall an einem feinen entblößten Nerven berührt, und während dessen aus dem Conductor einer nicht zu fern stehenden Elektrisirmaschine ein Funken gezogen wird. Galvani a. a. O. und v. Humboldt, Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfasern, Posen und Berlin 1797. — Eine Vergleichung zwischen den beiden empfindlichsten Galvanometern, dem Frosche und dem Multiplikator (mit zwei Nadeln), von Nobili, s. in P's. Ann. Bd. 14. S. 157.

§. 35.

Die einfache galvanische Kette. Der galvanische Strom.

Eine Verbindung von zwei verschiedenartigen Metallen, wie S. 33. und 34. beschrieben wurde, also von zwei Volta'schen Leitern der ersten Klasse (S. 4.), durch deren Berührung eine elektrische Spannung sich entwickelt, und einem feuchten Körper, einem Volta'schen Leiter der zweiten Klasse, durch welchen die elektrische Spannung beständig wieder ausgeglichen wird und wie z. B. in obigen Versuchen die Zunge und die Schenkelnerven eines Frosches abgeben, heißt eine einfache galvanische Kette (auch hydroelektrische

Kette im Gegensatz zu der weiter unten in Betracht kommenden thermo=elektrischen) und die Metalle selbst Elektromotoren (Elektricitäts=Erreger), Glieder der Kette oder galvanische Elemente. Durch den feuchten Leiter, sagt man „wird die Kette geschlossen.“ — Eine Scheibe von Zink **Z** (Fig. 7.) und eine gleich große Scheibe von Kupfer, **K**, die sich beide in **c** berühren, seyen eine solche galvanische Kette, die durch den Halbleiter **F**, worunter man sich die Zunge eines Menschen oder ein Stück mit Wasser befeuchtetes Löschpapier denken mag, geschlossen ist. Durch die Berührung der Metalle in **c** wird ohne Unterlaß Elektricität rege, die nach entgegengesetzten Seiten vertheilt und, ohne die Gegenwart des feuchten Körpers, in **a** als $-E$, in **b** als $+E$ frei werden würde. (S. 13.) So lange die Schließung der Kette dauert, strömen diese Elektricitäten durch den die Kette schließenden feuchten Leiter in entgegengesetzter Richtung, die $+E$ von **c** nach **b** in **F**, und die $-E$ von **c** nach **a** in **F**, über und neutralisiren sich bei ihrem Begegnen in **F**. (S. 8.) Dadurch entspinnt sich ein kontinuierlicher elektrischer Kreislauf, in welchem das elektrische Gleichgewicht zwischen dem $+$ und $-E$ der beiden Kettenglieder von Augenblicke zu Augenblicke hergestellt, aber eben so schnell durch neues Erregen der elektrischen Spannung an dem Berührungspunkte der Elektromotoren wieder zerstört wird. Man nennt diese kreisförmige Bewegung der Elektricitäten in der Kette den galvanischen Strom. — Die Verbindungen von zwei Metallen und einem Halbleiter zu einer einfachen galvanischen Kette können ihrer Form nach sehr mannigfaltig seyn, und die (anfangs gebräuchlichste) Plattenform ist vielleicht die seltenste, deren man sich jetzt bedient. In sehr kleiner Dimension ist sie aber neuerlichst bei elektro=magnetischen Versuchen mit dem Schweigger'schen Multiplikator, um das feine Reaktionsvermögen der Magnemadel gegen galvanische Ströme zu versinnlichen, und in größerer von Dr. Neeff zur Erzeugung von magnetischer Polarität in Eisen durch dergleichen Ströme (S. 74. *) wieder in Gebrauch genommen worden. (S. 76. *) Häufig werden die beiden Metalle in die leitende Flüssigkeit isolirt eingesenkt, und der Schluß der Kette dann durch Metalldrähte bewirkt. Eine solche Kette stellen z. B. eine Silber- und eine Zinkstange vor, die in ein Glas mit Salzwasser getaucht und außerhalb desselben unmittelbar oder durch Draht mit

einander in Berührung gebracht werden. Oft giebt man dem einen Metalle, gewöhnlich dem Kupfer, die Gestalt eines schmalen oder runden Gefäßes, in das man die leitende Flüssigkeit gießt und dann den zweiten Elektrometer, das Zink, in Form einer einfachen geraden oder gebogenen Platte hineinstellt. Der Art sind hauptsächlich die für elektromagnetische Beobachtungen erfundenen einfachen Zellenapparate u. s. w. (S. 74.)

§. 36.

Verschiedene einfache Ketten. Ketten der ersten und zweiten Art. Zwei- und viergliedrige Ketten.

Beccquerel's einfache Kette.

Die wechselseitige Berührung von verschiedenartigen Metallen ist, wie schon oben (S. 30. u. 34.) angedeutet wurde, nicht der einzige Weg, einen galvanischen Strom zu erwecken, sondern es kann ein solcher auch durch Berührung zweier gleichartiger (homogener) Metalle erregt werden, wenn diese durch Verschiedenheiten in ihrer Härte, in dem Grade ihrer Temperatur, in der Beschaffenheit ihrer Oberflächen, in ihrer Form und Größe, oder durch nur kleine Abweichungen in ihrem Mischungsverhältnisse einen Gegensatz zu einander bedingen. Daher können ein Stück gewalztes und ein Stück gegossenes Zink, und noch mehr ein Stück unbelegtes und ein Stück amalgamirtes Zink, eben so Glieder einer galvanischen Kette abgeben, als wären es verschiedene Metalle; eben so auch zwei Scheiben des nämlichen Metalles, von denen die eine wärmer ist als die andere, oder von denen die eine rauh, z. B. von einer Säure angegriffen (oxydirt), die andere glatt (regulinisch) ist, wo sie sich dann positiv und negativ, wie Zink und Kupfer, zu einander verhalten. Daher wirken selbst eine größere und eine kleinere Zinkscheibe, in eine säuerliche Flüssigkeit gehalten und metallisch mit einander verbunden, elektromotorisch. Daher läßt sich sogar durch eine einzige Metallplatte eine wirksame galvanische Kette erhalten, wenn diese an einer Seite rauh, an der andern glatt polirt und in ein Gefäß so gestellt ist, daß dieses dadurch in zwei Zellen abgetheilt wird, und eine in diese gegossene angesäuerte Flüssigkeit die eine Fläche des Metalles wegen ihrer metallischen Glätte mehr angreift als die andere. (S. 37.) **Watkins** (in London) construirte nach diesem Prin-

eine Art trockner (Zambonischer) Säule, die an den Polen ihre elektrische Spannung deutlich durch das Elektrometer äußert. Zu ihr gehören 60 bis 80 Zinkplatten von 4 Zoll Seite, die auf einer Seite rauh gelassen und auf der andern polirt und in einem hölzernen Troge so neben einander gestellt sind, daß die polirten Flächen nach Einer Seite sehen und zwischen je zwei Platten eine dünne Luftschicht von 1 bis 2 Millimeter stagnirt. Die beiden verschieden beschaffenen Flächen der Metalle versehen hier die Stelle zweier verschiedener Metalle und laden sich elektrisch, indem sie von der feuchten Luftschicht zwischen ihnen, welche die Stelle des Papiers in der Zambonischen Säule (S. 43.) vertritt, in verschiedenem Grade (chemisch) angegriffen werden. (S. 37.) Endlich ist eine bekannte Erfahrung, daß selbst von zwei Platten eines und desselben Metalles, wenn man sie nicht gleichzeitig, sondern die eine nach der andern, in eine Flüssigkeit eintaucht, die zuletzt eingetauchte negativ gegen die zuerst eingetauchte wird und eine Kette mit ihr bildet; ja! daß derselbe Erfolg auch resultirt, wenn nach gleichzeitigem Eintauchen der beiden Platten die eine von ihnen ein wenig gehoben und hierauf wieder gegen den Boden des Gefäßes gestoßen wird. Ueber das Daseyn und die Art der hierdurch, wenn auch nur temporär, ercitirten Ströme giebt am sichersten das später zu beschreibende magnetische Galvanometer Auskunft. — Aber nicht bloß den Contact von Metallen hat die Erfahrung uns als Quelle elektrischer Ströme nachgewiesen; Versuche haben dargethan, daß überhaupt alle, ihrer chemischen Natur nach, differente Körper bei genauer unmittelbarer Berührung (wenn auch nur in wenigen Punkten, da mit der Größe der Berührungsflächen die elektrische Erregung nicht in Relation ist) gegenseitig auf ihre natürlichen Elektricitäten einwirken, und durch Zersetzung derselben (S. 13.) in einen gewissen, wenn auch zuweilen vorübergehenden, schwachen und deshalb kaum bemerkbaren Grad von elektrischer Spannung gerathen, und daß daher auch durch den Contact zweier flüssiger Substanzen (Leiter der zweiten Klasse) mit einem festen leitenden Körper, z. B. Metall oder Kohle (einem Leiter der ersten Klasse), eine geschlossene galvanische Kette gebildet werden kann. Man nennt eine solche Combination eine galvanische Kette der zweiten Art, so wie eine aus zwei festen Elektromotoren, z. B. aus zwei Metallen mit einem flüssigen Leiter zusammen-

gesetzte eine galvanische Kette der ersten Art genannt wird. Wenn man einen mit mäßig starker Lauge oder mit Kalkwasser gefüllten zinnernen Becher mit einer benetzten Hand hält, und die Zungenspitze in die Flüssigkeit eintaucht: so empfindet man einen säuerlichen etwas zusammenziehenden Geschmack, der erst bei längerer Berührung dem eigenthümlichen laugenhaften und etwas stechenden Geschmacks der Lauge Platz macht. Offenbar sind in diesem (von Volta angegebenen) Versuche auf der einen Seite die nasse Hand, und auf der andern Seite die alkalische Flüssigkeit in dem Gefäße (welche letztere, Beobachtungen zu Folge, mit dem Zinn in Berührung sich positiv elektrisch zu diesem verhält) als die Elemente einer galvanischen Kette der zweiten Art wirksam, welche durch das leitende Metall und die Zunge geschlossen wird. Flüssigkeiten, z. B. Wein, Bier, Wasser, aus zinnernen oder silbernen Bechern getrunken, schmecken widrig und unangenehm, indem die Zunge beim Trinken durch den elektrischen Strom einer galvanischen Kette beleidigt wird, bei welcher das Getränk und der die Unterlippe feucht erhaltende Speichel (eine salzige Flüssigkeit) die Rolle zweier feuchten Leiter spielen, und das Gefäß selbst die des trocknen (metallenen) übernimmt. (S. 32.) Eine der merkwürdigsten solcher Ketten zweiter Art ist die bekannte einfache Kette Becquerel's aus Salpetersäure und Aetzkali, die, mit einem Platinbogen geschlossen, durch ihre Ströme nicht allein thermische Wirkungen (durch Erhitzung des Drahtbogens, S. 108.), Zersetzungen des Jodkaliums und Wasserzersetzen in den Bestandtheilen der Kette selbst, sondern auch Funken hervorbringt und die Nadel eines Galvanometers ablenkt (S. 76.) — überhaupt also in ihrem Verhalten von dem einer jeden andern galvanischen Kette nichts Abweichendes zeigt *). — Nach Zamboni können selbst einfache gal-

*) Beispiele von Ketten zweiter Art geben ferner Metallsalzaufösungen (in denen noch etwas freie Säure vorhanden ist), auf die man, damit die Flüssigkeiten sich nicht vermischen, vorsichtig eine Schicht Wasser gegossen hat, und durch die man einen Draht von einem Metall derselben Art, als in der Auflösung enthalten ist, steckt, z. B. eine Auflösung von salpetersaurem Silber, Wasser und ein Silberdraht; eine Auflösung von essigsaurem Blei, Wasser und ein Bleidraht; eine Kupfervitriolauflösung, äzendes Ammoniak und ein Kupferdraht. Steckt man in eine möglichst wenig oxydirte Zinnauflösung (die also noch freie Säure enthält), über

vanische Ketten aus nur zwei Gliedern, einem Leiter der ersten Klasse und einem Leiter der zweiten Klasse, construirt werden. Ist die dazu verwendete Flüssigkeit eine saure, so bekommt, nach Davy und Becquerel, das Metall in der Berührung mit ihr $+E$; ist sie alkalisch, $-E$, und die Flüssigkeit alle Mal die entgegengesetzte. (§. 22.) Zamboni schichtete 1000 Paar Scheiben aus bloßem Silberpapier (jedes 5 bis 6 Centimetres im Durchmesser), mit den metallischen Flächen nach oben gekehrt, über einander und erhielt dadurch eine zusammengesetzte Kette, mit der er ähnliche Wirkungen, wie mit einer gewöhnlichen dreigliedrigen Volta'schen Säule hervor zu bringen vermochte. Sie gab an dem Condensator zolllange Funken. *Annal. de chim. Juin 1825.* Noch stärker zeigten sich diese in einem von ihm erfundenen zweielementigen Becher-Apparate, in dem Zinnfolie und Wasser die galvanischen Elemente sind. 40 bis 50 Uhrgläser stehen in einer Reihe neben einander und sind mit destillirtem Wasser gefüllt. Auf dem Boden eines jeden Glases liegt der breite (oder scheibenförmige) Theil eines verjüngt zugeschnittenen Staniolstreifens, dessen spitziger Theil in das nächste Glas hinüber reicht, so daß die Strei-

die eine Schicht reines Wasser gebracht ist, einen schmalen Streifen Staniol (dünn gewalztes Zinn): so wird dieser in der Auflösung unten angefressen, und an der Gränze zwischen beiden Flüssigkeiten wird Zinn reducirt. (§. 50.) Auf gleiche Art werden auch bei den übrigen Ketten dieser Art die Metalle krystallinisch ausgeschieden. Eine Kette von Schwefelsäure (statt der Metallauflösung) mit einer Schicht Wasser über ihr und einem Platindraht bewirkt durch ihre elektrische Entladung eine Zersetzung des Wassers. (§. 50.) Durch Uebereinanderschichtung mehrerer solcher Ketten in derselben Ordnung wird die Electricitäts-Erregung wie in einer Volta'schen Säule verstärkt, so daß oft sehr starke elektrische Erscheinungen hervortreten, und selbst ein empfindliches Elektroskop davon bewegt wird. Doch verlieren dergleichen zusammengesetzte Ketten wegen der erfolgenden Vermischung ihrer flüssigen Elemente ihre Wirkung gewöhnlich sehr bald wieder. Eine länger dauernde giebt die im Texte des §. schon berührte Kette der zweiten Art, welche man bekommt, wenn die zwei heterogenen tropfbaren Substanzen in zwei Zellen eines Gefäßes neben einander gegossen werden, deren gemeinschaftliche Scheidewand durch eine hineingestellte Metallplatte von Zink gebildet wird. *Poggendorf's Annal. Bd. 37. S. 429. Dove a. a. D. Bd. 2. S. 100 u. f.*

fen mit den Spitzen alle nach Einer Richtung liegen und das Wasser in den Gläsern unter sich in leitender Verbindung steht. Mit Hülfe des Condensators lassen sich an dem letzten Glase sehr deutliche Spuren von elektrischer Ladung erkennen, welche dadurch entsteht, daß durch die verschiedene Größe der Berührungsflächen, welche die an dem einen Ende breiten und an dem andern schmalen Metallblätter dem Wasser darbieten, die Bedingung eines elektrischen Gegensatzes erfüllt wird, vermöge dessen der breite Theil des Streifens als ein positives Metall, der spitzige als ein negatives wirkt, und das Wasser in jedem Glase auf der Seite des erstern + E, auf der Seite des letztern dagegen — E annimmt^{*)}. *Annal. de Chim. Tom. XI.* — Schweigger giebt eine galvanische Vorrichtung an, die aus einer Reihe Gefäßen mit Schwefelsäure besteht, von denen eins um das andere erwärmt und abwechselnd mit Streifen, benetzt durch Salzwasser und mit Messingdraht verbunden wird. *Journ. de pharm. Nov. 1811.* Auch aus thierischen heterogenen Theilen, z. B. aus Blut und Fleisch, Blut und Knorpel, Fleisch und Nerven, und aus festen und weichen vegetabilischen Substanzen^{**}) lassen sich dergleichen zweigliedrige Ketten combiniren. Galvani selbst war der erste, dem es glückte, den präparirten Schenkel eines Frosches in Zuckungen zu versetzen, wenn er den von der Haut entblößten Schenkelmuskel mit dem Rückenmarke in Berührung brachte, und fand in dem Gelingen dieses Versuches einen Hauptbeweis für die Annahme seiner thierischen Electricität. (S. 30.) Müller wiederholte den Versuch, indem er das Frosch-Präparat auf eine Glas-tafel legte, den Nerven mit einem Federkiel sanft aufhob und damit die nasse Oberhaut des Schenkels berührte. S. dessen *Physiol. Bd. 1. S. 69.* — Bunsen baute eine schwache galvanische Säule aus abwechselnden Lagen von Muskelfleisch und Nerven, und Rämz trockene wirksame Säulen aus verschiedenen organischen Körpern, die ohne alle Mitwirkung metallischer Körper das Bohnenberger'sche Elek-

^{*)} Es repräsentirt hiernach im Grunde eine jede Kette dieses Apparates eine Kette der ersten Art (aus zwei festen und einem flüssigen Leiter).

^{**}) Vocamio (in Mailand) construirte eine galvanische Kettenkette, ohne Hinzufügung eines Metalles, aus Scheiben von Runkelrüben und Ruzsbaumholz, die sehr deutlich Frosch-Präparate bewegte.

trometer zum Anschlagen brachten. Concentrirte Auflösungen von dergleichen Körpern, z. B. von Eisen, Milchzucker, Leinöl, Stärkemehl, Gummi, Ochsenblut u. s. w. wurden auf Scheiben von dünnem Papier aufgetragen, und aus diesen die Säule so aufgerichtet, daß zwei ungleichartige Schichten durch zwei Papierdicken getrennt waren. Schweigg. Journ. Bd. 56. S. 1. Prevost und Dumas bewirkten durch eine galvanische Kette aus einem homogenen Metall, frischem Muskelfleisch und Salzwasser oder Blut eine Ablenkung der Galvanometer-Nadel. (S. 33. u. 76.) In die Drahtenden des Galvanometers waren kleine Platten von Platin befestigt, an die eine derselben ein Stück Muskelfleisch von einigen Unzen gebracht und beide so vorgerichtet in Blut oder Salzwasser getaucht; oder es wurde die eine Platte mit Salpetersäure befeuchtet, die andere mit einem Stück Muskel, Nerve oder Gehirn versehen und beide mit einander in Berührung gebracht. Magendie, Journal für Physiol. Th. 3. S. 66. — Nach Davy erhält man eine sehr wirksame viergliedrige Kette, wenn man mit einer Platte von Kupfer (oder Silber) eine Pappscheibe, die mit Salpetersäure getränkt worden ist, mit dieser eine durch Kochsalzauflösung befeuchtete, und mit dieser endlich eine mit einer Lösung von Schwefelalkali durchdrungene Pappe in Berührung bringt. Fünfzig solcher Ketten, nach derselben Ordnung an einander gereiht, machen eine Säule, welche sehr starke elektrische Erscheinungen hervorbringt. Döbereiner, Grundriß der Chemie u. s. w. S. 32.

§. 37.

Bedingungen der Stärke der galvanischen Kette. Elektrische Spannungsreihe der Metalle. Einfluß des feuchten Leiters. Das Wogen der Kraft der Kette. Hilfsmittel dagegen. **Dhm's** Fundamentalgesetz für die Intensität des elektrischen Stroms.

Unter den theils der Natur, Form und Zahl der Glieder, theils der Art ihrer Zusammenstellung nach verschiedenen galvanischen Ketten, welche in den vorhergehenden §§. aufgeführt wurden, sind die gewöhnlichen dreigliedrigen Ketten, in denen zwei Metalle (mit regulinischen Oberflächen) in Concurrenz mit einer leitenden Flüssigkeit als Elektromotoren agiren, gegenwärtig am Meisten im Ge-

branch; eines Theils, weil sie sich bequemer behandeln lassen, als die andern, und sodann, weil alle Ketten der zweiten Art nicht leicht einen so mächtigen galvanischen Strom in Umlauf bringen, als in den meisten Fällen beabsichtigt wird. (S. 22.) Die Wahl der Metalle sowohl als der leitenden Flüssigkeit ist aber hierbei nicht gleichgültig. Erfahrungsmäßig erlangen zwei sich berührende Metalle eine um so größere elektrische Spannung und liefern eine um so kräftigere Kette, je mehr sie, rücksichtlich ihrer Verwandtschaft zum Sauerstoffe, d. h. ihrer Drydbarkeit, also überhaupt rücksichtlich ihrer chemischen Natur, einander entgegengesetzt sind (S. 31.), und zwar wird jedes Mal das leichter oxydirbare von ihnen, und welches das stärkste Dryd mit dem Sauerstoffe bildet, positiv, das schwerer oxydirbare dagegen im gleichen Grade negativ elektrisch. Zink z. B. giebt ein stärkeres Dryd als Kupfer, und wird deshalb in Berührung mit diesem + elektrisch. Bei zwei Metallen, zwischen denen in dieser Beziehung gar kein Gegensatz bestände, würde die elektrische Spannung = 0 seyn. Dagegen können selbst zwei Platten eines und desselben Metalles durch Berührung elektrisch und zu einer Kette benutzt werden, wenn die eine davon erhitzt und dadurch ihre Drydbarkeit über die der andern erhöht wird. (S. 36.) Nach Ritter's Untersuchungen folgen die Metalle und einige andere feste Leiter hienach in Beziehung auf ihr Vermögen, Electricität zu erregen, in folgender Ordnung auf einander: Zink, Blei, Zinn, Eisen, Wismuth, Arsenik, Kupfer, Spießglanz, Platin, Gold, Quecksilber, Silber, (Holzkohle), (krystallisirter Braunstein), Reißblei (eine Verbindung von Eisen mit vielem Kohlenstoff) u. s. w. Gilb. Ann. Bd. 16. S. 293. Je weiter in dieser Reihe — die elektrische Spannungsreihe genannt — zwei Metalle aus einander liegen, desto größer ist die Intensität der durch ihren gegenseitigen Contact erregten Electricitäten. Das voranstehende Metall nimmt dabei stets + E, das hintere — E an *). Wismuth und

*) Durch Beimischung, selbst von nur unbedeutenden Mengen, eines andern Metalles oder durch Veränderungen in der Oberfläche, wird ein Metall in der obigen Ordnung von seiner Stelle weg-, und selbst über das Zink hinaus- oder unter das Reißblei herabgerückt. — Von Poggendorff, de la Rive, Davy, Marianini u. A. ist die Spannungsreihe der

Kupfer geben mithin schwächere Ketten, als Blei und Kupfer, Zinn und Gold stärkere als Zinn und Platin, und die stärksten Zinn und Reißblei. Am häufigsten nahm man sonst zu Ketten Zinn und Silber, oder statt des letztern das wohlfeilere und fast eben so wirksame Kupfer. Erst neuerdings ist als negativer Erreger, statt des Kupfers, besonders bei einfachen Zellenketten, Blei (nach Spencer), Eisen (nach Roberts), Platin (nach Grove) und Kohle (nach Cooper und Bunsen) in Gebrauch gekommen. (S. 74.)

Was den feuchten Leiter anbelangt, so ist die Wirkung um so stärker, je besser leitend dieser ist. Außerdem muß derselbe wenigstens auf eins der Metalle chemisch (oxydirend) wirken (wobei es gleichgültig ist, ob die Verwandtschaft des Sauerstoffs zu dem Metalle schon vorher für sich besteht, oder erst durch die galvanische Action herbei geführt wird, S. 50.); oder, wenn er auf beide eine chemische Wirkung äußert, diese auf das eine stärker seyn, als auf das andere. Ketten von Platin, Gold und Salpetersäure, oder von Gold, Silber und Salzsäure sind fast ganz unwirksam, weil jene Metalle von den genannten Säuren nicht angegriffen werden; thätiger ist schon eine Kette von Gold, Silber und Salpetersäure. Wasser leitet und wirkt als Zwischenkörper am schlechtesten, besser Auflösungen von Alkalien und Neutralsalzen in Wasser, besonders die leicht zerfälligen Lösungen von Salmiak, Kochsalz und Salpeter, und am stärksten Metallsalzaufösungen und verdünnte Säuren (Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure, 1 Th. davon auf 5 — 10 — 60 Th. Wasser). Da aber bei der Benutzung von starken Säuren die metallischen Erreger sehr bald ihren regulinischen Zustand einbüßen und sich mit Dryd (einem schlechten Leiter) bedecken, wodurch die Wirksamkeit der Kette beeinträchtigt wird (S. 51.): so bedient man sich jener nur in solchen Fällen, wo man die höchste Wirksamkeit der Kette nur Augenblicke hindurch benutzen will, und wendet in andern, wo es weniger auf eine sehr starke als auf eine länger dauernde Wirkung ankommt, z. B. bei Anstellung von manchen elektromagnetischen Experimenten, oder bei Benutzung der physiologischen Wirkungen einer zusammengesetzten Kette (einer Volta'schen Säule), statt ihrer,

Metalle abgeändert, und durch Einschließung von andern festen Elektromotoren noch erweitert worden.

Flüssigkeiten von schwächerem Oxydations- und von schlechterem Leitungsvermögen an, z. B. Salzlauge, die man höchstens durch einen Zusatz von Essig etwas ätzender macht. Sodann muß darauf gesehen werden, daß der feuchte Leiter die Metalle in der möglichst größten Fläche und recht innig berühre, und daß die Schicht, welche er zwischen ihnen bildet, so dünn als möglich sei, da er dann um so leichter und stärker durch Verteilung geladen werden kann. (S. 39. u. 40.) Faraday hält diesen Umstand für so einflußreich, daß er in einem seiner neuesten Trogaparate die Erregerplatten nur durch Zwischenlagen von, mit Wachs getränktem Papier gesondert hat, so daß 40 Plattenpaare mit doppeltem Kupfer nur eine Länge von 15 Zollen einnehmen. Doch darf die Schicht in keinem Falle so dünn seyn, daß sie die unmittelbare Berührung der beiden Metalle an irgend einem, auch noch so kleinen Punkte der ihr zugekehrten Oberflächen zuläßt.

Sowohl durch die eben erwähnte, weiter unten bei Betrachtung der Wirkungen des Galvanismus näher zu erörternde Veränderung, welche die Metalle einer galvanischen Kette durch die Zersetzung des feuchten Leiters an ihren regulinischen Oberflächen bestehen müssen, als auch durch die zwischen ihm und den Metallen eintretenden besondern elektrischen Gegenspannungen und durch andere noch nicht hinlänglich bekannte Umstände, geschieht es, daß die Wirksamkeit der Kette sich nicht gleich bleibt, sondern abwechselnd bald steigt, bald wieder zurück geht. Man nennt diese Erscheinung das Wogen der Kraft der galvanischen Kette, und hat aus ihr mit die Ursache herzuleiten, daß die Darstellung mancher Versuche nicht immer zu gleicher Zufriedenheit ausfällt. Bei Zellen-Apparaten, wo die Metalle frei von der Flüssigkeit umspühlt werden, wird von Fechner, wenn die Kraft der Kette abnimmt, der Rath gegeben, die Flüssigkeit in der Nähe des Kupfers zuweilen umzurühren (wodurch neue Theile derselben mit diesem in Berührung gebracht werden) und das Kupfer selbst mit der Zahne einer Feder abzuwischen — oder auch die Schließung der Kette zwischendurch ein Mal aufzuheben und die Zinkplatte heraus zu nehmen. Ketten, wie die von Daniell und von Grove angeordneten (S. 74.), in welchen jedes der beiden Metalle in einem besondern Raume sich befindet und hier von einer besondern, seiner Natur entsprechenden Flüssigkeit umgeben ist, sind diesem

Wechsel in ihrer Wirksamkeit weniger unterworfen. Indessen hat die Erfahrung auch für Zinkkupferketten, in denen nur Eine Flüssigkeit, gewöhnlich verdünnte Schwefelsäure, vorhanden ist, Mittel kennen gelehrt, durch welche nicht nur der Strom derselben stärker, sondern auch constant gemacht wird. Es bestehen diese in gewissen künstlichen Veränderungen, die man mit der Beschaffenheit der Oberflächen der beiden Metalle vornimmt. Was zuerst den positiven Erreger, das Zink, betrifft, so ist längst bekannt, daß reines in Schwefelsäure langsamer und gleichmäßiger sich auflöst und dadurch eine dauerndere Wirkung der Kette erzeugt, als das unreine künstliche Zink, wie es unter der Walze hervorkommt, welches durch die Verunreinigung mit andern negativen Metallen, wie Kupfer, Zinn, Eisen, Blei, von seiner positiven Natur verloren hat, sich schnell in der Säure auflöst und mit einer Dryrinde überzieht, oder, indem es die bei seiner Auflösung ausgeschiedenen fremden negativen Metalle an seiner Oberfläche niederschlägt, zur Etablierung von partiellen kleinen galvanischen Ketten Veranlassung giebt, die seine Auflösung noch mehr beschleunigen. Noch viel mehr wird aber die Wirksamkeit des Zinks, als Glied der galvanischen Kette, befördert, wenn man dasselbe, auch wenn es (wie jetzt überall gebräuchlich) nur gewalztes ist, vor seiner Einschaltung in diese amalgamirt; indem durch den Ueberzug mit Quecksilber nicht nur die Ablagerung dem Zinke etwa beigemischter Metalle zurückgehalten wird, sondern auch das amalgamirte Zink für sich das Wasser nicht zersetzt und die Säure daher länger brauchbar bleibt *). Durch eine ähnliche künstliche Veränderung seiner Ober-

*) Mit der Amalgamirung des Zinks vereinigt sich zugleich der Vortheil einer sehr leichten Reinigung, da zu dieser bloßes Abspülen in Wasser und Ueberfahren mit einer Bürste vollständig ausreicht. Nur ist die Vorsicht nöthig, daß man nicht zu dünn gewalztes Zink wähle, weil dieses durch das Auftragen des Quecksilbers leicht bröcklich wird, und daß man, weil in Folge der Auflösung des Zinks durch die Säure sich leicht Quecksilbertropfen von diesem trennen und, an das Kupfer gehend, sich auf diesem anschieben, nicht zu viel des Quecksilbers auf Ein Mal auf das Zink auftrage, dasselbe möglichst gleichförmig auf diesem (bei unreiner Oberfläche durch Einreiben mit verdünnter Schwefelsäure), besonders an den Ecken und Ranten ausbreite, und dieses Verfahren mehrmals wiederhole. Man prüft die Güte der Amalgamirung, indem man die Zinkplatte in verdünnte Schwefelsäure taucht. Finden sich Stellen, die noch Wasserstoff

fläche wird auch die Wirksamkeit des negativen Erregers, des Kupfers, in Bezug auf Stärke und Beständigkeit des Stroms der Kette unterstützt. Es besteht diese darin, daß man, nach Fechner, vor Anwendung desselben seine Oberfläche mit einer saturirten Salmiaklösung bestreicht, und hierauf das Metall einige Stunden an der Luft liegen läßt, wonach es eine grüne Farbe und damit einen negativen Charakter annimmt (S. 37.), — dessen Repertor. Bd. 1. S. 388, — oder daß man, nach Poggendorff, das Kupfer über Kohlenfeuer so lange erhitzt, bis die anfangs erscheinenden Farben wieder verschwinden — daß man dasselbe in Salpetersäure eintaucht und alsbald in Wasser wieder abspült — oder daß man demselben einen Ueberzug von gefälltem pulverförmigen Kupfer giebt, wie es in der Daniell'schen Kette ausgeschieden wird, wenn die Lösung des Kupfervitriols dünn genug ist und freie Säure enthält. (S. 74.) Bei Anwendung der letzten drei Verfahrensarten bemerkt man, daß die Stärke des elektrischen Stromes erst eine geraume Zeit (gewöhnlich eine halbe Stunde und darüber) zunimmt, bevor sie ihr Maximum erreicht, und dann mehrere Stunden sich constant bleibt, bevor sie wieder merklich sich vermindert —, vorausgesetzt, daß an der Kette keine Aenderung vorgenommen, namentlich der Leitungswiderstand (z. B. durch Verlängerung des Leitungsdrahtes), nicht beträchtlich verändert wird. Durch dieselben Mittel kann, nach Poggendorff's Erfahrung, wenigstens zum Theil, auch der Oberfläche des Eisens und anderer negativen metallischen Erreger eine dem obgedachten

entwickeln, so müssen diese noch mit Quecksilber eingerieben werden; unterläßt man dieses, so werden die vernachlässigten Stellen sehr bald von der Säure durchfressen. Moser a. a. O. Hat die Kette eine Cylindersform, oder ist sie gar spiralförmig, wie der Deflogrator Pare's, gestaltet: so muß man sich wohl hüten, die Zinkplatte, gleich nachdem sie amalgamirt worden ist, oder bei kalter Atmosphäre in ihre Form zu biegen, wenn man nicht riskiren will, sie in lauter Stückchen zu zerbrechen; denn wenn auch die Quecksilberschicht noch so dünn verrieben worden ist, so ist das Metall doch immer noch bröcklich genug, um bei dem geringsten Versuche zu seiner Formveränderung den Zusammenhang seiner Theile zu verlieren. Man sichert sich gegen diese Unannehmlichkeit, wenn man die amalgamirte Zinkplatte an einem Kohlenfeuer gelind erwärmt; wodurch sie so viel Zähigkeit annimmt, daß sie eine vorsichtige Veränderung ihrer Form bestehen kann.

Zwecke günstige Beschaffenheit ertheilt werden. Eine Kette aus so behandeltem Gußeisen, amalgamirtem Zink und verdünnter Schwefelsäure lieferte ihm einen drei Mal stärkern Strom, als eine gewöhnliche Zinkkupferkette, der sich über anderthalb Stunden fast ganz constant blieb. Dessen Annal. Bd. 51. S. 384. — Maßbestimmungen über die galvanische Kette, von Th. G. Fechner, Leipz. 1831. — Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet von Dr. Ohm, Berl. 1827. Durch beide zuletzt genannte Schriften haben wir die erste gründliche Belehrung über den Einfluß erhalten, den die einzelnen Elemente der geschlossenen galvanischen Kette auf die Wirksamkeit derselben ausüben, so wie über die Art, wie jener numerisch bestimmt werden kann. Es ist hierbei namentlich der Widerstand, den der elektrische Strom auf seinem Wege durch die Elemente der Kette, durch den Leitungsdraht oder die Flüssigkeit, womit dieselbe geschlossen wird, und bei dem Uebergange aus den Metallen (festen Körpern) in die Flüssigkeit, erfährt, von Belange. Dieser Widerstand und nebst ihm die elektromotorische Kraft der Kette sind die beiden Momente, von denen die Intensität des elektrischen Stromes abhängt. Nach Ohm ist diese der Quotient aus der Division der letztern durch den erstern.

§. 38.

Unipolare Leiter. **Ohm's** Bedenken gegen diese.

Im Allgemeinen sind alle Substanzen, welche die Elektrizität überhaupt leiten, auch für den galvanischen Strom Leiter, und diejenigen, welche jene isoliren, auch für diesen Isolatoren (§. 4.) und zwar für jede Art der beiden Elektrizitäten von gleicher Güte. Allein nach einer Entdeckung **Ermann's**, die er in dem Entladungskreise der Volta'schen Säule machte, giebt es unter den Halbleitern einige, welche in der galvanischen Kette **+E**, und andere, welche **—E** besser leiten, als die entgegengesetzte. Er nennt dergleichen Körper unipolare (einpölige) Leiter, und unterscheidet sie, je nachdem sie **+** oder **—E** leiten, in positiv- und negativ-unipolare Leiter. Die Flamme des Wasserstoffgases, des Alkohols, des Oeles, des Waxes und überhaupt von jedem kohlenstoff- und wasserstoffhaltigen Körper, auch die des Schwefels, läßt die positive Elektrizität hindurch, und isolirt die negative; trockene Seife,

trockenes Eiweiß und die Flamme des brennenden Phosphors dagegen leiten nur die negative und isoliren die positive. — Ermann brachte die Enden der Leitungsdrähte einer Volta-Säule in ein isolirtes Stück Seife, so daß zwischen ihnen ein kleiner Zwischenraum blieb, und fand, daß die Säule nicht entladen wurde, und die an den Polen derselben stehenden Elektrometer nach wie vor (wo die Säule nicht geschlossen wurde, S. 45.) divergirten. Berührte er die Seife mit einem (nicht isolirten) Metalldraht, so wurde die Elektrizität des positiven Poles abgeleitet und das Elektrometer fiel hier zusammen, während zugleich die Elektrizität an dem negativen Pole ihre größte Stärke erreichte, und das Elektrometer viel mehr aus einander wich, als früher. Gilb. Ann. Bd. 10. S. 1. Bd. 11, 143. 22, 14. 35, 28. 52, 374. Verzel. a. a. D. Bd. 1. S. 26. —

Es würde durch diese Entdeckung Ermann's ein Hauptargument für die Verschiedenheit der beiden Elektrizitäten und zugleich ein Haupteinwurf gegen die Theorie der Unitarier (nach welcher der Unterschied der beiden entgegengesetzten Elektrizitäten nur auf einem Ueberschusse und auf einem Mangel beruht, S. 13.), gewonnen seyn, wenn dieselbe nicht durch eine spätere Beobachtung von Dhm verdächtigt worden wäre, nach welcher auch die concentrirte Schwefelsäure negativ-unipolar leitend ist, aber nur dann, wenn der positive Polardraht aus Messing oder Zink besteht, wogegen die Erscheinung der Unipolarität ausbleibt, wenn an die Stelle des messingenen oder zinkenen ein Draht von Gold oder Platin gebracht wird. Dhm sucht den Grund dieses unipolaren Verhaltens in dem harten Ueberszuge, den das Messing und das Zink in der Schwefelsäure am positiven Drahte bekommt, der die Leitung des Drahtes nach dieser Seite schnell aufhebt — und glaubt aus ähnlichen Umständen auch die unipolaren Zeichen bei der Seife und bei den Flammen erklären zu dürfen. Dhm a. a. D. S. 64.

§. 39.

Die zusammengesetzte galvanische Kette. Die **Volta'sche Säule**. Die beiden Elektroden. Der Rheophor.

Wenn man mehrere Paare elektromotorischer Metalle nach einer gewissen Ordnung und zwar so zusammenschichtet, daß die positiven Erreger in jedem Plattenpaare nach Einer Seite hin liegen, und je-

des derselben von dem nächsten andern durch einen unvollkommen leitenden Zwischenkörper getrennt ist, der entweder mit Metallen in Berührung gar keine oder, verglichen mit der Spannung der metallischen Contacts-Electricität, einen nur geringen Grad von Electricität zu erregen vermag (§. 22. u. 37.), dagegen aber so dünn ist, daß die in den einzelnen Ketten durch Berührung entstandne Electricität vertheilend durch ihn wirken und ihn dadurch elektrisch laden kann (§. 37. u. 40.): so erhält man eine zusammengesetzte galvanische Kette (eine elektrische Kettenkette, galvanische Batterie) oder eine sogenannte galvanische Säule, die nach ihrem Erfinder Volta auch den Namen Volta'sche Säule führt. Die herkömmliche Art, eine solche Säule aufzubauen, ist folgende: Man legt auf eine Unterlage von trockenem Holze, in welcher drei gläserne oder hölzerne (mit einem Firniß überzogene) Stäbe zur Unterstüzung der aufzuschichtenden Metalle senkrecht und im Dreieck neben einander stehen, zuerst eine (beliebig gestaltete) Platte von Zink, auf diese eine eben so geformte Platte von Kupfer, dann eine gleich große Scheibe von irgend einem porösen Körper, z. B. Tuch, Leder oder Löschpapier, die mit einer leitenden Flüssigkeit getränkt ist; auf diese wieder eine Platte von Zink, eine von Kupfer, eine nasse Scheibe u. s. f., bis zuletzt die Säule mit Kupfer endigt. Die beiden Enden derselben heißen dann ihre Pole oder (nach Faraday's neuester Terminologie) Elektroden (d. h. Wege der Electricität); der untere der Zink- oder positive Pol (Elektrode), der obere der Kupfer- (oder weil früher statt des Kupfers Silber zu der Säule genommen wurde, Silber- oder negative Pol (Elektrode)); Benennungen, womit auch bei einfachen galvanischen Ketten die beiden Metalle, welche die Elemente derselben ausmachen, bezeichnet werden. Die unterste und oberste Endplatte sind mit Löchern oder Haken versehen, um zur Weiterleitung der Electricität oder zum Schließen der Säule Drähte einhängen zu können, die den Namen Leitungsdrähte, Schließungs- oder Verbindungsdrähte, oder (nach Ampère) Rheophoren, d. h. Träger des elektrischen Stromes, führen. Die Enden dieser Drähte sind, um eine recht innige Berührung zwischen ihnen und den Endplatten herzustellen, blank gepußt, oder, was noch besser ist, amalgamirt. — Da der feuchte Zwischenkörper, als ein unvollkommener und nur

schwach elektromotorischer Leiter, die elektrische Spannung in den einzelnen Plattenpaaren der Säule nicht aufhebt (S. 22. u. 37.), sondern nur durch Vertheilung (indem er, durch die auf ihn von beiden Seiten wirkenden entgegengesetzten Elektricitäten, an dem einen Ende $+$, an dem andern $-$ elektrisch wird) diese von einem auf das andere Paar weiter leitet (S. 14.) und dadurch die Elektricitäten jedes einzelnen Paares sich gegenseitig verstärken (indem jede Zinkplatte zu ihrer durch Berührung mit dem Kupfer erregten $+$ E noch einen Zuwachs von den vorhergehenden Paaren bekommt, und ebenso jede Kupferplatte zu ihrer $-$ E einen gleichen Zuwachs aus den andern Paaren): so wird nach dem Verhältnisse der Anzahl von Plattenpaaren, aus denen die Säule erbaut ist, die Intensität der freien Elektricität jeder Zinkplatte vom Kupferpole zu dem Zinkpole, und die Elektricität jeder Kupferplatte von dem Zinkpole nach dem Kupferpole hin immer größer; so daß sie sich an den Polen der Säule selbst am stärksten zeigt, und daher bei Schließung derselben so viel mal größere Wirkungen, als mit einer einfachen Kette erreicht werden können, als einfache Ketten in der Säule über einander liegen. Es geht dann der elektrische Strom, durch den Schließungsdraht sowohl als durch die einzelnen Ketten, ununterbrochen in entgegengesetzter Richtung von einem Pole zu dem andern (zwischen den einzelnen Ketten von dem $-$ Pole zu dem $+$ Pole, in dem Schließungsdrahte umgekehrt von dem $+$ Pole zu dem $-$ Pole) fort, wobei sich, wie in einer einfachen galvanischen Kette, die entgegengesetzten Elektricitäten im schnellen Wechsel bald vereinigen, bald wieder aus einander treten (S. 35.), und wodurch die Säule, so lange sie geschlossen ist, einer thätigen Elektrisirmaschine, deren Reibzeug man mit dem Conductor leitend verbunden hat, oder einer Leidner Flasche ähnlich wird, die man sich ohne Aufhören elektrisch geladen und entladen vorstellt. — Gleich nach dem Aufbauen, wo die Metalle noch eine regulinische glatte Oberfläche dem feuchten Zwischenkörper zugehren, ist die Wirksamkeit der Säule am größten; von da an nimmt sie allmählich ab, indem die Metalle in der Berührung mit diesem ihren metallischen Glanz verlieren, und namentlich das Zink durch die von dem galvanischen Strome im Innern der Säule bewirkte Zersetzung des chemischen Zwischenleiters, der dabei seinen Sauerstoff an das Zink abgibt, mit einer Dryd-Rinde bedeckt wird (S. 51.), welche die Fort-

Leitung und Vertheilung der elektrischen Spannung von Kette zu Kette immer mehr erschwert, und die Säule einer trocknen (Zambonischen) immer ähnlicher macht (S. 43.). Die Wahl des feuchten Leiters selbst richtet sich nach den S. 37. bereits erörterten und in S. 40. noch aus einander zu setzenden Verhältnissen. Sehr viel kommt auch auf die Temperatur an. Durch eine mäßige und noch mehr durch eine ungleiche Temperatur in den einzelnen Theilen der Säule wird die Kraft derselben erhöht, weshalb es gut ist, die Platte vor dem Aufsteigern zu erwärmen; durch starke Erhitzung (bis zu $+ 80^{\circ}$ R.) und durch starke Abkühlung (bis zu $- 15^{\circ}$ R.) wird sie geschwächt. Ganz vernichtet wird ihre Wirksamkeit, wenn die Ordnung in der Aufeinanderfolge der Metalle gestört ist, oder wenn die feuchten Zwischenlagen zu stark mit Flüssigkeit getränkt sind, und diese, durch das Gewicht der Säule herausgepreßt, durch ihr Herabfließen an der Säule die nöthige Isolirung der einzelnen Ketten aufhebt. Man verhütet dieses, wenn man die Kupferplatten größer als die Zinkplatten nimmt (S. 74.) und ihren Rand tellerförmig aufwärts biegt; wenn man die Säule horizontal legt oder sie überhaupt nicht zu hoch baut, sondern lieber zwei Säulen von nur 40 bis 50 Paaren neben einander errichtet, von denen die eine den Zinkpol, die andere den Kupferpol nach oben kehrt, und deren ungleichnamige Pole durch Drähte oder Streifen von Kupfer mit einander verbunden sind. — Bemerkenswerth ist endlich eine Beobachtung *Vior's*, nach welcher eine galvanische Säule in einem sauerstoffleeren Raume gar keine ihrer Wirkungen äußern, und eine geschlossene Säule, die in einen über Quecksilber abgesperrten Recipienten gebracht wird, alles Drygen aus diesem absorbiren und das Azot fast rein zurücklassen soll.

§. 40.

Geschwindigkeit der Ladung in der **Volta'schen** Säule.

Die Schnelligkeit, mit der die abwechselnden Ladungen und Entladungen in einer Volta'schen Säule geschehen, und folglich ihre Brauchbarkeit zu Versuchen, wo eine rasche und ununterbrochene Einwirkung des elektrischen Stromes Bedingung ihres Gelingens ist (S. 48. u. 49.), hängt hauptsächlich von der Beschaffenheit des Zwischenleiters und von den durch diese bedingten Güte seiner Leitung ab. Ist es ein sehr schlechter Leiter, besteht er z. B. aus Scheiben von

Glas, Harz, Schwefel, Taffet oder andern Isolatoren, die man zuweilen statt des feuchten Leiters in Anwendung bringt (§. 43.): so verzögert er, weil die Contact-Elektricität bei ihrer geringen Spannung auf Nichtleiter nur sehr langsam vertheilend wirken kann, die elektrische Strömung in der Säule, und es dauert daher eine Zeit lang nach der Aufbaumng einer solchen Säule, ehe die elektromotorische Wirkung der einzelnen Ketten auf die andern übertragen wird; es tritt daher auch, nach jeder Entladung der Säule durch Schließung ihrer Pole, eine lange Pause der Ruhe ein, bevor sie ihre volle Spannung wieder erlangt und ihre Pole in der ganzen Stärke der Säule ein mit ihnen in Verbindung stehendes Elektrometer ansprechen. (§. 45. u. 48.) Ist es aber ein Halbleiter, z. B. Papier, wie gewöhnlich in den trocknen Säulen (§. 43.), so stellt sich die Ladung der Säule schon in wenigen Augenblicken nach jeder Entladung wieder her, weil die Vertheilung der Elektricität, wegen des bessern Leitungsvermögens des (hygroskopischen) Papiere, leichter als bei einem vollkommenen Isolator vor sich gehen kann. Ist endlich der entladende Körper ein Leiter der zweiten Klasse, also eine tropfbare Flüssigkeit (§. 4.), besonders eine solche, deren Leitvermögen durch Beimischung von Salzen oder Säuren noch erhöht ist (§. 37.): so geht die Thätigkeit der Säule am vollkommensten von Statten, und der galvanische Strom fließt durch die rasch hinter einander sich wiederholenden Entladungen der entgegengesetzten Elektricitäten unaufhörlich von einer Kette zu der andern über, so daß es oft kaum einer halben Zeit-Sekunde bedarf, um eine ganze Batterie von elektrischen Flaschen, die man mit einem der Pole in Verbindung setzt, bis zu demjenigen Grade von elektrischer Spannung zu laden, welchen die Säule selbst hat. (§. 48.)

§. 41.

Contact-Theorie und chemische Theorie der Säule.

Die elektro-chemische Kette.

Da der feuchte Leiter einen so großen Einfluß auf die Wirksamkeit der galvanischen Säule ausübt, und diese mit der leichtern Zerlegbarkeit des Leiters und in dem Maße, wie die Drydation der beiden Metalle oder wenigstens des einen von ihnen verstärkt wird, zunimmt, durch Schwächung und Beendigung der Drydation dagegen

herabgesetzt wird und zuletzt ganz verschwindet (S. 37. 39. u. 51.): so nehmen Mehrere, an deren Spitze de la Rive steht — der Volta'schen Theorie entgegen (S. 30.), nach welcher der Grund der Elektricitäts-erregung einer galvanischen Kette in der bloßen Berührung der beiden Metalle liegt, und dem feuchten Zwischenkörper bloß die passive Rolle eines Fortleiters der frei gewordenen Elektricität zukommt (Kontakts-Theorie) — an, daß die eigentliche Ursache der Elektricitäts-erregung nicht in der Berührung der metallischen Substanzen, sondern in der chemischen Einwirkung des flüssigen Leiters auf diese, namentlich auf das positive Metall, bei Zinkkupferketten auf das leichter oxydirbare Zink, also in einem Drydations-Processe, gesucht werden müsse; daß folglich der feuchte Leiter nicht bloß als Leiter der Elektricität fungire, sondern durch seine chemische Thätigkeit die Hauptrolle übernehme, und die eigentlichen galvanischen Elemente nicht die beiden Metalle, sondern er und das von ihm angefressene Metall seyen, wobei das andere Metall weiter nichts zu thun habe, als eine gute Leitung zu bewirken und die Kette zu schließen (chemische Theorie der galvanischen Kette). Allein der Fundamentalversuch Volta's (S. 31.), der immer dasselbe Resultat liefert, so oft man ihn auch hinter einander anstellt, und die Versuche Pfaß's, denen gemäß zweielementige Zinkkupferketten auch in ganz trockener Luft, und selbst im luftleeren Raume, in elektrische Spannung treten; ferner die Möglichkeit, daß galvanische Säulen, (sogenannte trockene Säulen) durch starre, aller chemischen Wirkung auf die Metalle unfähige Zwischenkörper, wie Glas, Papier, Taffet u. s. w. sich errichten lassen (S. 43.), so wie endlich noch andere entscheidende subtile Versuche, die Pfaß, Fechner, Davy und einige andere Englische Physiker hierüber anstellten (Fries, Lehrb. d. Nat. Jena, 1826, Th. 1. S. 513.) — sprechen gegen diese Annahme und begünstigen die Ansicht Volta's, daß die Erregung der Elektricität in den galvanischen Ketten der Gegenwirkung der sich berührenden Metalle zuzuschreiben ist, und daß die beobachtete Drydation der Metalle erst in Folge des erregten elektrischen Stromes eintritt. (S. 51.) Die Steigerung der Wirksamkeit einer Kette durch die verschiedenen Leiter zweiter Klasse erklärt sich daraus, daß diese ihrer Seite, nächst ihrer Funktion, die metallisch erregte Elektricität nach ihrer physischen Beschaffenheit mehr oder weniger gut (nach Volta) fortzuleiten oder

(nach Davy) durch Vertheilung weiter zu verbreiten (§. 14.), zugleich durch chemische Wirkung auf die Metalle eine für sich bestehende neue (wenn auch nicht so ergiebige, als die durch den Contact der Metalle entstandene) Quelle von Electricität eröffnen, wie sie überall zu entspringen pflegt, wenn Körper chemisch auf einander wirken. (§. 22. u. 37.) M. vergl. Pohl in Poggend. Ann. Bd. 16. S. 101, und Fechner ebendas. Bd. 42. S. 281. — Es sind demnach in jeder galvanischen Vorrichtung, die aus zwei festen Leitern und aus einem feuchten Zwischenleiter zusammengesetzt ist, eigentlich zwei Quellen der Electricität zugleich im Zuge: eine ergiebigere, die durch Berührung, und eine ärmere, die durch eine chemische Action erschlossen wird. Man nennt daher eine solche Combination auch eine elektro-chemische Kette. Durch die neuesten Untersuchungen ist die thätige Theilnahme des feuchten Leiters in der bezeichneten Weise außer Zweifel gesetzt. Pfaff, Revision der Lehre von dem Galvano-Voltaismus. Altona, 1837. De la Rive, *Recherches sur la cause de l'électricité voltaïque*. Genève, 1836. 4. Lenz in Poggend. Ann. Bd. 47. S. 584. — Zuweilen geschieht es, daß die durch die elektromotorische Wirkung des Zwischenleiters erregte Electricität mit der durch die Berührung der Metalle entstandenen von anderer Natur ist; in welchem Falle sie die Thätigkeit der Kette nicht erhöht, sondern herabstimmt. So kann selbst der elektrische Zustand, in den zwei Metalle durch ihre Berührung versetzt werden, umgekehrt und in den entgegengesetzten verwandelt werden, wenn ein feuchter Leiter zwischen sie gebracht wird. Wird z. B. eine Kette von Zink und Kupfer durch eine dünne Schicht Wasser oder sehr verdünnte Schwefelsäure geschlossen: so nimmt das Zink nicht $+E$ sondern $-E$, das Kupfer hingegen $+E$ an. Concentrirtere Schwefelsäure bringt die Wirkung umgekehrt hervor. Diese befördert daher die Wirksamkeit der Kette, jene schwächt sie. Durch flüssige Schwefelwasserstoffsäure, als Leiter der zweiten Klasse gebraucht, werden die Pole einer galvanischen Säule umgekehrt. Der Proceß der galvanischen Kette, von G. F. Pohl, Leipz. 1826. — Durch dieses Wechselverhältniß der chemischen und elektrischen Thätigkeit in der galvanischen Kette, erhält die elektro-chemische Theorie (der Electrochemismus), nach welcher alle chemischen Erscheinungen für ein Spiel elektrischer Kräfte gelten, und namentlich alle chemischen Verbindungen

dungen, die verschiedenartige Körper mit einander eingehen, als das Resultat der Anziehung der entgegengesetzten, in den zur Vereinigung strebenden Körpern, durch Contact erregten Electricitäten, anzunehmen sind (§. 22.), eine besondere Stärke, deren Grundlage noch mehr Stabilität bekommt durch die außerordentlichen, sowohl zerstörenden als zusammensetzenden, chemischen Wirkungen, welche kräftige Volta'sche Apparate zu äußern vermögen. (§. 50. u. 51.)

§. 42.

Galvanische Trog-, Becher- und Zellen-Apparate.
Daniell's und **Grove's** einfache Zellenkette. **Hare's**
Deflagrator.

Um des mühsamen Aufbausens und des Säuerns enthoben zu seyn, was sich bei dem Volta'schen Säulen-Apparate wegen der starken Drydation der Metalle nach jedesmaligem Gebrauche nöthig macht, war man darauf bedacht, die Verbindung der Metalle zu einer galvanischen Kettenkette auf eine bequemere Art herzustellen, und es entstanden so die mannigfaltigen Trog-, Zellen- und Becher-Apparate. Volta, der die Unbequemlichkeiten seiner Säule selbst fühlte, richtete zuerst einen Becher-Apparat ein, der, so klein auch seine Dimensionen sind, doch seiner Bequemlichkeit und Wohlfeilheit wegen, noch jetzt Empfehlung verdient. Er besteht aus 40 bis 50 cylinderförmigen, unten versengt auslaufenden, Gläsern von 1" Weite und 2 bis 3" Höhe, die in eben so vielen Vertiefungen eines Bretes neben einander stehen und bis zu $\frac{2}{3}$ ihrer Höhe mit schwacher Salzsäure angefüllt werden. Die metallischen Erreger sind Streifen oder starke Drähte von Kupfer, die mit einem Ende (an dem sie vorher der innigern Berührung wegen gut gereinigt und mit etwas Salmiakauflösung bestrichen wurden) in Zinkkugeln eingeschmolzen und an dem andern, um ihnen hier mehr Oberfläche zu geben, breit geschlagen werden. In jedes Glas kommt eine Zinkkugel auf dem Boden zu liegen, und der Kupferstreifen wird so umgebogen, daß er mit seinem breiten Theile in das nächste Glas hinüberreicht, wo er bis höchstens auf $\frac{1}{2}$ Zoll Entfernung der in diesem befindlichen zweiten Zinkkugel gegenüber Platz nimmt. Nach jedesmaligem Gebrauche werden die Metalle herausgenommen, in Wasser abgespült, mit einem Tuche abgetrocknet und zu fernerm Gebrauche aufbewahrt. Ihre neue Ein-

legung ist dann das Werk von nur wenigen Minuten. Cruikshank erfand einen Trog-Apparat, der aus einem länglichem Troge von Holze besteht, mit senkrechten Fugen an den innern Wänden, in welche die zusammengelötheten Plattenpaare ^{*)}, gewöhnlich von 4" Breite und Länge, und also von 16 □" Oberfläche, mittelst eines nicht leitenden Kittes so eingefittet sind, daß zwischen ihnen Zellen von gleicher Größe entstehen, welche nicht mit einander communiciren. In diese wird die leitende Flüssigkeit (eine Mischung von verdünnter Schwefel- und Salpetersäure) gegossen, welche dann auf der einen Seite das Zink, auf der andern das Kupfer bespült. Da, wenn die Platten nicht sehr gut eingefittet sind, die Flüssigkeit sehr leicht aus einer Zelle in die andere übersickert und hierdurch die Wirksamkeit des Apparates eben so herabgesetzt wird, wie die der galvanischen Säule durch Herabfließen der Feuchtigkeit an ihrer Außenseite, so hat man in England demselben eine andere compendiösere Einrichtung gegeben. Der, 14" lange, 6" breite und verhältnismäßig hohe, Trog ist nach dieser aus Porcellen gefertigt und durch Zwischenwände in 10 bis 12 Fächer abgetheilt. In diese werden je zwei durch einen starken Kupferdraht mit einander verbundene Zink- und Kupferplatten so eingefenkt, daß die Mitte des Kupferdrahtes über einer Scheidewand, und in die daranstoßende Zelle der einen Seite die Zinkplatte, in die der andern Seite die Kupferplatte zu stehen kommt, und folglich in jeder einzelnen Zelle eine Zink- und eine Kupferplatte sich befindet, die sich aber nicht gegenseitig berühren, sondern nur vermittelst der in der Zelle schwimmenden Flüssigkeit in leitender Verbindung stehen. Die erste Zelle enthält nur eine Zinkplatte und bildet den Zinkpol oder die positive Elektrode, die letzte nur eine Kupferplatte und bildet den Kupferpol oder die negative Elektrode. Die Reinigung der Platten nach dem Gebrauche wird, wie vorhin angegeben, bewirkt. In einem von Wollaston eingeführten Zellen-

*) Dergleichen Doppelplatten sind auch bei Säulen-Apparaten anwendbar, wo sie vor den einfachen Platten, aus Zink und aus Kupfer, den Vorzug haben, daß sie nach jedesmaligem Gebrauche nur an zwei Seiten gereinigt zu werden brauchen, daß man mit ihnen die Säule schneller wieder aufbauen, und daß die bei dem Zusammenpressen der Säule heraustrretende Flüssigkeit nicht zwischen das Zink und Kupfer eindringen und die unmittelbare metallische Berührung zwischen beiden verhindern kann.

Apparate sind sämtliche Plattenpaare mittelst ihres Vereinigungsbogens (von Kupfer- oder Bleidraht) in der gehörigen Ordnung an Einem Stabe von trockenem gefirnisten Holze befestigt, so daß sie alle auf Ein Mal in die Zellen eingetaucht und nach Beendigung der Versuche wieder eben so herausgehoben werden können. Zur Steigerung des Effectes wird zu dem positiven Erreger amalgamirtes Zink genommen, und das Kupfer dagegen durch eins der oben (S. 37.) angegebenen Mittel an seiner Oberfläche negativer gemacht. — Nachdem die Erfahrung gelehrt hatte, daß durch einseitige Vergrößerung des negativen Elektromotors, des Kupfers, die Wirksamkeit eines Apparates erhöht wird (S. 74.), so veränderte man später die Wollaston'sche Batterie dahin, daß man die Kupferplatte einer jeden einzelnen Kette um die Zinkplatte der nächsten Kette von unten hinauf umbog, und diese so auf beiden Seiten mit Kupfer umgeben war. Berzelius und Stadion erfanden zwei sehr wirksame Apparate, wo die Zinkstücke in, mit der leitenden Flüssigkeit gefüllte, Kupfergefäße gestellt werden, und ein jedes der letztern mit dem Zink des nächsten Gefäßes in Verbindung gebracht wird. Der Stadion's ist ein Becher-Apparat, bei dem das Kupfergefäß *K* (Fig. 8.) ein 10" hoher, etwa ein Maas Flüssigkeit haltender, Cylinder ist, mit einem bogenförmigen Handgriff *A* versehen, an dessen Ende ein nur 1" starker Zinkstab *Z* angelöthet ist, der bis nahe an den Boden in das zweite Gefäß herunterreicht, ohne ihn jedoch zu berühren. In dem von Berzelius ausgeführten haben die Gefäße die Form von parallelepipedischen Trögen, die aus Kupferblech gefertigt, 10" hoch, eben so lang, aber nur $\frac{1}{2}$ " breit sind, und deren mehrere auf einer isolirenden Unterlage von Holz neben einander stehen, ohne sich jedoch zu berühren. Die Zinkplatten haben, um das Kupfer nirgends berühren zu können, nur 9" Seite, und werden mittelst einer hölzernen isolirenden Leiste, an der sie sämtlich befestigt sind, wie in dem Wollaston'schen Apparate, alle zugleich in die schmalen Tröge eingelassen, und die Verbindung der einzelnen Tröge wird durch einen Kupferstreifen bewerkstelligt, der von dem nächststehenden Troge aus an die Zinkplatte geht. *).

*) Als leitende Flüssigkeit eignet sich für gewöhnliche Zellen-Apparate verdünnte Schwefelsäure (1 Th. auf 60 Th. Wasser), da Salpetersäure

Eine notable Verbesserung, durch die eine lange unverändert dauernde Wirksamkeit erzielt wird, gab Daniell den Zellen-Apparaten dadurch, daß er den für die Flüssigkeit bestimmten Raum in zwei Fächer theilte, so daß jedes der beiden Metalle einer einzelnen Kette in einer besondern, von der andern durch eine poröse Scheidewand getrennten, Zelle sich befindet, in welche auch eine besondere der Natur des Metalles nach ausgesuchte Flüssigkeit gegossen wird. Für die Zinkzelle ist in dieser Hinsicht eine Kochsalz- oder Salmiaklösung, für die Kupferzelle eine saturirte Kupfervitriollösung am besten geeignet. Auf ähnliche Weise construirte Spencer einen sehr wohlfeilen Zellen-Apparat aus Blei und Zink, in welchem Kupfervitriol- und Glaubersalz-Auflösungen als leitende Flüssigkeiten wirken, und Grove eine, durch die Gleichmäßigkeit und Stärke des durch sie er-

das Zink zu sehr angreift, und nicht in dem Verhältnisse, als sie dadurch nachtheilig wird, stärkere Wirkung leistet, als jene, und Kochsalz- und Salmiak-Auflösungen, bei gleichem Nachtheile für das Zink, noch dadurch unbequem werden, daß sie, wenn die Tröge oder Kästen nicht hart gelöthet sind, das weiche Loth (Klempnerloth), mit dem die gewöhnlich zusammengelöthet sind, zerstören. Nach dem Gebrauche der Schwefelsäure lassen sich auch die Metalle, das Zink sowohl als das Kupfer leicht durch Abspülen mit Wasser reinigen, was bei der Anwendung von andern Flüssigkeiten nur durch starkes Scheuern mit Sande erlangt werden kann. Der einzige Nachtheil, den die Schwefelsäure mit sich führt, ist die starke Entwicklung von Wasserstoffgas (einer irrespirablen Gasart), die sie erzeugt (§. 50.), welche zwar bei kleineren Apparaten keine erhebliche Beschwerte erregt, bei größern aber allerdings mit Nachtheil für die Gesundheit verbunden seyn kann. Indessen läßt sich dieser auch hier durch Vorrichtungen verhüten. So wird das aus der starken Zink-Zinkkette, durch welche ein von Foule erfundener Elektromagnet seinen Magnetismus bekommt, aufsteigende Gas durch ein besonderes Abzugsrohr fortgeschafft (§. 79.) — und in gleicher Absicht der riesenhafte Zellen-Apparat der Royal-Institution in London, mit dem Davy arbeitet (und der 2000 in 200 Trögen vertheilte Plattenpaare, zusammen mit 128000 □ 3. Oberfläche, zählt) und der fast eben so große Trog-Apparat Schildren's mit 21 Zellen (zu dem 20 Paar Platten, jede von 6 F. Länge und 2 Fuß 8 Zoll Breite, gehören) in unterirdischen Gewölben aufbewahrt, aus welchen die elektrischen Ströme durch isolirte Metalldrähte in darüber liegende Zimmer geleitet und gehandhabt werden können, ohne daß die Experimentatoren von dem unten frei werdenden irrespirablen Gase belästigt werden.

regten elektrischen Stromes sich vor allen andern Volta'schen Combinationen auszeichnende Zellenkette von äußerst kleinem Umfange, aus amalgamirtem Zink und Platin, wovon das erstere mit verdünnter Salzsäure, und das letztere mit concentrirter Salpetersäure in Berührung ist. Das Nähere von der Einrichtung und Anwendung dieser galvanischen Apparate, so wie eines von Hare noch vor Daniell's Erfindung erfundenen Trogapparates mit nur Einer Flüssigkeit, der wegen der hohen Hitzegrade, die sich mit ihm hervorbringen lassen, den Namen Calorimotor oder Deflagrator führt, wird später bei Darstellung der elektro-magnetischen Erscheinungen, für die sie von besonderem Werthe sind (§. 74.), zur Sprache kommen.

§. 43.

Trockene (**Zamboni'sche**) Säulen.

Die Unbequemlichkeiten der nassen Volta'schen Säule führten ferner auf die Einrichtung der sogenannten trocknen Säulen, die, ohne feuchten Zwischenkörper, aus lauter festen Substanzen erbaut werden, und in denen die elektromotorische Kraft der sich berührenden Körper rein, ohne allen chemischen Einfluß des Zwischenleiters, thätig ist. Sie sind auf verschiedene Art zusammengesetzt worden. Am meisten beschäftigte sich mit ihnen Zamboni, Prof. der Physik zu Verona, woher sie auch den Namen Zambonische Säulen bekommen haben. Er baute sie aus einer großen Menge Scheiben von gewöhnlichem Gold- oder Silberpapier, die auf der Rückseite mit einem Teig von fein zerriebenem Braunstein (Manganoryd) und Honig bestrichen waren, auf. De Luc nahm dazu Scheiben von Goldpapier, dessen Rückseite er mit verzinnem Eisenblech belegte; Behrens glatt geschliffene Feuersteine, die er zwischen Zink und Kupfer brachte; Viot bediente sich als trocknen Halbleiters des geschmolzenen Salpeters; Jäger, königlicher Leibarzt zu Stuttgart, schichtete Säulen von 800 bis 1000 Paar Scheiben aus unächtem Gold- und Silberpapier (Kupfer und Zinn) von 1 bis 2 Fuß Höhe auf, die zusammengedrückt und zur Abhaltung der Luft von außen bis auf die Endplatten lackirt und in, inwendig ebenfalls mit Lackirniß überzogene, Glasröhren abgesperrt wurden. Die wirksamsten Zambonischen Säulen werden jetzt aus 1 bis 1½ Zoll großen mit ächtem Blattsilber belegten Scheiben

von Papier *) und eben so großen dünnen Platten von bis zur Papierstärke ausgewalztem Zinkblech (Zinkfolie) aufgebaut, wovon man 600 bis 1000 Paare oder noch mehr in der bekannten Ordnung über einander schichtet, und die man, damit das Zink das Papier auf das Innigste berühre, gelind zusammenpreßt. Die Säule wird, um ihr Feuchtwerden an der Luft zu vermeiden, mit einem Ueberzuge von Schwefel oder Harz versehen und so isolirt in eine Glasröhre eingeschlossen, die an beiden Enden mit luftdicht aufgekitteten Klappen von Messing bedeckt ist, welche mit der äußern Belegung der letzten Papierscheibe in unmittelbarer Berührung stehen und kleine Messingknöpfe tragen. Die Wirksamkeit eines solchen Apparates ist, weil der Zwischenkörper, der hier Papier ist, nicht wie bei der nassen Säule Volta's zersezt wird, von sehr langer Dauer und die Messingknöpfe, welche die beiden Elektroden der Säule bilden, zeigen sich daher fortwährend entgegengesetzt elektrisch. Seine Entladung erfolgt aber, wenn die beiden Elektroden durch einen Schließungsdraht verbunden werden, wegen des schlechten Leitungsvermögens des trocknen Papiers nur langsam (S. 40.), weshalb seine Wirkungen (die auf das Elektrometer ausgenommen) denen einer Säule mit nassem Zwischenleiter weit nachstehen. (S. 49.) Aus demselben Grunde muß die Säule nach jeder Entladung eine Zeit lang ruhen, ehe sie wieder von neuem entladen werden kann. Daher sind auch die Erschütterungsschläge aus ihr, so wie die chemischen Wirkungen derselben nur schwach (S. 49. u. 50.), und erst bemerkbarer, wenn man mehrere dergleichen Säulen mit den entgegengesetzten Polen zu einer noch längern Säule vereinigt (S. 39.) oder wenn man die Scheiben vergrößert und ihnen einen Durchmesser von wenigstens 3 bis 6 Zollen giebt. Aus einer Säule von 2000 Paaren will Zamboni Funken von 1 und v. Delin selbst von 3^{'''} Länge erhalten haben. — Zuweilen hört (oft erst nach Jahren) die Wirksamkeit der trocknen Säule eine Zeit lang ganz auf, und findet sich nachher von selbst wieder ein, ohne daß man bis jetzt die Ursache von dem Einen oder dem Andern entdeckt hat. Zamboni in *Annal. d. Chim.* Juin. 1825. — Eine eigene Anwendung von der trocknen Säule hat man in dem

*) Nach der Erfahrung Anderer thun dünne Scheiben von Kupfer oder von unächtem Goldpapier dieselben Dienste.

§. 12. angegebenen Bohnenberger'schen Elektroskop und in dem elektrischen Perpetuum mobile gemacht, in welchem zwei mit ihren entgegengesetzten Polen senkrecht nahe zusammen gestellte trockene Säulen durch einen leicht beweglichen Körper (eine senkrechte, um eine Achse in ihrer Mitte drehbare, lange Stahlnadel, die oben einen Messingring trägt) entladen werden, wobei der Körper einem Pendel gleich so lange hin und her schwankt, als die Wirksamkeit der Säulen andauert.

Man war früher der Meinung, daß in den trocknen Säulen das Papier durch seine hygroskopische Eigenschaft als feuchter Zwischenleiter wirke; allein, seitdem Jäger gezeigt hat, daß auch durch gute Isolatoren (z. B. dünne Schichten von Harz, Firniß, Taffet u. s. w.) wirksame trockene Säulen sich construiren lassen, hat man diese wieder aufgegeben. Jäger baute selbst eine Säule aus dünnen Gläscheiben, die auf der einen Seite mit Kupfer- oder Silberfolie, auf der andern mit Zinkfolie belegt waren, in der die Metallfolien, in der gehörigen Ordnung (nämlich immer Silber auf Zink) über einander gelegt, als reine trockene Elektromotoren thätig waren.

§. 44.

Wirkungen des verstärkten Galvanismus im Allgemeinen.

Die Wirkungen einer Volta'schen Säule oder eines andern galvanischen Verstärkungs-Apparates sind von denen, welche von einer mit Maschinen-Electricität geladenen Flaschen-Batterie hervorgebracht werden (§. 21 u. f.), im Allgemeinen nicht verschieden, und lassen sich wie jene in mechanische und physiologische, in chemische (erhitzende und leuchtende) und magnetische classificiren; nur werden diese dadurch anders modificirt, daß, während bei der Entladung einer gewöhnlichen elektrischen Batterie, eine geringe Menge Electricität von sehr großer Spannung (Intensität) in Thätigkeit tritt, bei der Entladung einer galvanischen eine unverhältnismäßig größere Menge Electricität von nur schwacher Spannung sich thätig äußert, und daß die letztere — während eine elektrische Flaschen-Batterie bei ihrer Entladung alle in ihr angehäuften Electricität mit Einem Male und für immer verliert — in unendlich

kleinen Zeiträumen unaufhörlich von selbst sich entladet und wieder ladet, und dadurch eine stetige Bewegung elektrischer Ströme veranlaßt, also als ein beständiger Elektricitäts-Erreger wirkt. Hieraus ist erklärbar, wie manche Wirkungen der Säule schwächer, manche hingegen um Vieles stärker als bei der Elektricität durch Reibung sich zeigen können. Mit einigen andern Verschiedenheiten in den Wirkungen der Säule werden wir gleich näher bekannt werden.

§. 45.

Verschiedenheit der Wirkungen der galvanischen Säule nach der Art ihrer Isolirung und Schließung.

Wenn die Volta'sche Säule vollkommen isolirt steht (und ihre Pole nicht durch einen Leitungsdraht mit einander communiciren), so hat sie in der Mitte einen 0- oder Indifferenzpunkt, d. h. es ist hier eine Kette, wo die Säule gar keine freie Elektricität, selbst an dem besten Condensator und dem empfindlichsten Elektrometer, zu erkennen giebt. Von hier aus wächst die freie Elektricität nach den beiden Enden zu, auf entgegengesetzte Art, so daß in arithmetischer Progression von einem Plattenpaare zu dem andern nach der positiven Elektrode zu immer mehr $+E$, nach der negativen hin zunehmend mehr $-E$ sich zeigt, und die isolirte Säule gleichsam in zwei Hälften von entgegengesetzter elektrischer Spannung, eine positive und eine negative, zerfällt. Weil aber die entgegengesetzten Elektricitäten in den einzelnen Plattenpaaren sich gegenseitig binden (§. 14.), so ist diese Spannung bei Säulen von mittler GröÙe gar nicht, und nur bei sehr starken vielplattigen Säulen durch das Elektrometer oder den Condensator bemerkbar. — Ist dagegen die Säule nicht isolirt, und giebt man dem einen ihrer Pole, z. B. durch Berührung mit dem Finger, eine Ableitung: so rückt der Indifferenzpunkt aus der Mitte weg, bis zu dem ableitend berührten Pole, wobei die Spannung des entgegengesetzten auf das Doppelte seiner vorigen Spannung steigt. Die an den beiden Elektroden angerückten Goldblatt-Elektrometer, welche während der Isolirung der Säule (bei einer vielplattigen Säule) mit gleicher Stärke aus einander gingen, und dadurch gleiche elektrische Spannung der Pole, (das eine positive, das andere negative) anzeigten, ändern daher jetzt ihr Verhalten, indem

das an dem berührten Pole, dessen Spannung auf 0 heruntergesunken ist, augenblicklich zusammenfällt, das des andern Poles aber noch ein Mal so stark divergirt als vorher. Berührt man auch diesen Pol leitend, so fällt das Elektrometer auch an ihm zusammen. Hat man ein gut isolirtes Elektrometer in der Nähe der Säule aufgestellt, so giebt sich die freie, je nachdem der positive oder negative Pol der Säule leitend berührt wurde, negative oder positive Electricität des isolirt gelassenen Poles selbst in der Entfernung an dem Elektrometer kund, so daß dieses, wenn man es vorher z. B. durch $+E$ zur Divergenz gebracht hat, sogleich, wo die Berührung des positiven Poles der Säule vorgenommen wird, durch das an dem negativen Pole frei werdende $-E$ zusammenfällt, und umgekehrt. — Sind die Pole durch eine starke und gute Leitung mit einander verbunden, d. h. ist die Säule vollständig geschlossen, so ist in ihr keine elektrische Spannung nach Außen hin mehr wahrnehmbar; ein Elektrometer wird daher nicht mehr von ihr erschüttert, indem die ganze Thätigkeit der Säule sich nach Innen wendet, und sich nur durch elektrische Strömungen in der §. 39. beschriebenen Weise äußert, welche letztern selbst dann nicht ausbleiben, wenn die Säule nicht vollständig isolirt ist; weshalb daher auch die gewöhnlichen Wirkungen, welche durch Schließung des galvanischen Kreises bezweckt werden sollen, nicht versagen, wenn die Isolirung der Säule im Ganzen etwas vernachlässigt wird *).

§. 46.

Verschiedenheit der Wirkungen der Säule nach der Zahl und Größe ihrer Elemente.

Soll die Wirksamkeit einer galvanischen Säule der Vervielfachung der Plattenpaare gemäß zunehmen (§. 39), so müssen die

*) Eine ganz vollkommene Isolirung der Säule ist, da selbst die umgebende Luft durch ihren Wassergehalt als Leiter wirkt, und durch theilweise Entladung der an die Pole gedrängten Electricitäten eine Art von schwacher Schließung derselben vermittelt (wie dies auch bei geladenen elektrischen Verstärkungsflaschen begegnet, §. 18. *), nicht wohl möglich; es können sich daher auch die hier beschriebenen Erscheinungen am Elektrometer nie so deutlich aussprechen, als dieses nach der Größe der elektrischen Spannung in der Säule erwartet werden könnte. Dessenungeachtet läßt sich der

Oberfläche der letztern, und die Zahl der Schichten in einem gewissen Verhältnisse zu einander stehen; bei Säulen von sehr vielen Platten diese daher von größerem Durchmesser genommen werden, als bei Säulen von nur wenigen Ketten. — Es findet übrigens nach der Zahl und nach der Größe der Platten in der Wirkung der Säulen noch eine wesentliche Verschiedenheit Statt. Säulen nämlich, die aus vielen verhältnißmäßig kleinen Platten bestehen und an ihren Polen also eine starke elektrische Spannung, d. h. ein lebhaftes Bestreben, sich zu entladen, besitzen, wirken stark auf das Elektrometer und auf unsere Empfindung, und geben heftige Erschütterungsschläge. Säulen hingegen, die aus nur wenigen aber großen Platten zusammengesetzt sind, haben wegen der geringen elektrischen Spannung an ihren Polen nur einen unbedeutenden Einfluß auf das Elektrometer, und stehen auch in Hinsicht ihrer physiologischen Wirkungen jenen nach; sie zeichnen sich aber vor ihnen durch ihr Vermögen, magnetisch zu wirken und chemische und thermische Wirkungen, z. B. Funken, zu erzeugen, aus, weil sie bei der Schließung wegen der breiten Oberfläche ihrer Platten eine große Menge elektrischer Materie mit Einem Male in Thätigkeit bringen, und diese durch den feuchten Leiter, da er die Metalle in einer größern Fläche berührt, besser und schneller fortgeleitet wird. Es hängen mithin die mechanischen und physiologischen Wirkungen einer Säule von der Zahl der Platten, die chemischen und magnetischen dagegen mehr von der Größe der Platten ab; und zwar nehmen letztere in einem viel größeren Verhältnisse, als in dem der Oberfläche der einzelnen Platten zu, so daß selbst Säulen, deren Platten an Flächeninhalt einem großplattigen Apparate weit überlegen sind, in ihrer chemischen und magnetischen Kraft doch hinter diesem zurückbleiben. Hieraus begreift sich, wie Verbrennungsversuche mit einer niedrigen Säule von 3, 4, höchstens 8 Schichten großer Platten von 4 bis 8" Oberfläche, und selbst mit einem einzigen Plattenpaare von namhafter Größe, so glänzend sich aufführen lassen, wäh-

Deckel eines Condensators sogleich vollständig laden, wenn man ihn auch nur einen kurzen Augenblick mit dem einen Pole in leitende Verbindung bringt, während der andere Pol ableitend berührt ist.

rend einigermaßen heftige Erschütterungsschläge nicht eher erhalten werden können, als bis man die Zahl der Schichten wenigstens auf das doppelte vermehrt hat. Ein gleiches Verhältniß stellt sich bei der Wirkung einer durch Reibungs-Elektricität geladenen Verstärkungsflasche dar, wo ebenfalls die chemischen Wirkungen weniger nach der Intensität oder der Spannung der Ladung, als vielmehr nach der Menge der elektrischen Materie und nach der Schnelligkeit ihrer Freiwerdung, also gewissermaßen nach dem mechanischen Momente, d. h. nach dem Producte aus der Masse in die Geschwindigkeit, sich richten (§. 21, 5.). — Verbindet man die gleichnamigen Pole zweier oder mehrerer neben einander stehender kleinplattiger Säulen, die gleichviel Ketten zählen, durch Kupferstreifen mit einander: so erhält man ebenfalls einen großplattigen Apparat, der bei geringer Intensität eine große Menge Elektricität mit Einem Male entwickelt, und daher zur Anstellung chemischer Versuche geschickt ist.

§. 47.

Physiologische Wirkungen der Säule. Anwendung derselben in der Heilkunde. **Necff's** Blygrad.

Von den Wirkungen des verstärkten Galvanismus betrachten wir zuerst die auf unsere Empfindungsorgane und die thierische Oekonomie überhaupt. — Die galvanische Elektricität wirkt, ähnlich der Reibungs-Elektricität, und mit derselben Stärke wie diese, auf alle fünf Sinne des menschlichen Körpers, wenn die diesen zugehörigen Nerven oder deren Verzweigungen (Anastomosen) in den Kreis des galvanischen Stromes eingeschaltet werden. Berührt man mit einem mit Wasser (noch besser Salzwasser) benetzten Finger den einen Pol einer kleinplattigen Säule von etwa 30 Plattenpaaren, und bringt zugleich den Leitungsdraht des andern Poles mit der Zungenspitze in Verührung: so empfindet man unter einem Zittern der Zunge, und viel stärker als bei einer einfachen Kette (§. 33.), einen fremdartigen Geschmack, der an dem positiven Pole sauer oder neutralsalzig, und an dem negativen Pole bitter und brennend alkalisch ist. Werden die Schließungsdrähte in beide Ohren geleitet, so erhebt sich beim Schließen der Säule ein brausendes Geräusch in diesen, und man hört zugleich (nach Ritter) das g

der eingestrichenen Oktave, an dem + Pole allein einen höhern, an dem — Pole einen tiefern Ton. Schließt man den galvanischen Kreis auf der einen Seite mit der naßgemachten Hand, auf der andern mit der befeuchteten Stirn, der Nasenhöhle oder irgend einem andern Theile des Gesichts: so stellen sich Lichterscheinungen ein, die, wenn das Auge oder das Gesicht überhaupt mit dem positiven Pole berührt wird, ins Bläuliche, und bei steigender Verstärkung der Säule in's Grüne, Gelbe, und endlich in's Hellrothe spielen, am negativen Pole dagegen umgekehrt, anfangs röthlich sich zeigen, und bei Vermehrung der Plattenpaare in's Bläuliche übergehen (S. 33.). In die Nase gerichtet, bringt der positive Pol Trockenheit, Spannung und einen sauren Geruch, der negative einen Geruch nach Ammonium, Vermehrung der Absonderung und einen Drang zum Niesen hervor; doch ist die Wirkung selbst der verstärkten galvanischen Electricität auf das Geruchsorgan so fein, daß viele Personen gar nichts zu empfinden versichern. Zehner, Lehrbuch des Galvanismus 2c. Leipzig 1829, S. 485. — Wenn man mit benästen Händen die beiden Pole der Säule zu gleicher Zeit berührt, so bekommt man im ersten Augenblicke der Schließung einen ähnlichen Erschütterungsschlag in den Armen, wie bei der Entladung einer Leidner Flasche, der um so stärker ist, je mehr der einfachen galvanischen Ketten in der Säule enthalten sind (S. 46.), und der auch von mehreren Personen zugleich empfunden werden kann, wenn diese sich mit nassen Händen fassen, und so den Entladungskreis schließen. Noch empfindlicher wird dieser Schlag, wenn man die beiden Hände in mit Salzwasser gefüllte Gefäße taucht, mit denen die Schließungsdrähte verbunden sind, oder wenn man große Stücke Metall, z. B. das breite Ende eines silbernen Löffels, eine Mörserkeule, mit der Hand faßt und damit die Pole betastet. Bei fortdauernder Verbindung mit der Säule fühlt man keine Erschütterung weiter, wohl aber ein fortwährendes Durchzucken in den Händen, das an der mit dem + Pole der Säule verbundenen Hand mit einem Gefühle von Kälte, und an der andern Hand mit einer brennenden Empfindung von Wärme verbunden ist. An einer zufällig vorhandenen kleinen Wunde der Haut, z. B. in Folge eines Nietnagels, oder an Stellen, wo die Nerven weniger von der Oberhaut bedeckt sind, wird die fast ununterbrochene Entladung der Säule

durch Schmerz in dieser bezeichnet. Trennt man den Entladungskreis, so empfindet man wieder eine Erschütterung, die aber schwächer ist, als die erste, so daß sich deutlich drei verschiedene Momente bei der Entladung einer Säule unterscheiden lassen^{*)}. — Viel energischer als die der einfachen Kette ist endlich auch die Wirkung der Säule auf die Nerven und Muskeln noch nicht lange getödteter Thiere (§. 34.), welche, wenn jene durch sie entladen wird, in heftige Zuckungen gerathen, sobald die thierische Reizbarkeit in ihnen noch nicht ganz erstorben ist. Wie innig und mächtig in dieser Hinsicht die Beziehung der galvanischen Electricität zu dem Nervenleben ist, beweisen die an den frischen Leichen hingerichteter Verbrecher angestellten Versuche Ure's und Aldini's, welche an diesen nicht nur Bewegungen der Füße und Hände, Öffnen und Schließen der Augen, und die heftigsten Verzerrungen des Gesichtes

^{*)} Da die Intensität der Ladung einer Volta'schen Säule im Vergleich zu der einer Leidner Flasche nur schwach ist (§. 44.), so ist auch die Wirkung der Entladung, der Erschütterungsschlag, nie so stark als bei dieser; daher ist er nicht im Stande, die trockene und dann nicht gut leitende Oberhaut (Epidermis) zu durchbrechen, wenn diese nicht vorher mit einem guten Leiter (Salzwasser) benetzt ist; daher erstreckt sich derselbe, selbst bei großen Säulen, nicht leicht über den Oberarm und über einen Entladungskreis von vielen Personen hinaus. Dessenungeachtet wird bei der Entladung einer Säule wegen der anhaltenden Ein- und Durchströmung der Electricität, die sich durch eine Menge einzelner, schnell auf einander folgender schwacher Erschütterungsschläge äußert, die Empfindung derselben auf unsere Nerven so gesteigert, daß die Entladung einer thätigen Säule von 80 — 100 Plattenpaaren oft den ganzen Körper erschüttert, und dadurch nicht minder angreifend und durch Ueberreizung bei längerer Dauer gefährlich für die Gesundheit wird, als der Entladungsschlag einer stark geladenen Leidner Flasche. Selbst die elektrischen Stöße, die man aus einem Apparate von mittlerer Größe, durch abwechselndes Schließen und Trennen der Kette, wiederholt auf eine Hautstelle des Körpers leitet, steigern die Empfindlichkeit an dieser bald bis zum unerträglichen Schmerz und zu einer Entzündung der nahe gelegenen Theile, die mehr oder weniger große Zerstörung durch Brand zur Folge haben kann. Vermittelt einer besondern, später (§. 95.) näher angegebenen, Vorrichtung haben Faraday und nach ihm Magnus es dahin gebracht, sehr heftige physiologische Wirkungen, z. B. Zuckungen, selbst durch Anwendung einer **einfachen**, aus nur zwei Gliedern bestehenden galvanischen Kette hervorzubringen.

durch den Reiz einer galvanischen Säule hervorbrachten, sondern auch den Athmungsproceß für Augenblicke wieder anzufachen vermochten. Daher empfiehlt sich der verstärkte Galvanismus als ein Unterscheidungs mittel zwischen dem wahren und dem Scheintode, und wird von den Aerzten auch fast allgemein als solches anerkannt, indem man aus dem Eintritt oder Ausenbleiben der Muskel-Contractionen bei Anwendung desselben an Verstorbenen auf jenen oder diesen schließen zu dürfen glaubt. Auch hat man sich des Galvanismus, seines Einflusses auf die Empfindungsnerven wegen, auf mancherlei Art in Krankheiten, die auf Schwäche, Lähmung und Unthätigkeit der Nerven und Gefäße beruhen, als Heilmittel bedient, und es fehlt nicht an Erfahrungen, die seiner Wirksamkeit in dieser Beziehung das Wort sprechen. Von den Krankheiten, gegen welche der Galvanismus sich heilsam erwiesen hat, sind zu nennen: Der schwarze Staar, langwierige Taubheit (Taubstummheit), durch Lähmung des Gehörnerven bedingt, Nervenlähmungen überhaupt, chronische Rheumatismen, kalte Geschwülste und der Scheintod (besonders Ertrunkener), wo die Schläge, wie bei der Maschinen-Elektricität, entweder von dem Nacken aus durch das Herz, oder vom Munde durch den After entladen werden *).

*) Ein gerechter Vorwurf kann den Aerzten gemacht werden, wenn sie, aus der Beobachtung mißlungener Heilungen auf die Unwirksamkeit des Galvanismus schließend, die weitem Heilversuche mit einem so kräftigen Reizmittel für den thierischen Nerven, als der galvanische Strom ist (namentlich in Krankheiten, wie die oben genannten, bei denen andere Reizmittel eben so oft erfolglos angewendet werden), unterlassen; da oft nichts weniger als die Gewisheit vorliegt, ob das Mißlingen der mit dem Galvanismus unternommenen Heilung in der absoluten Unwirksamkeit desselben liegt, oder ob nicht dasselbe in der falschen Wahl des Mittels überhaupt, in der verkehrten Anwendung desselben, oder in der vernachlässigten Unterscheidung zwischen den entgegengesetzten Wirkungen des positiven und negativen galvanischen Stromes, und der nicht berücksichtigten chemischen Einwirkung desselben auf den menschlichen Körper, welche aller Wahrscheinlichkeit nach auch ihren Antheil an der Wirkung hat, gesucht werden muß. — Was die Form der medicinischen Anwendung betrifft, bei welcher im Allgemeinen dieselben Rücksichten genommen werden müssen, welche oben als Norm für den ärztlichen Gebrauch der Reibungs-

§. 48.

Mechanische, elektrische Wirkungen der Säule. **Nitter's** Ladungssäulen. Polarisation der Schließungsdrähte.

Wie die physiologischen, hängen auch die rein mechanischen Wirkungen der verstärkten galvanischen Elektrizität, die sich z. B. durch Anziehen und Abstoßen leicht beweglicher Körper zu erkennen

Elektrizität angeführt worden: so kann diese entweder auf dieselbe Art, wie überhaupt der Entladungskreis geschlossen wird, bewirkt werden, oder man bedient sich (was gewöhnlicher ist) der Armaturen, d. h. kleiner metallener Platten oder Stäbe, von verschiedener Form und Größe, welche einen mit einem Haken versehenen Stiel zum Einhängen des Leitungsdrabtes haben, und auf den Theilen des Körpers, zu welchen der galvanische Strom zunächst hingeleitet werden soll, nachdem diese vorher mit Salzwasser befeuchtet oder (in seltenen Fällen) durch Blasenzüge wund gemacht worden sind, durch Pflaster oder Binden befestigt werden. Bei diesem, dem Verfahren, das Galvani bei seinen Versuchen an todtten Fröschen einschlug (§. 34.), nachgeahmten Armiren ist vorzüglich darauf zu sehen, daß der möglichst größte Theil der Nerven zwischen die beiden Pole der Säule zu liegen komme, und die Armaturen selbst da angelegt werden, wo die Nerven am leichtesten von dem elektrischen Strome getroffen werden können. Noch mehr gesteigert kann der Effekt werden, wenn man sich zur Entladung der Säule des weiter unten (§. 97.) zu beschreibenden, von Dr. Neeff für die ärztliche Anwendung des Galvanismus erfundenen Wigrades bedient, durch welches die elektrischen Ströme discontinuirlich gemacht, und mit aller Bequemlichkeit in einer Zeit von 10 Minuten 100,000 Schließungs- und eben so viele Trennungsschläge ertheilt werden können; nur Schade! daß (nach der eignen Versicherung seines Erfinders) bei seinem Gebrauche die chemische Wirkung auf den Körper fast ganz verloren geht. Zuweilen wird auch sehr vortheilhaft mit dem Galvanismus zugleich die Akupunktur verbunden (Elektropunktur).

Mittheilungen über glücklich durch Galvanismus geheilte Krankheitsfälle sind in Menge in ärztlichen Zeitschriften enthalten. Dieser heilte ein seit vielen Jahren bestehendes tremor artuum, das in konstanten, Tag und Nacht anhaltenden Krämpfen der einen Schulter und des Nackens bestand, durch die Elektrizität einer aus 50 sechs-zölligen Platten errichteten galvanischen Säule, unter Beihülfe der Akupunktur, indem er den einen Pol des Apparates mit der in den Nacken eingeflochtenen eisernen Nadel, und den andern mit dem Fuße oder der

geben, nicht von der Menge der Elektrizität, sondern von der Größe ihrer Spannung ab, und fallen folglich bei einer vielplattigen Bat-

Hand des 72jährigen Kranken in Verbindung setzte. Dr. D. S. Kiefer, Klinische Beitr. 1. Bd., Leipz. 1834. S. 69. — Dem Verfasser selbst gelang es vor mehreren Jahren, den Grafen v. R. zu St. in Thüringen von einer den marasmus senilis begleitenden kompletten Lähmung der Hände, gegen die außer andern arzneilichen Mitteln die Maschinen-Elektrizität (anfangs durch die sanftern Methoden, später durch Funkenziehen aus dem Hauptleiter der $\frac{7}{4}$ " lange Funken schlagenden Maschine und mittelst der Leidner Flasche), so wie Versuche mit thierischem Magnetismus (durch Auflegen der Hände auf große junge lebenskräftige Hunde und Kneten der Extremitäten durch Diener) vergeblich angewendet worden waren, durch eine sechswoöchentliche galvanische Kur so weit zu heilen, daß der über den günstigen Erfolg dieser Behandlung neu aufstehende Greis wieder selbst essen und seinen Namenszug deutlich lesbar zu schreiben vermochte, was ihm vorher nur durch Führung der Hände durch den Diener möglich war. Als Elektromotor diente dabei ein Becher-Apparat, der etwas abweichend von Volta's erstem Apparate dieser Art aus 94 Bechern zusammengesetzt war, und seine Brauchbarkeit für die medicinische Praxis bei andern physiologischen und therapeutischen Versuchen schon mehrmals bewährt hatte. Aus diesem wurde täglich $\frac{3}{4}$ Stunden lang der galvanische Strom in beide Arme und Hände geleitet. Das technische Verfahren damit war so, daß die zu galvanisirende Hand, mit Salzwasser stark benäßt, den breiten Theil eines großen silbernen Löffels umfaßte, dessen Stielende auf dem + Pole des Apparates ruhte, während ein starker Kupferdraht (etwa von der Stärke, wie man ihn zu Multiplikatoren thermo elektrischer Ströme benutzt), der an dem — Pole befestigt war, mit einer bestimmten Stelle der durch eine Nadel wund geritzten Haut in Kontakt stand. Zu dieser Stelle wurde bald die Mitte des Ellenbogens, wo der nervus cutaneus medius und n. medianus sich in ihre tiefer liegenden und seitlichen Verzweigungen verflächten, bald die Nähe des plexus brachialis in der Achselhöhle, am Meisten aber die Gegend des Austrittes der untern Halsnerven aus dem Kanale des Rückenmarkes gewählt, und so auf verschiedene Weise der leidende Theil in den elektrischen Entladungskreis gezogen. Eine besondere Rücksicht auf die Wirkung des positiven und negativen Stromes wurde insofern genommen, als, um die durch längeres Galvanisiren abgestumpfte Reizbarkeit wieder herzustellen, der negative Pol an die Stelle des positiven gebracht wurde, wenn dieser eine Zeit lang hier gebraucht worden war und so vice versa. — Eine gleich glückliche Heilung einer Paraplegie durch die Erschütterungen einer aus nur 30 Plattenpaaren aufgeschichteten Säule wird in Forrier's Notizen, Febr. 1826, No. 270 erzählt; die Heilung einer 9

terie stärker aus, als bei einem Apparate von nur wenigen aber großen Platten (§. 46.), überhaupt aber aus demselben Grunde um Vieles schwächer, als bei der Electricität durch Reibung. (§. 44.) Wie die Anziehung und Abstoßung der galvanischen Säule durch die Spannung an ihren Elektroden mit dem Elektrometer gezeigt werden kann, dessen geschah in §. 45., und wie man das Verhalten entgegengesetzter Electricitäten zur Ausführung eines **Perpetuum mobile** benützt hat, in §. 43. Erwähnung. — Setzt man durch einen isolirten Metalldraht den einen Pol einer Säule mit der innern Belegung einer Leidner Flasche oder selbst einer ganzen elektrischen Batterie einen Augenblick in leitende Verbindung, während der andere Pol der Säule mit der Erde oder mit der äußern Belegung der Flasche in leitender Gemeinschaft ist (§. 40.), so wird diese bis auf die den Polen eigne Spannung elektrisch geladen; bei einer nassen Volta'schen Säule wegen der ohne Aufhören in ihr sich erzeugenden großen Menge von Electricität augenblicklich (§. 39. u. 40.), bei einer trocknen (Zambonis'schen) Säule wegen der Langsamkeit ihrer Ladung nur nach und nach. (§. 43.) Wie schnell sich die Ladung und Entladung der (nassen) Säule wiederholt, ist noch deutlicher daraus erkennbar, daß man die mit ihr leitend verbundene Flasche fortwährend auf die gewöhnliche Art unter Hervorbrechen kleiner Funken entladen kann, so lange jene Verbindung unterhalten wird. Daher würde selbst die riesenmäßige Batterie der großen Electricitätsmaschine in dem Leyler'schen Museum zu Harlem augenblicklich mit der ganzen Intensität einer kleinen Volta'schen Säule, mit deren Polen sie auf die angegebene Art in Communication war, geladen, obgleich dazu sonst mehrere Umdrehungen der großen Maschine erforderlich waren.

Als eine besondere Wirkung des verstärkten Galvanismus sind die Erscheinungen der von Ritter erfundenen sekundären oder

Jahre bestandenen Lähmung der Zunge (wo der Draht des — Poles der Säule mit einer in den Nacken eingestochenen Nadel, der Draht des + Poles aber mit einer auf die Zunge gelegten Platinplatte, die in mit Salzwasser befeuchtete Leinwand eingehüllt war, in Verbindung gesetzt wurde), ebendasselbst, Jan. 1836, Nro. 1015, und April 1837, Nro. 22; die Beseitigung einer nach einem Kanonenschuß entstandenen Taubheit, im Juniheft 1836, Nro. 1058.

Ladungssäulen anzuführen, welche nur aus abwechselnden Schichten von Metallplatten und feuchten Scheiben aufgebaut und an sich ohne Wirksamkeit sind, aber, wenn sie mit dem einen Ende auf das Polende einer Volta'schen Säule gestellt und mit dem andern Ende mit dem andern Pole der Säule in leitende Verbindung gesetzt werden, den galvanischen Strom derselben in sich aufnehmen und durch elektrische Vertheilung sich laden, so daß sie alle Wirkungen der primären Säule (nur in schwächerem Grade) zeigen. Verbindet man die Enden einer solchen Säule, nachdem man den galvanischen Strom einige Zeit durch sie geführt hat, mit einander, so zeigt sie ihre Wirkungen noch eine Zeit lang fort, aber mit dem Unterschiede, daß die Richtung des Stromes in ihr die umgekehrte von dem vorigen ist. — Eben so geben sich auch, nach einer Entdeckung de la Rive's, die Platindrähte, welche den Polen einer Säule als Schließungsdrähte dienen, wenn sie von diesen abgenommen werden, noch eine Zeit hindurch in schwachem Grade elektrisch an, und zwar so, daß der vorher positive Draht negativ elektrisch ist. De la Rive nahm diese Erscheinung an dem magnetischen Galvanometer wahr, wenn er die einen Enden der abgenommenen Drähte mit den freien Drahtstücken des Multiplikators, und die beiden andern durch einen tropfbaren guten Leiter, z. B. eine Salmiaklösung, verband. Wurden die Platindrähte auf beiden Seiten metallisch verbunden, so blieb die Wirkung aus. Noch viel auffallender tritt dieses Hinausreichen der elektrischen Kraft, über die sie erzeugende Ursache hinaus, an Schließungsdrähten hervor, welche eine Zeit lang zur Zersetzung des Wassers durch den elektrischen Strom benutzt wurden. Von der Säule abgenommen setzen diese die Wasserzersetzung noch längere Zeit, selbst Tage lang, weiter fort; ja! sie behalten ihre elektrische Wirksamkeit selbst dann noch bei, wenn man sie aus dem Wasser nimmt und durch Abwischen reinigt; sie äußern diese wenigstens, wenn sie auch das Wasser nicht mehr zersetzen, durch die Wirkung auf die Multiplikatornadel und den Froschschenkel. Nach Pfaß's Versuchen steht Eisenz- und Zinkdrähten, und nach diesen Silber- und Golddrähten, diese Eigenschaft in noch höherem Grade zu, als Drähten von Platin. Messing- und Bleidrähten geht sie aber ganz ab. — Eine befriedigende Erklärung der Natur dieser sekundären Ströme fehlt noch. De la Rive selbst erklärt sie aus einer eigenthümlichen Beschaffenheit der Drähte, die diese

bei dem Durchlaufen des ersten Stromes erlangen. Becquerel, der behauptet, daß die Ströme nur dann entstehen, wenn die Poldrähte in eine salinische Flüssigkeit eintauchen, während durch sie der Strom der Säule zieht, hält sie, so wie auch die Wirkung der sekundären Säulen selbst, für chemischen Ursprungs, und nimmt an, daß bei der Berührung mit einer elektrolytischen Flüssigkeit dieser Art das Salz zersetzt werde, wobei sich die Basis um die negative, die Säure um die positive Elektrode anhäufe. Werden die Drähte nach Entfernung von der Säule in eine leitende Flüssigkeit gebracht, so vereinigen sich die getrennten Stoffe wieder, wodurch nach elektrochemischen Gesetzen ein Strom erregt wird, der, von dem mit der Basis verbundenen Drahte durch die Flüssigkeit nach dem andern Drahte seine Richtung nimmt, an dem die Säure haftet. Nach dieser Erklärung wären die Polardrähte, so wie die einzelnen Elemente einer sekundären Säule, nicht als wirkliche Elektromotoren, sondern nur für Leiter eines elektrischen Stromes anzusehen. Nach Schönbein tragen zwei besondere Momente zu der Erscheinung bei: ein Mal der elektrische Strom der Säule, und sodann die chemische Natur der Flüssigkeit, in welche sie eingetaucht sind, ohne daß diese aber, wie Becquerel verlangt, salinisch zu seyn braucht. Pogg. Ann. Bd. 46. S. 109. Bd. 69. S. 461.

§. 49.

Erzeugung von Licht und Wärme durch die Säule (Thermische Wirkungen). **Wollaston's** Fingerhutfeuerzeug.
Der Schließungsfunke.

Wenn man die beiden Pole einer thätigen Säule mit dünnen oder zugespitzten Metalldrähten, mit der Spitze eines Stückchens gut ausgeglühter Holzkohle, oder einem andern dünnen und guten Leiter verbindet: so erscheinen im Augenblicke der Entladung sehr helle knisternde Funken, denen einer Leidner Flasche ähnlich, deren Schlagweite aber wegen der geringen Spannung der Elektricität so kurz ist, daß sie selbst bei großen Apparaten erst dann überschlagen, wenn die Drahtspitzen bis auf $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{2}$ Linie einander genähert werden, deren Lichtglanz dagegen so intensiv leuchtet, daß sie selbst in der hellen Flamme eines Kerzenlichtes sichtbar bleiben, und die von solcher Kraft sind, daß sie selbst im Wasser erhalten werden, wenn man die Schlie-

schließungsdrähte unter der Oberfläche desselben gegen einander führt. Beim Schließen des Entladungskreises kommen unter den gewöhnlichen Umständen keine zum Vorschein. Trockene Säulen geben nur bei sehr großer Vervielfältigung ihrer Elemente welche. (S. 43.) — Wie die Funken der Reibungs-Elektricität, entzünden auch die Funken der galvanischen Elektricität leicht verbrennliche Körper, z. B. Alkohol, Schwefel, Phosphor, Schießpulver, Wasserstoffgas, das aus diesem und aus Sauerstoff zusammengesetzte Knallgas u. s. w. Dünne Blättchen von ächtem oder unächtem Blattgold oder Blattsilber und feine Drähte von Metall, oft von beträchtlichen Längen, durch welche der galvanische Funke entladen wird, werden glühend, schmelzen und verbrennen, unter dem lebhaftesten Funkenprühen und unter Entwicklung von Lichterscheinungen in allen Farben *). Die Länge eines glühenden oder schmelzenden Drahtes von einer bestimmten Art giebt ein Maas der Stärke des galvanischen Apparates ab. — Eine kleine Menge Salzauslösung in einem konischen Metallgefäß mit dem Pole einer kräftigen Volta'schen Säule in leitende Verbindung gesetzt, kommt, wenn eine mit dem andern Pole leitend

*) Am leichtesten brechen die Funken hervor, wenn man mit einer, an den Schließungsdraht des einen Poles befestigten feinen Nähnadel oder einem zugespitzten feinen Eisendraht (z. B. von einer Klavierfaite No. 10.), deren Spitze man vorher in einem Kerzenlichte mit Ruß (einem leicht Funken fangenden Körper) sich hat überziehen lassen, etwas stark gegen die Endplatte des andern Poles fährt, oder wenn man die zugespitzten Enden der beiden Schließungsdrähte gleich in dem Lichte selbst, nachdem man sie in diesem geschwärzt hat, gegen einander führt. Durch den hierdurch erzeugten Funken gerathen die Drahtspitzen selbst ins Glühen, die glühenden Eisentheile sprühen nach allen Seiten umher, und vergrößern dadurch den eigentlichen elektrischen Funken, indem sie von diesem wie die Strahlen einer Sonne ausfahren und ihm dadurch die Gestalt einer glühenden Rosette geben. Nach Nobili werden die Funken auch verstärkt, wenn man sich spiralförmig zusammengewundener und etwas langer Polardrähte bedient. Die glänzendsten und lebhaftesten aber entstehen, wenn man die Säule durch Quecksilber entladet, indem man ein damit gefülltes Schälchen mit dem einen Pole leitend verbindet, und der Oberfläche des andern die Spitze des Leitungsdrahtes von dem andern Pole nähert. Am positiven Pole wird der Funke bläulichgrün, und die berührte Stelle des Quecksilbers oxydirt (verbrennt) in der Gestalt eines Sternchens; am negativen Pole erscheint er blau und die Drydstelle kreisförmig.

verbundene Metallkugel in die Flüssigkeit getaucht wird, nach einigen Minuten in's Sieden. — Da (nach §. 46.) Säulen von wenigen Platten, die aber eine große Oberfläche haben, eine unverhältnißmäßig größere Menge von Electricität mit Einem Male erzeugen, als Säulen mit vielen, kleinen Platten, und Körper, durch welche die Electricität fortgeleitet wird, um so heißer werden, je größer die Menge Electricität ist, die sie aufnehmen müssen, und je geringer ihr Umfang (Capacität) im Verhältniß zu der Mächtigkeit des elektrischen Stromes ist, weil hierdurch die elektrische Materie bei ihrer Fortbewegung auf einen sehr kleinen Raum beschränkt (comprimirt) wird, und nicht so schnell entladen werden kann, als sie erzeugt wird (§. 21, 2. 24. 40.): so stellen sich die Feuer-Phänomene an einem galvanischen Apparate um so leichter und um so intensiver dar, je feiner und spitziger die entladenden Metalldrähte sind, und aus je größeren Platten derselbe zusammengesetzt ist. Nach Rieß sind sie das Produkt der Verzögerungskraft des Entladungsdrahtes, dividirt durch seine Wärmecapacität und sein spezifisches Gewicht. Die Größe der Spannung an den Polen hat, wie schon oben hervorgehoben wurde, auf die thermische Wirkung keinen Einfluß. Daher kommt der fast verschwindend feine Platindraht in Wollaston's Fingerhutfeuerzeug selbst durch seine kleine einfache Kette augenblicklich zum Glühen, während die stärkern Silberdrähte daran, zwischen denen er ausgespannt ist, nicht merklich warm werden. (§. 74^o). Daher sind trockene Säulen, bei denen die Entladung wegen des schlechtesten Zwischenleiters äußerst langsam erfolgt (§. 40.), nur unter der (§. 43.) gestellten Bedingung zum Funkengeben und andern chemischen Wirkungen zu bringen. (§. 39.) Durch Children's (§. 42. *) beschriebenen Trog-Apparat, wurden 18 Zolle Platindraht von $\frac{1}{20}$ 3. Dicke schnell weißglühend und schmolzen in wenigen Sekunden tropfenweise ab, obgleich er das Elektroskop wenig zum Divergiren brachte. Mit verhältnißmäßig gleicher Kraft wirken auch die von Grove, Daniell, Wollaston, Berzelius und Andern, für elektromagnetische Versuche erfundenen, einfachen zellenförmigen Apparate. (§. 74.) — An einer ähnlichen einfachen galvanischen Kette beobachtete Faraday zuerst, daß, was bis dahin unbekannt war, sowohl beim Schließen als Deffnen der Kette ein Funke überspringt. Die Kette besteht aus einem doppelten Cylinder von Kupfer

und einem Cylinder von sorgfältig amalgamirtem Zink, welche in ein Glas mit verdünnter Schwefelsäure gestellt werden, so daß die obere Enden aus der Flüssigkeit herausragen. Beide Metalle sind hier mit Vertiefungen oder kleinen Näpfchen versehen, welche mit Quecksilber angefüllt werden. Zur Schließung der Kette dient ein kurzer, an den Spitzen amalgamirter Kupferdraht, der so eingerichtet ist, daß er in die Quecksilberbehälter eintauchen kann. Der Schließungspunkt blüht in dem Momente auf, wo die metallische Verbindung hergestellt — der gewöhnliche Öffnungspunkt, wenn sie wieder aufgehoben wird; und noch sicherer, aber weniger glänzend, zeigt sich derselbe, wenn über dem Quecksilber etwas Wasser sich befindet. Faraday glaubte in diesem Ueberspringen des elektrischen Funkens, noch ehe die metallischen Erreger in Contact mit einander gekommen sind, ein Hauptargument für die chemische Theorie der Volta-Kette zu sehen, abstrahirte aber später selbst von seiner Ansicht und schien geneigt, den bei dem Akte der Schließung seiner Kette wahrgenommenen Funken von der Verbrennung des Quecksilbers herzuleiten, welche in oder gleich nach dem Momente der Schließung statt findet. Prof. Draper (in New-York) konnte selbst in dem Vacuo eines Barometers keinen Funken vor der unmittelbaren Berührung der Metalle erhalten, wenn er durch langsames Heben des mit dem einen Pole einer einfachen Kette verbundenen Quecksilbers in der Röhre bis zu einem in diese eingeschmolzenen Eisendrahte, dessen äußeres Ende zu dem andern Pole der Kette ging, die Schließung der letztern bewirkte, — so oft er auch diesen bequem anzustellenden Versuch wiederholte.

§. 50.

Bewirkung chemischer Proceße durch die Säule. Das
Volta-Elektrometer.

Von den chemischen Wirkungen der galvanischen Säule ist vor Allem die Zerlegung des Wassers und die Verkalkung (Oxydation) der Metalle wichtig. Beide Wirkungen erfolgen durch die galvanische Elektrizität schneller und lebendiger als durch die Reibungs-Elektrizität, und nach §. 46. (wie die chemischen Wirkungen überhaupt) um so energischer, je größer die Menge der dazu verwendeten Elektrizität ist, oder je schneller die Säule bei dem höchsten

Grade ihrer elektrischen Spannung entladen wird; bei einer großplattigen Säule, oder einer einfachen, verhältnißmäßig großen Kette, und bei einem gut leitenden Zwischenkörper daher stärker, als bei einer kleinplattigen und bei einer Säule, deren einzelne Metallpaare durch Nichtleiter oder gar Halbleiter von einander abgefordert sind. Man fülle eine gebogene Glasröhre **AB** (Fig. 9.) von $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser mit destillirtem Wasser, verschließe sie an beiden Enden luftdicht mit Korken, in denen kleine knieförmig gebogene Entbindungsröhren (zum Auffangen der gasförmigen Stoffe) befestigt, und mit Ringen versehene Platin- oder Golddrähte **DE** so tief eingesteckt sind, daß die Spitzen derselben im Innern der Röhre bei **C** in einem Abstände von einigen Linien sich gegenüber stehen, und also nur eine dünne Wasserschicht zwischen sich haben, und hänge darauf die Leitungsdrähte eines galvanischen Apparates in die Ringe der Drähte ein: so wird das Wasser alsbald gasförmig zerlegt werden, und von der Spitze des mit dem positiven Pole verbundenen Drahtes ein ununterbrochener Strom von reinem Sauerstoffgas, von der mit dem negativen Pole verbundenen Drahtspitze ein Strom von reinem Wasserstoffgas aufwärts steigen, der auf jeder Seite durch das eingesezte Entbindungsröhrchen entweicht. Leitet man die Entbindungsröhren unter Wasser, so lassen sich in darüber gestürzten und mit Wasser gefüllten Gläsern die ausströmenden Gase auffangen. Die Untersuchung derselben ergibt, daß beide Gasarten sich ihrer Menge nach gerade in dem Verhältnisse entwickeln, in welchem ihre Grundstoffe im Wasser als Bestandtheile enthalten sind, also ohngefähr in dem von 1 : 2. Werden beide wieder mit einander vermischt, wodurch Knallgas entsteht, und durch einen elektrischen Funken entzündet: so detoniren sie und vereinigen sich wieder zu Wasser, ohne daß ein Rückstand von der einen oder andern Gasart übrig bleibt. Nimmt man zu diesem Versuche die Rheophoren nicht von Gold oder Platin, sondern von leichter oxydirbaren Metallen, z. B. von Kupfer oder Eisen, so entwickelt sich nur an dem des negativen Poles Wasserstoffgas; an dem des positiven Poles hingegen verbindet sich der ausgeschiedene Sauerstoff, statt Gasgestalt anzunehmen, mit dem Drahte, und oxydirt ihn. — Weil bei der Zerlegung des Wassers durch die galvanische Säule der Sauerstoff immer am positiven Pole, und der Wasserstoff am negativen erscheint: so pflegt man jenen auch den Sauer-

stoff= (Drygen=) Pol, und diesen den Wasserstoff= (Hydrogen=) Pol zu nennen *).

Eben so, wie die Intensität eines galvanischen Stromes durch die Länge eines durch ihn glühend gewordenen Drahtes einer bestimmten Gattung gemessen wird, kann dieselbe auch durch die Menge des unter seinem Einflusse aus einer elektrolytischen Flüssigkeit (S. 51.) sich entwickelnden Gases gemessen werden. Man hat hierauf die Einrichtung eines besondern Instrumentes — das unter dem Namen des Volta=Elektrometers bekannt ist — gegründet, welches besonders brauchbar ist, wenn die Summe aller Intensitäten des Stromes, der in einer bestimmten Zeit durch eine Flüssigkeit geht, bestimmt werden soll. Es ist ein galvanischer Wasserzersetzungssapparat im Kleinen, in welchem durch Beimischung von Schwefelsäure leitender gemachtes Wasser (so daß die Mischung das spec. Gewicht 1,326 zeigt) sich befindet. Die Schenkel der Röhre sind graduirt und Platindrähte in dieselben gesenkt, an welchen zuweilen auch Platinplättchen angelöthet sind. Entweder werden beide Gasarten isolirt in zwei Röhren, oder beide zusammen in Einer, oder auch nur eine von ihnen allein aufgefangen. Nach de La Rive besteht das Instrument nur aus einem Glase mit einer aus ihm gehenden nach oben gerichteten Seitenröhre, das mit einem Glasstöpsel fest verschlossen wird, so daß die in ihm enthaltene Flüssigkeit durch das entwickelte Gas in diese gedrängt wird. Mit Rücksicht auf Temperatur und auf den Druck der Höhe, zu welcher sie hier ansteigt, wird dann die gebildete Gasmenge gemessen. Ein einfacheres Prüfungsmittel für die Intensität der galvanischen Action als das Volta=Elektrometer ist in der Gegenwirkung derselben mit dem Magnetismus — in dem magnetischen Galvanometer — gegeben, dessen Erklärung später folgen wird (S. 73. u. 76.). Indessen kann aus diesem immer nur diejenige Stärke derselben erkannt werden, welche sich in einzelnen Momenten

*) Im Kleinen zeigt sich die das Wasser zersetzende Kraft des Galvanismus an einer einfachen Kette, wenn man über eine blanke Silber- oder Kupfermünze in einem Glase Wasser gießt und eine Zinkstange auf das Metall stellt: es wird das Zink unter Zersetzung des Wassers oxydirt, und von dem andern Metalle strömen Wasserstoffgasblasen aufwärts, ohne daß es weiter eine Veränderung in seiner chemischen Constitution (durch Drydation) erleidet.

äußert. Man schließt auf die Stromstärke entweder aus der Größe des Winkels, um welchen eine im Meridian stehende Magnetnadel, unter oder über der der Rheophor hingezogen ist, aus ihrer Richtung abgelenkt wird, oder aus der Anzahl von Schwingungen, die dieselbe in einer bestimmten Zeit vollbringt, während sie über dem Rheophore schwebt.

§. 51.

Fernere desoxydirende Wirkungen der Säule. **Nobil's** Figuren. Elektrolyten. Fonten (Anionen und Kationen). Sekundäre Prozesse. **Davy's** Protektoren.

Wie das Wasser, zerlegt (desoxydirt) der galvanische Strom auch andere Flüssigkeiten und Auflösungen, und dieses um so leichter, je besser leitend diese sind. Wahrscheinlich giebt es keine chemische Verbindung, die derselbe bei hinreichender Stärke nicht zu lösen vermöchte. Als Gesetz hat hierbei die Erfahrung bestätigt, daß sich bei den verschiedenen Scheidungen der abgeschiedene Sauerstoff, die ihm zunächst stehenden Stoffe und Säuren alle Mal nach dem positiven Pole hinziehen, und der Wasserstoff und die Alkalien oder überhaupt die brennbaren (oxydirbaren) Stoffe zu dem negativen oder Silberpole übergeführt werden. Ist z. B. die in der Röhre des Wasserzerlegungsapparates eingeschlossene Flüssigkeit Schwefelsäure: so entwickelt sich der Sauerstoff derselben am + Drahte gasförmig, und am — Drahte setzt sich der Schwefel ab *). Ist sie eine Metallauflösung, so wird das Metall am — Drahte in regulinischer Gestalt ausgeschieden und krystallisirt, und der Sauerstoff des aufgelösten Metalloryd's geht nebst der Säure an den + Draht über. Oft schießt bei dergleichen Niederschlägen das Metall in den schönsten dendritischen Formen (Metallbäumchen) an. — Wie Metallsalze werden auch andre Salze, Alkalien und Erden durch Galvanisiren, nach obigem Gesetze, in ihre Elemente zerlegt, wenn man sie isolirt (z. B. in eine Glasröhre eingeschlossen oder auf einer Glasplatte liegend) und, damit sie für die Durchströmung der Elektrizität leitend genug werden und die Kette schließen können, mäßig mit

*) Milch, in die Röhre gebracht, wird am + Drahte sauer, während sich am — Drahte Milchzucker abscheidet. Blut coagulirt an jenem, wird röther u. s. w.

Wasser verfehrt, zwischen die Enden der Rheophoren bringt. Auf diese Weise machte man die später so fruchtbare Entdeckung, daß die bis dahin jedem Versuche einer Analyse widerstehenden und deshalb für feuerbeständig und einfach gehaltenen Alkalien und Erden besondere metallische Substanzen als Grundstoffe besitzen, und eigentlich Metalloxyde sind. Wird z. B. mit einem Stückchen Pflanzenalkali die Säule geschlossen, so giebt dieses an den + Draht seinen Sauerstoff ab, welcher hier, wenn er zu dem Metalle des Polarrahtes keine Verwandtschaft hat, in Gasform entweicht, oder im andern Falle (wenn der Draht aus einem oxydirbaren Metalle besteht) sich mit ihm zu einem Oxyd verbindet, und die metallische Basis desselben setzt sich in Gestalt kleiner glänzender Metallkugeln als Kaliummetall an der Stelle, wo der — Draht das Alkali berührt, ab. War zufällig ein wenig Quecksilber mit dem Kali in Verbindung, so wird dieses sogleich durch das neu entstandne Metall amalgamirt.

Hat man den einen Rheophor mit einer fein polirten Metallplatte von Gold oder Platin versehen, und richtet das zugespitzte Ende des andern gegen diese: so lagern sich, selbst bei schwacher Wirkung der Säule, die ausgeschiedenen Stoffe an dieser in Form concentrischer Ringe und regelmäßiger Schichten ab, die in ähnlichen Regenbogenfarben spielen, wie Newton's bekannte Farbenkreise, oder die durchsichtigen Häutchen der Seifenblasen, und deren Centrum der Spitze des Rheophors gegenüber sich befindet. Der Entdecker dieser Farbenbilder ist der verstorbene Professor Nobili (zu Reggio), der dieselben in größter Vollkommenheit und Schönheit mittels einer Säule aus 12 □ zölligen Plattenpaaren zeichnete, und dem zu Ehren sie auch den Namen Nobilische Figuren führen. Sie haften so fest auf den Platten, daß sie kaum auf mechanische Art davon zu trennen sind. Am Lebhaftesten und Regelmäßigsten bilden sie sich, wenn die Metallbasis mit dem positiven Drahte verbunden, und am Leichtesten, wenn die leitende Flüssigkeit ein einfaches Metallsalz ist, z. B. essigsaures Blei. Doch gewährt auch eine Lösung von essigsaurem Kupfer mit Salpeter eine schöne Erscheinung dieser Art. Richtet man die Spitzen mehrerer Leitungsdrähte gegen die Metallplatten: so zeigt sich einer jeden gegenüber derselbe Farbenring, und es lassen sich so die zierlichsten symmetrischen Figuren hervorzaubern *).

*) Nach Zechner ist es zur Erzeugung der Nobilischen Figuren hinreichend, wenn die mit dem negativen Pole verbundene und in einer

Die Anziehung der beiden Pole der Säule gegen die ihnen entsprechenden Stoffe wirkt mit solcher Kraft, daß diese selbst dann noch aus ihrer gegenseitigen Verbindung geschieden werden, wenn die Enden der Schließungsdrähte weit von einander abstehen, oder durch irgend ein Zwischenmittel, z. B. eine fremde Flüssigkeitsschicht, von einander getrennt sind. Sie gehen durch dieses hindurch zu ihren verwandten Elektroden, und sammeln sich um diese an, ohne von jenem durch chemische Verwandtschaft bei ihrer Wanderung gestört oder zurückgehalten zu werden. Man nennt alle durch den galvanischen Strom zerlegbare Substanzen (nach Faraday) Elektrolyten (elektrolytische Körper), den Vorgang selbst die Elektrolyse, und die durch diese gewonnenen Elemente Ionen oder Fonten, und zwar die an der positiven Elektrode erscheinenden Anionen (Anionten oder aufsteigende Stoffe, insofern man sich die Säule ihren Zinnpol nach oben kehrend vorstellt), und die an der negativen Elektrode sich entwickelnden Kationen (Kationten oder herabsteigende Stoffe). V. s. Faraday's neue Terminologie der galvanischen Säule in Dove's Repert. Bd. 1. S. 175.

Da bei einer galvanischen Säule der elektrische Strom nicht blos in den Schließungsdrähten, sondern auch in dem Innern der Säule zwischen den einzelnen Gliedern derselben circulirt (S. 39.): so muß auch die zwischen den entgegengesetzten Metallen eingeschlossene leitende Flüssigkeit auf dieselbe Weise in ihre sauren und alkalischen, oder diesen analoge, Bestandtheile zerfällt werden, als wenn mit ihr die Pole der Säule außerhalb geschlossen würden. Ist die Säule von Zink- und Kupferplatten aufgebaut und der flüssige Leiter eine Auflösung von salzsaurem Natrium (Küchensalz) in Wasser: so wird diese zerlegt, und es tritt in dessen Folge der Wasserstoff des Wassers an das Kupfer und entweicht hier gasförmig; eben so auch das Natrium, welches aber in der Flüssigkeit zurückbleibt; der Sauerstoff des Wassers dagegen und die Salzsäure begeben sich zu der Zinkplatte, oxydiren diese und verbinden sich mit dem Zink zu salzsaurem

essigsauren Kupferoxydlösung befindliche Silberplatte einige Minuten hindurch mit einem Zinkstäbchen berührt wird. Pogg. Ann. Bd. 10, S. 392; Bd. 33, S. 537. Schw. Journ. Bd. 54, S. 40; Bd. 55, S. 442.

Zink. Die Oberfläche der Zinkplatten wird hierdurch mit einer Dryrinde überzogen, welche, weil sie die Leitung der Elektrizität erschwert, verursacht, daß die Wirksamkeit der Säule sich vermindert und, einer trocknen Säule gleich, viel langsamer sich ladet und entladet (S. 40.) als im Anfange, wo der Elektrolyt noch unzersezt war, bis zuletzt, wenn alle festen Bestandtheile der Flüssigkeit sich an den Metallen abgesetzt haben, die Säule ihre Thätigkeit ganz einstellt. Besteht bei einer Zinkkupferzelle die elektrolytische Flüssigkeit aus einer Auflösung des gewöhnlichen Kupfervitriols (ein schwefelsaures Kupferoryd): so tritt die Schwefelsäure des Salzes und der Sauerstoff des Wassers zum Zinke, das Kupferoryd dagegen selbst und der Wasserstoff des Wassers zum Kupfer. Der Sauerstoff vereinigt sich mit dem Zinke zu Zinkoryd, und dieses wieder mit der Schwefelsäure zu schwefelsaurem Zinkoryd, während das Kupferoryd an dem Kupfer, indem sein Sauerstoff mit dem hier erscheinenden Wasserstoff sich zu Wasser vereinigt, reducirt und metallisch niedergeschlagen wird. (S. 52. Galvanoplastik.)

Aus den chemischen Wirkungen galvanischer Ketten wird erklärlich, warum Trinkgefäße, die durch andere Metalle zusammengelöthet sind, an den Stellen am Ersten schadhast werden, wo sich die verschiedenen Metalle berühren; warum es nothwendig ist, daß bei Zinkbedachungen die Zinkplatten nicht mit eisernen, sondern mit zinkenen Nägeln befestigt werden; warum Münzen oder Medaillons aus Zinn und Blei mit der Zeit zerstört werden, wenn sie nicht ganz trocken liegen, während die auf reines Blei gegrabenen alten hebräischen Inschriften sich bis auf unsere Zeit erhalten haben und leserlich geblieben sind; warum Quecksilber, wenn es mit andern Metallen verunreinigt ist, an der Luft viel schneller seinen Glanz durch Drydation verliert, als wenn es unvermischt ist; warum die Kupferbeschläge der Schiffe, mit denen diese, um die Zernagung der Planken durch die Bohrmuschel und andere Seewürme zu verhüten, so weit sie im Wasser gehen, versehen sind, dort am Meisten durch Verwitterung leiden, wo sie mit eisernen Nägeln und Niegeln befestigt sind; so wie, daß diese selbst an diesen Stellen am Leichtesten zerfressen werden; und wie hinwiederum die von Davy eingeführten Protektoren oder Bewahrer im Stande sind, die Zerstörung

des Kupferbeschlags der Schiffe durch das salzige Meerwasser abzuhalten. (S. 74.)*

Sehr häufig wird die Beobachtung galvanischer Zersetzungen durch Nebenveränderungen erschwert, die in den Elektrolyten und Fonten durch chemische Verwandtschaften dieser mit den Elektroden und Rheophoren sich einstellen. Man nennt diese indirekten Zersetzungsproduktionen des galvanischen Stromes sekundäre Prozesse, im Gegensatz zu den unmittelbaren Ergebnissen desselben, welche primäre heißen. Ein Beispiel davon liefert die Erscheinung von Kohlenäure und Kohlenoxydgas an der positiven Elektrode, bei der Elektrolyse des Wassers, wenn Kohle zur Schließung der Säule genommen wird; da sonst, wenn mit Platin- oder Golddraht die Schließung bewirkt wird, an der + Elektrode Sauerstoff ausgeschieden worden seyn würde. Der sorgfältigsten Erforschung derselben hat sich Moser (in Dove's Repert. Bd. 1. S. 214. u. f.) hingegeben, und nächst ihm Fischer (in seiner Schrift: „Das Verhältniß der chemischen Verwandtschaft zur galvanischen Electricität.“ Berlin 1830). — Von den merkwürdigen Bewegungen, welche bei der elektrischen Zersetzung flüssiger Leiter zuweilen vorkommen, wird bei einer andern Gelegenheit gesprochen werden. (S. 85.)

*) Diese Protpektoren, auf deren Beschreibung wir später zurückkommen werden (kleine Stüchchen eines positiv gegen das Kupfer sich verhaltenden Metalles, z. B. von Zink, Eisen, Zinn, die an verschiedenen Stellen des Kupferbeschlages angebracht sind), bilden mit diesem einfache galvanische Ketten, durch deren elektrochemische Wirkung das Meerwasser zersetzt wird, wobei der Sauerstoff zu dem Zink geht und dieses zerstört, und dadurch die zerstörende Wirkung desselben von dem negativen Elemente, dem Kupfer, abgewendet wird. — Nach einer durch Hrn. Prof. Munké in Heidelberg verbürgten Nachricht ist die von Davy gemachte Entdeckung ebenfalls im Großen auch auf der Saline zu Dürheim mit gutem Erfolge benutzt worden, um die eisernen Pfannen, worin das Salz gesotten wird, gegen die Zerstörung durch Rost zu schützen. Die Protpektoren, in langen Zinkstreifen bestehend, sind an der Außenseite der 30 F. langen Pfannen angenagelt, und leisten (nach Munké ein sprechender Beweis für die Volta'sche Theorie der galvanischen Kette) ihren Dienst, ohne daß sie mit dem Eisen durch irgend eine Flüssigkeit in Verbindung stehen. Die kalte Soole steht Wochen hindurch in den so geschützten Gefäßen, ohne daß, auch bei mittler Temperatur, der geringste Rost sich an ihnen ansetzt.

§. 52.

Technische Benutzung des Galvanismus bei Metallfällungen. Galvanoplastik (Elektrotypie).

Wenn man den elektrischen Strom eines einfachen galvanischen Apparates, der eine gewöhnliche Zinkkupferkette seyn kann, anhaltend durch eine Auflösung von Kupfervitriol (Schwefelsaures Kupferoryd) streichen läßt, und die bei der Elektrolyse resultirende Fällung des Kupfers lange genug dadurch unterhält, daß man in die Lösung immer wieder so viel Kupfervitriol bringt, als durch die Zersetzung aus ihr verschwunden ist: so schmiegt sich nach und nach das ausgeschiedene regulinische Kupfer so hart und in solcher Dicke an die Kupferplatte (den negativen Theil der Kette) an, daß man zuletzt eine zweite künstliche Kupferplatte, so groß wie jene, erhält, und an der alle auch noch so feinen Erhabenheiten oder Vertiefungen jener Kupferplatte, die gleichsam als Form des metallischen Abgusses diente, mit vollkommener Treue und Schärfe ausgeprägt vorhanden sind. Hiermit ist im Umrisse die für die Technik so viel versprechende Entdeckung bezeichnet, mit welcher der Prof. Jacobi (zu Dorpat) im Jahre 1840 die Wissenschaft beschenkte, und die er in einer besondern Schrift „die Galvanoplastik oder das Verfahren, cohärentes Kupfer in Platten, oder nach sonst gegebenen Formen unmittelbar aus Kupferlösungen auf galvanischem Wege zu produciren (Petersburg, 1840)“ — zur Kenntniß des Publikums brachte. Die Entdeckung hat die allgemeine Theilnahme so in Anspruch genommen, daß seitdem Versuche dieser Art auf das Mannigfaltigste wiederholt worden sind. Eben so mannigfaltig sind auch die Apparate, deren man sich dabei zu Erzeugung eines möglichst constanten elektrischen Stromes und zur Verhütung des Entstehens von Nebenprocessen, welche Störung in die plastische Wirkung desselben bringen können, bedient hat. Am kunstlosesten lassen sich die Versuche an einem, nach Art des von Böttcher im Julihefte der „Annalen der Chemie und Pharmacie von Liebig“ beschriebenen, eingerichteten Apparate wiederholen, dessen Einrichtung hier angegeben werden soll. Der Bequemlichkeit und anderer aus dem Folgenden sich ergebender Gründe wegen richtet man die galvanische Kette nach der von Daniell angegebenen

Verbesserung ein (S. 42. u. 74.), und bedient sich als leitender Flüssigkeit der Kupferauflösung nicht allein zum Schließen der galvanischen Kette, sondern nächst ihr noch einer zweiten, nämlich einer wässrigen Auflösung von Kochsalz, Salmiak oder Schwefelsäure, die, um die Vermischung beider zu verhüten, von jener durch eine poröse Scheidewand isolirt ist. Fig. 10. führt das Wesentlichste des kleinen Apparates selbst vor die Augen. In ein Gefäß **AA** von hinreichender Weite, wozu ein geräumiges Bierglas dienen kann, ist ein an beiden Enden offener Glaszylinder **BB** senkrecht gestellt, dessen untere Öffnung mit Rind'sblase (einem porösen Körper, der die Vermischung der beiden anzuwendenden Flüssigkeiten verhindern soll, ohne den Durchgang des elektrischen Stromes durch diese aufzuhalten) sorgfältig überzogen ist. In seiner Stellung wird der Cylinder entweder durch Stückchen Kork, die man in den Zwischenraum zwischen ihm und dem Glase einklemmt, oder besser dadurch fixirt, daß man ihn in die seiner Weite entsprechende Öffnung eines zu diesem Zwecke in der Mitte durchlöcheren und auf das Glas horizontal gelegten Brettes so tief eindreht, bis er 1 bis 2 Zoll durch dieses nach unten hervorragt. Letzteres ist bis fast an den Rand **aa** mit einer gesättigten filtrirten Kupfervitriollösung gefüllt, in welche (um die Lösung immer von Neuem zu sättigen, wenn durch die galvanische Zersetzung das Kupfer aus ihr geschieden wird) zum Ueberfluß noch eine Quantität gepulverter Kupfervitriol geworfen wurde. Der Cylinder **BB** selbst ist bis **bb** mit einer Auflösung von Kochsalz oder mit sehr verdünnter Schwefelsäure (1 Th. Säure und 25 Th. Wasser) angefüllt. Ein schmaler (ungeglühter) in die Form **c d e f g** gebogener Streifen Kupferblech taucht mit dem einen Ende **c** in die Salzauflösung bis dicht über die Rind'sblase, und mit dem andern Ende **g**, $1\frac{1}{2}$ bis 3 Zoll von der Blase entfernt, in die Kupferauflösung ein. So weit der Streifen in dieser sich befindet, also von **g** bis **a**, ist er, um den Niederschlag des ausgeschiedenen Kupfers an ihn zu vermeiden, mit Siegellack überzogen. Das Ende **g** des Streifens (das vom Siegellack frei bleibt), und eben so das andere Ende **c** desselben ist in einen horizontalen Ring umgebogen. Letzterer ist zur Aufnahme eines Stückes Zink (das das positive Element der Kette ausmacht) bestimmt, und auf den Ring **g** wird die Kupferplatte (der negative Erreger) oder überhaupt der zu behandelnde metallische Gegenstand gelegt.

Bei dieser Anordnung des Apparates wird durch die metallische Verbindung der beiden heterogenen Metalle (des Zinkes und Kupfers) mittelst des kupfernen Streifens der galvanisch-elektrische Strom von dem einen Metalle durch den Kupferbogen zu dem andern, und von diesem wieder durch die beiden Flüssigkeiten zu dem ersten zurück geleitet, und hierdurch, indem die Kupfervitriollösung durch die Elektrizität zerlegt wird, die beabsichtigte Niederschlagung des aufgelösten Kupfers an die Kupferplatte bewirkt. — Man kann diese Wirkung der galvanischen Elektrizität zu den verschiedensten chalographischen und andern ähnlichen Versuchen benutzen, z. B. zum Abcopieren von gravirten Kupferplatten, von Denkmünzen, von Reliefplatten, zum Graviren auf Kupfer u. s. w. Soll z. B. eine Medaille copiert werden, so reinigt man die Seite derselben, die zunächst nachgebildet werden soll, von allem Schmutz, überzieht dann die Rückseite und den Rand mit einem dünnen Firniß oder Wachs, und legt dann die Medaille in die Kupferauflösung auf g. Alle 24 Stunden wird der Kupferstreifen ausgehoben, das Zinkstück gereinigt, oder wenn es aufgezehrt ist, durch ein neues ersetzt, die zerlegte oder durch freie Säure unbrauchbar gewordene Salzlösung erneut und die Kupferauflösung ungerührt. Nach Verlauf von 2 bis 3 Tagen erhält man so, gleichsam im kalten Gusse, eine gravirte Kupferplatte, die das treueste Bild eines Abdruckes von der Münze und dick genug ist, um sich ihrer, wie dieser, als Druckplatte bedienen zu können. Soll die Platte noch stärker werden, so ist es nöthig, sie 6 bis 8 Tage auf obige Weise zu behandeln. Bei so langer Dauer muß zuweilen die Blase, we-mit der Cylinder überzogen ist, durch eine neue ersetzt werden, da sie zuletzt ihre Fähigkeit verliert, die beiden Flüssigkeitsschichten von einander zu isoliren, und es dann leicht geschieht, daß das Zinkstück zu schnell zerfressen, und selbst gefälltes Kupfer auf dasselbe niedergeschlagen wird. Hat die Platte die gewünschte Stärke erlangt, so nimmt man sie aus der Flüssigkeit heraus, und trennt sie vorsichtig von der Mutterplatte mit dem Messer ab, nachdem man vorher die Ränder ringsum abgefeilt hat. Die Platte kann dann weiter dienen, eine dritte von ihr zu erhalten, so daß auf diese Weise eine Menge Copieen von einer einzigen bereitet werden können. Wie Kupferplatten lassen sich auch Platten von andern Metallen (Zink ausgenommen) oder von andern Körpern, welche die Elektrizität zu

leiten vermögen, behandeln. Man fertigt z. B. Reliefkupferplatten, indem man die abzukopirende Platte auf Blei abklatscht, und dieses wie in Spencer's Kette (S. 76.) als negativen Pol benutzt, und das Kupfer darauf sich präcipitiren läßt. Zu diesem Behufe wird ein zuvor mit Aetzkalilösung gereinigtes Bleiblättchen von der Größe der zu vervielfältigenden Platte auf diese gelegt, beides mit stark befeuchteter weicher Pappe umgeben und dann in einen Schraubstock gepreßt, wo dann bei dem Herausnehmen das Blei alles das vertieft darstellen wird, was auf der anliegenden Seite der Platte erhöht ist und umgekehrt. Die Bleiplatte wird hierauf, nachdem die Rückseite derselben mit einer dickern Bleiplatte, die mit Wachs an einigen Stellen daran befestigt wird, belegt worden ist, auf den Ring g des Apparates gebracht, wo sich der Kupferniederschlag, wie gewöhnlich, an ihr absetzt. Statt der Bleiplatte kann auch eine geschmolzene Metalllegirung zum Abklatschen der zu kopirenden Platte angewendet werden. Am besten qualificirt sich dazu das Rose'sche Metallgemisch (dessen sich Orgelbauer zum Löthen der Orgelpfeifen bedienen), welches aus 8 Th. Wismuth, 8 Th. Blei und aus 3 Th. Zinn besteht, und bei $+ 86^{\circ}$ R. schmilzt, oder eine Mischung von 8 Th. Wismuth, 5 Th. Blei und 3 Th. Zinn ist, die schon bei einer Wärme, die noch unter dem Siedpunkt des Wassers steht, nämlich bei $+ 75^{\circ}$ R. schmilzt. Man bringt die eine oder die andere dieser Legirungen in einem blechernen Löffel über der Flamme einer Weingeisillampe zum Flusse, gießt sie in einen trockenen, mit einem 3 Linien hohen Rande versehenen Schachteldeckel, und rührt sie hier mit einem Eisendrahte so lange zusammen, bis die Oberfläche derselben möglichst blasen- und oxydfrei wird und eine erkaltete breiartige Masse darstellt, auf welche nun die vorher erwärmte abzukopirende Platte gelegt und mittelst eines Stempels so lange fest eingedrückt wird, bis die Mischung erkaltet ist. — Man sieht aus allem diesem leicht ein, wie auch Stempel, Reliefs und Verzierungen von Gyps, Holz und von andern Stoffen, welche für Nichtleiter der Elektrizität gelten, auf Kupfer gravirt dargestellt werden können, wenn man nur diese Körper an ihrer Oberfläche mit einem die Elektrizität leitenden Stoffe, z. B. mit Blattgold oder Graphit überzieht, und sie dann so in die Kupfervitriol-Lösung des Apparates bringt, daß der Kupferstreifen mit dem metallischen Ueberzuge in leitender Verbin-

ding ist *) — Wenn man auf die Kupferplatte, auf welche ein Niederschlag von Kupfer beabsichtigt wird, vorher eine schwache Auflösung von Salpetersäure wirken läßt: so setzt sich das in der Flüssigkeit ausgeschiedene Kupfer so innig an dieselbe an, daß es nicht mehr von demselben auf mechanische Weise abgelöst werden kann. Hierauf gründet sich das Verfahren, mittelst der Electricität auf Kupfer erhaben zu graviren. Die zu behandelnde Kupferplatte wird zu diesem Ende mit einer dünnen Lage Wachs überzogen, in diese irgend eine Zeichnung oder Schrift einradirt, die Platte hierauf in verdünnte Salpetersäure (1 Th. auf 3 Th. Wasser) so lange eingetaucht, bis die durch das Radiren sichtbar gewordenen Kupferstellen einen grünlichen Anflug zeigen. Man bringt sodann die Platte auf die bekannte Art in die Kupferlösung, wo sich das Kupfer in die radirten Stellen einlegt und nach Beendigung des Processes eine erhaben radirte Platte erhalten wird, die, wenn der Wachsüberzug durch Erwärmen entfernt und etwaige Rauigkeiten durch Schleifen ausgeglichen worden sind, wie eine gewöhnliche Kupferplatte zum Drucken gebraucht werden kann. Von Baumgartner sind selbst Versuche gemacht worden, die Zeichnung eines Kupferstiches auf eine Kupferplatte überzutragen.

Auf denselben Principien beruht eine bequeme Methode, Silber, Messing, Stahl u. s. w. eben so schnell als wohlfeil durch den elektrischen Strom zu vergolden, Kupfer und Messing zu versilbern u. s. w. Es kann hierzu derselbe Apparat benutzt werden. Da sich aber ein oft wiederholtes Herausnehmen des zu überziehenden Metalles nöthig macht, und jener hierzu nicht Bequemlichkeit genug bietet, so giebt man ihm besser eine Einrichtung, wie Fig. 11. zeigt. **DE** ist ein rundes, 1 Zoll dickes Brett, welches als Unterlage dient, und worinnen zwei, etwa 3''' weite und $\frac{1}{2}$ '' tiefe Löcher sich befinden, das eine **h** in der Mitte, das andere

*) Gegenstände, auf denen der Graphitüberzug nicht haftet, rath **Spencer** statt dessen mit einer Auflösung von salpetersaurem Silber zu befeuchten, und sie in einer Glasglocke über einer Schale aufzuhängen, in der sich eine Auflösung von Phosphor in Aether oder Terpenthin befindet. Wird die Schale in warmen Sand gesetzt, so steigen Dämpfe von der Flüssigkeit auf, welche das Silbersalz reduciren, so daß sich in wenigen Minuten eine Lage metallisches Silber niederschlägt, auf welche sich dann bei der galvanischen Action das Kupfer eben so gut absetzt, wie auf reines Kupfer.

i an der Seite des Brettes. Beide Löcher sind mit Quecksilber angefüllt und stehen durch einen schmalen Kupferstreifen **d** in leitender Verbindung. Das auf dem Brette stehende Gefäß **AA** ist in der Mitte seines Bodens durchbohrt, und in die Oeffnung mittelst Siegellacks ein Kupferstift befestigt, dessen nach oben in das Gefäß reichender Theil **e** ringförmig umbogen ist, um ein Stück Zink (am besten amalgamirtes S. 37.) darauf legen zu können, dessen nach unten gerichtete Spitze aber in die mit Quecksilber gefüllte Grube **h** eintaucht. Der innere Glaszylinder **BB** ist, wie im oben beschriebenen Apparate, unten mit thierischer Blase dicht verschlossen. Ein steifer Kupferstreifen **e**, um dessen oberes Ende ein dünner Platindraht **f g** durch Umwicklung befestigt ist, ist mit seinem untern Ende in die Quecksilbergrube **i** eingetaucht. Soll nun ein Gegenstand vergoldet werden, so legt man zunächst auf den Draht **g** das Stück Zink, welches den positiven Erreger der Kette abgiebt, füllt den äußern Cylinder **AA** bis **aa** mit verdünnter Schwefelsäure voll, befestigt sodann auf irgend eine Art den Glaszylinder **BB**, und bringt in diesen eine verdünnte Auflösung von Chlorgold (1 Th. Chlorgold auf 160 Th. destillirtes Wasser). Hierauf verbindet man den zu vergoldenden silbernen Körper durch Umschlingung mit dem Ende **g** des Platindrahtes *), und senkt ihn in die Chlorgoldauflösung, während man zugleich das untere Ende des Kupferstreifens **e** in das Quecksilber bei **i** eintaucht. Die Kette ist sodann geschlossen, indem das Zink durch **e h d i e f g** mit dem silbernen Gegenstande (dem negativen Gliede der Kette) in metallischer Verbindung ist. Der elektrische Strom entladet sich durch den flüssigen Leiter, wodurch dieser zersetzt und das Gold in äußerst feinen Schichten an das Silber abgelagert wird. Nach höchstens einer Minute nimmt man das zu vergoldende Silberstück heraus, spült es mit Wasser ab, trocknet es schnell mit feiner Leinwand unter starkem Reiben, taucht es von Neuem in die Goldlösung, nimmt es nach Ablauf einer Minute wieder heraus, verfährt auf dieselbe Weise damit, und wiederholt dieses

*) Da es bei dem Vergolden auf eine recht innige Verbindung des Goldniederschlags mit dem zu vergoldenden Körper ankommt: so ist es nöthig, daß dieser vorher möglichst rein gescheuert wird. Für die Erzeugung grauvirter Kupferplatten gilt gerade das Gegentheil; hier würde ein zu festes Verwachsen des Metallniederschlags mit dem Kupfer die Abtrennung derselben von der Mutterplatte erschweren.

Verfahren 4, 5 bis 6 Mal. Auf diese Art lassen sich silberne Theelöffel in der kürzesten Zeit auf elektrischem Wege dauerhaft vergolden. Eben so verfährt man, wenn Kupfer durch Chlorplatinlösung verplatinirt werden soll. Soll Kupfer oder Messing versilbert werden, so füllt man den Glaszylinder mit einer Lösung von salpetersaurem Silberoxydammoniak mit etwas vorwaltendem Ammoniak (3 Al. salpeterf. Silber und 4 Loth Liq. ammon. caustic.). Außerdem wird wie bei dem Vergolden verfahren, nur mit dem Unterschiede, daß man den zu versilbernden Gegenstand nicht 1 Minute, sondern nie länger als 1 Sekunde eintaucht. — Gediegene Aufsätze, die Entdeckung Jakob's betreffend, finden sich in dem „Archiv der Pharmacie von Brandes und Wackenroder“ Bd. 25. Heft 2. S. 152 u. f. und in den „Verhandlungen des niederösterreichischen Gewerbevereins“ vom Jahre 1840, Heft 2. Ausführlicher verbreitet sich darüber Dr. Netto's populäre „Anweisung zur Galvanoplastik oder Kunst, auf kaltem Wege aus Kupferauflösungen festes metallisches Kupfer, in Platten oder Formen, zu Copieen, Formen, Stereotypen, Facsimile's u. s. w. anzuwenden. Nach Spencer, Jakob und v. Kobell. Leipz. 1840. gr. 8.“

§. 53.

Magnetische Wirkungen der galvanischen Säule.
Elektro-Magnetismus.

Eben so mannigfaltig und intensiv wie die chemischen sind auch die magnetischen Wirkungen Volta'scher Apparate. Die Entdeckung dieser elektrischen Phänomene, deren Darstellung der folgende Abschnitt (II) gewidmet ist, gehört dem Jahre 1820 an, wo zuerst Dersted, Professor der Chemie zu Copenhagen, die Aufmerksamkeit der Physiker auf sie lenkte, und dadurch zum Schöpfer eines neuen besondern Theiles der Electricitätslehre, der des Elektro-Magnetismus, wurde, der an Wichtigkeit der großen Entdeckung Galvani's selbst nicht nachsteht, und dessen Wahrheiten hoffen lassen, daß es endlich gelingen werde, den Schleier des Isisbildes zu lüften und tiefer in den eigenthümlichen Zusammenhang zwischen den Erscheinungen des Magnetismus und der Electricität einzudringen, als bis jetzt dem menschlichen Forschungsgeiste vergönnt war.

B. Magnetismus.

§. 54.

Begriff des Magnetismus. (Magnetische Felsen).

In die Klasse der Eisenerze gehört ein Stein, der bei einem starken Gehalte an Eisen vor den übrigen durch manche, gleich näher zu beschreibende Eigenthümlichkeiten, unter andern auch durch die Eigenschaft sich auszeichnet, daß er (regulinisches) Eisen und andere Körper, welche entweder von Natur metallisches Eisen enthalten, z. B. Bolus, Tripel, Blutstein, Wasserblei, oder durch Bearbeitung mit eisernen Werkzeugen eisenhaltig geworden sind, z. B. gefeiltes oder gehämmertes Zinn, Messing u. s. w. — aus der Ferne anzieht und mit mehr oder weniger Kraft an sich festhält. Man nennt diesen Stein magnetischen Eisenstein oder einen natürlichen Magnet *), und die Erscheinungen, welche er darbietet, magnetische.

*) Nach dem Griechischen *μαγνήτης*, weil in der Nähe der Stadt Magnesia in Kleinasien der Stein zuerst gefunden und seine anziehende Kraft gegen das Eisen beobachtet wurde. — Durch neuere Erfahrungen hat sich erwiesen, daß außer dem Eisen auch Nickel und Kobaltmetall von dem Magnetstein angezogen werden; daß aber diese, so wie das Eisen selbst, diese Eigenschaft verlieren, wenn sie mit Arsenik verunreinigt sind. Auch durch Rost zerstörtes (oxydirtes) oder bis zum Roth- und Weißglühen erhitztes Eisen wird von dem Magnet nicht angezogen. Doch hat Brugmanns gefunden, daß in Säuren völlig aufgelöstes Eisen und Eisenvitriol (ein eisenhaltiges Mittelsalz) noch angezogen wird, und einige Tropfen von jenem oder einige Körner von diesem, auf einem Blättchen Papier schwimmend, gegen einen entgegen gehaltenen Magnet sich vorwärts bewegen. — Die magnetischen Wirkungen, welche größere Felsenmassen, z. B. einige Granitfelsen auf dem Harze (die beiden Schnarcher), der Eisenstein bei Eisenburg, einige Serpenthin-Felsen im Baireuthischen, und mehrere bergige Meeresküsten (diese durch die den Seefahrern schon oft gefährlich gewesene Abziehung der Magnetnadel aus ihrer Richtung) äußern, haben höchst wahrscheinlich ebenfalls ihren Grund in der Beimischung von gewöhnlichem Magnetisenstein. — Coulomb zeigte durch sehr feine Versuche, daß nicht allein die genannten drei Metalle, sondern auch andere irdische Stoffe, sowohl organischer als unorganischer Na-

Den Inbegriff aller magnetischen Erscheinungen bezeichnet man durch den Ausdruck Magnetismus, die Eigenschaften des Magnetsteins selbst aber durch die Benennung Magneticität. Als Ursache der letztern nahm man sonst eine eigene flüssige Materie an, die man magnetische Materie oder Magnetstoff nannte.

§. 55.

Polarität des Magnets. Magnetometer. Anomalische Magnete.

Die anziehende Kraft eines Magnetes wirkt nicht an allen Punkten seiner Oberfläche mit gleicher Stärke, sondern an zwei einander gegenüber liegenden Stellen stärker als an den andern. Diese Stellen der stärksten Anziehung heißen seine Pole. Von diesen nach der Mitte hin nimmt die Anziehungskraft immer mehr ab, so daß er gleichsam in zwei Hälften wirkt, die in einer rund um den Stein laufenden Linie zusammenstoßen, wo die Anziehung ganz unmerklich ist, oder magnetische Indifferenz (= 0 M) herrscht. Eine gerade Linie, durch beide Pole gezogen, heißt die Achse des Magnets. Bringt man den Magnet in eine Lage, wo er sich frei drehen kann, hängt man ihn z. B. an einem (ungedrehten) Faden auf, oder läßt man ihn auf Quecksilber oder mit einer Unterlage von Holz auf Wasser schwimmen: so dreht er sich stets so, daß der eine

tur, in schwachem Grade von dem Magnete afficirt werden und, wenigstens vorübergehend, magnetische Polarität annehmen. (§. 65.) Nach ihm wird eine kleine, aus Glas, Holz, Knochen oder Metall geschnittene Nadel, die an einem ungedrehten Seidensfaden zwischen die entgegen gesetzten Pole zweier starker Magnete aufgehängt wird, durch Mittheilung magnetisch: sie behält unveränderlich ihre Richtung zwischen den beiden Polen der Magnete bei, und ihre Schwingungen werden außerdem beschleunigt, sobald man ihnen einen Magnet nahe bringt. Allein durch andere Gegenversuche fand er, daß eine äußerst geringe Beimischung von Eisen denselben Erfolg liefere, und daß sich daher nicht genau unterscheiden lasse, ob nicht bei den obigen Versuchen der Erfolg durch eine solche Beimischung bedingt werde. Biot a. a. D. Bd. 3, S. 260. Gilb. Annal. Bd. 12. S. 194. Faraday's Entdeckung der inducirten Ströme hat indessen wieder neuerdings bestätigt, daß der Magnet auch auf Stoffe wirkt, die gewöhnlich unmagnetisch genannt werden. (§. 92. 101.)

seiner Pole (fast, S. 68.) nach Norden, der andere nach Süden gerichtet ist, und also seine Achse mit der Mittagslinie des Ortes zusammenfällt. Man nennt jenen den Nordpol, diesen den Südpol, und die Erscheinung selbst die Polarität des Magnetes. Zur Erleichterung im Ausdrucke bezeichnet man auch wohl die Magnetizität des erstern durch $+M$, die des letztern durch $-M$. Eine senkrechte Ebene durch die Richtung des Magnetes heißt der magnetische Meridian, eine Verlängerung der magnetischen Achse die magnetische Mittagslinie, und eine diese in der Mitte unter rechten Winkeln durchschneidende Ebene der magnetische Aequator. Die Kreislinie $ANBS$ (Fig. 12.) stelle die Erde vor, und SN ihre beiden Pole, so ist die Linie SN , weil sie von einem Pole zu dem andern geht, ein Meridian derselben. Deutet nun DE die Richtung der magnetischen Achse an, welche (nach Obigem) etwas außerhalb des Erd-Meridians fällt: so ist sn als gedachte Verlängerung derselben der magnetische Meridian, und die Linie ab , welche durch dessen Mitte c rechtwinklig geht, der magnetische Aequator. — Wird der Magnet auf irgend eine Weise aus seiner Richtung geschoben, so schwankt (*traversirt*) er, einem Pendel gleich, eine Zeit lang hin und her, und kommt zuletzt wieder in seiner Richtung zur Ruhe, wobei seine Schwingungen (*Traversirungen*) um so schneller erfolgen, je stärker die magnetische Kraft in ihm ist, und je stärker die, an den verschiedenen Orten der Erde verschiedene, Kraft des Erdmagnetismus auf ihn einwirkt (S. 63.); eben so wie auch ein Pendel um so rascher schwingt, je stärker die Schwerkraft der Erde auf dasselbe wirkt. Nach der Schnelligkeit des Traversirens einer Magnetnadel, d. h. aus der Kraft, mit welcher diese in die Lage ihrer Ruhe zurückzukehren strebt, kann daher, wenn die Stärke der ihr durch Magnetisirung ertheilten Magnetizität bekannt ist, die Intensität des Erdmagnetismus gemessen werden; ebenso wie man, nach den Schwingungen eines Pendels von bestimmter Länge, die Größe der Schwerkraft an jedem Orte der Erde durch Rechnung bestimmen kann — und umgekehrt die Intensität eines Magnetes, wenn die Stärke des Erdmagnetismus an einem Orte bekannt ist. Man hat hierauf die Einrichtung von Magnetometern gegründet, die aber, weil der Magnetismus der Magnetnadeln nicht constant ist, sondern, wie wir später sehen werden, bei Temperatur-Verände-

rungen (S. 58.) *), unter der Gegenwirkung des Lichtes (S. 112.), und (nach Hansteens Beobachtungen) in der Nähe aller senkrecht auf der Erde stehenden Körper (S. 65.), oder überhaupt nicht magnetischer Stoffe, z. B. des Kupfers (S. 100.), in der Stärke seiner Ausföhrungen verändert wird, nicht die gewünschte Zuverlässigkeit gewähren, oder wenigstens häufigen und mühsamen Correktionen unterworfen werden müssen. Hansteen in P's. Ann. 1825. St. 3. u. 4.

Wird ein Magnet nach der Linie seiner Indifferenz in zwei Stücke getrennt, so erhält man zwei vollständige Magnete, von denen jeder wieder in zwei Pole sich abtheilt. (S. 64.) Magnete mit nur Einem Pole giebt es nicht, wohl aber unregelmäßig gestaltete mit drei, vier und mehr Polen. Diese heißen zusammengesetzte oder anomalische, und bestehen aus mehreren einzeln Magneten, die in einander gewachsen sind. Die dreipoligen haben gewöhnlich zwei gleichnamige Pole an zwei entgegengesetzten Enden, und einen ungleichnamigen in der Mitte, und stellen sich niemals in den magnetischen Meridian.

§. 56.

Stärke der Magnete.

Die Stärke eines Magnetes wird nach der Last geschätzt, die er durch Anziehung fest zu halten oder zu tragen im Stande ist. Je mehr diese das absolute Gewicht desselben übersteigt, für desto stärker gilt er. Die Tragkraft steht aber weder mit der Gestalt noch mit der Größe des Magnets in Relation — und ein kleiner Magnet trägt oft mehr, als ein großer. Ein nur wenige Gran wiegender Magnet zieht nicht selten das Fünfzigfache seines Gewichtes, während ein mehrere Pfund schwerer oft nur 6 bis 8 Pfund zieht. Cavallo gedenkt eines Magnetes, der 7 Gran wog und 300 Gran trug, und Newton soll einen 3 Gran schweren Magnet gehabt haben, der 746 Gran zog. Starke Magnete finden sich gewöhnlich nur am Ausgange der magnetischen Eisensteinlager oder, nach der Sprache der Bergleute, am Tage, was auf einen Conner des Magnetismus mit der atmosphärischen Luft oder mit der Electricität derselben hinzu-

*) Nach Kupffer, Prof. zu Kasan, dauern 300 Schwingungen einer Magnetnadel bei jeder Temperatur-Erhöhung von $+ 1^{\circ}$ R. eine halbe Sekunde länger.

deuten scheint. — In der Regel haben beide Pole gleiche Ziehkraft; doch soll auf der nördlichen Erd-Hemisphäre der Nordpol, auf der südlichen der Südpol etwas vorherrschen. (§. 94.)

§. 57.

Bewaffnung der Magnete.

Durch eine gewisse Behandlung, die man die Armirung oder Bewaffnung des Magnetes nennt, wird die Anziehungskraft desselben außerordentlich verstärkt. Man macht nämlich die Polstellen durch Schleifen eben, belegt sie mit dünnen Eisenplatten, die sich nach unten in zwei starke Eisensüße endigen, und befestigt die ganze Belegung, die Armatur oder der Panzer genannt, durch eine Kappe von Messing oder Leder. Verbindet man die beiden Füße eines so bewaffneten (armirten) Magnetes, von denen der eine an dem Nordpol liegende zum Nordpol, und der andere an dem Südpol liegende zum Südpol geworden ist, durch einen Stab von weichem Eisen, welcher der Anker (die Backe) heißt, mit einander: so zieht der Magnet, weil die ohne Armirung in einer größern Fläche wirkenden Kräfte der beiden Pole auf zwei kleine Stellen, die Füße, sich concentriren, oft eine in den Anker eingehängte Last, welche das absolute Gewicht des Magnets sehr weit übertrifft. — Ein Pol allein, den man auf Eisen wirken läßt, trägt nur halb so viel, als beide.

Der größte bekannte armirte Magnet wird im Taylorschen Museum aufbewahrt. Er wiegt mit der Armatur 307 Pfund und zieht 230 Pfund.

§. 58.

Veränderungen der magnetischen Ziehkraft. **Coulomb's** Magnetometer.

Durch Uebung und durch allmähliche Vermehrung der angehängten Last wird die Tragkraft eines Magnetes vermehrt, durch Mangel an Beschäftigung und durch Verkleinerung der von ihm tragbaren Last vermindert. Letzteres ist auch der Fall, wenn der Anker mit der Last oft von ihm abgerissen, oder der Magnet selbst durch Fallen oder Stoßen stark erschüttert wird. Rosten (Oxydation) und Erwärmung setzen ebenfalls seine Ziehkraft herunter; durch

Abkühlung wird ihr aufgeholfen. Durch Weißglühhitze wird sie ganz und für immer vernichtet; eben so auch durch Pulverföhen, oder wenn man den Funken einer Leidner Flasche in der Richtung seiner Achse durch ihn schlagen läßt (S. 21, 4.), oder der Strahl eines Blitzes ihn in dieser Richtung trifft. (S. 24. u. 89.) Zuweilen werden durch den Blitzstrahl seine Pole nur umgekehrt. (S. 24. 67.) In seiner Ruhelinie aufgehängt, nimmt seine Ziehkraft zu; in jeder andern Stellung, z. B. mit dem Südpol nach Norden gekehrt, nimmt sie ab. Ueber einer großen Masse Eisen, z. B. über einem Amboss, trägt er mehr, als über jedem andern Körper, z. B. über einem Tische von Holz, was sich aus der magnetischen Vertheilung erklären läßt. (S. 62.) Daher kann man mit ihm von einem Amboss ein schweres Stück Eisen aufheben, das er auf einem hölzernen Tische liegen läßt. Wird der Amboss weggenommen, so fällt das aufgezoogene Eisen wieder ab. Auch trägt aus gleichem Grunde ein Magnet eine größere Last, wenn diese aus Eisen allein besteht. In beiden Fällen wirken die durch den Magnet zersetzten Magnetisitäten des Eisens auf ihn selbst zurück, indem sie die Absonderung der beiden entgegengesetzten Polaritäten in seinen Theilen befördern. (S. 71.)

— Zur Messung der Veränderungen in der Kraft eines Magnetes dient das von Saussure erfundene Magnetometer; welches aus einer (gegen Störung des Luftzugs in ein Glasgehäuse eingeschlossenen), um ihren Aufhängepunkt sehr leicht beweglichen nicht magnetischen Pendelstange besteht, die an ihrem untern Ende eine kleine eiserne Kugel trägt, und von ihrem Aufhängepunkte an aufwärts in einen dünnen steifen Draht (den Zeiger) endigt, der 5 Mal so lang als das Pendel selbst ist, und mit seiner Spitze auf einen Gradbogen weist. Nähert man der eisernen Kugel einen Magnet, so wird das Pendel aus seiner Lage der Ruhe abgezogen, und der Zeiger mißt durch die Zahl der Grade, über die er sich seitwärts hinaus bewegt, die Kraft der Anziehung des genäherten Magnetes in vergrößertem Verhältnisse.

§. 59.

Permeabilität der Körper für den Magnetismus.

Die magnetische Kraft wird durch keinen Körper aufgehalten oder isolirt (S. 4.), sondern wirkt durch alle frei hindurch,

ohne in ihrer Wirksamkeit geschwächt zu werden. Eine Nähnadel, die auf einer Glastafel liegt, folgt daher den Bewegungen eines unter dieser hin und her geschobenen Magnetes überall nach. Nur, wenn Eisen oder ein anderer der magnetischen Anziehung fähiger Körper, zwischen dem Magnete und dem Eisen sich befindet, wird die Wirkung des erstern modificirt. Ein eisernes Lineal, so zwischen einen Magnet und eine Magnetnadel, oder zwischen die Pole zweier frei beweglichen Magnetnadeln gestellt, daß die Magnete die breiten Flächen desselben fast unmittelbar berühren, setzt die Anziehung zwischen diesen bis auf 0 herunter; flach, seiner Länge oder Breite nach, zwischen beide gelegt, wo die Kanten desselben den Magneten zugewendet sind, erhöht es dagegen die Wirkung derselben auf einander noch über ihren gewöhnlichen Wirkungskreis hinaus (S. 60.), wie die Unterlage von einer großen Masse Eisen die Ziehkraft eines darüber beschäftigten einzelnen Magnetes. (S. 58.)

§. 60.

Gesetz der magnetischen Anziehung und Abstoßung.
Der magnetische Wirkungskreis.

Zwei frei bewegliche Magnete, die man einander nähert, ziehen sich nur dann einander an, wenn ihre ungleichnamigen Pole einander zugekehrt werden; und diese Anziehung ist viel heftiger, als zwischen einem Magnete und unmagnetischem Eisen. Richtet man die gleichnamigen Pole einander zu, so stoßen sie sich ab: $+M$ wird von $-M$, und $-M$ von $+M$ angezogen; $+M$ von $+M$ dagegen und $-M$ von $-M$ abgestoßen. Es gründen sich hierauf mancherlei magnetische Spielereien, z. B. der magnetische Fisch, der Wahrsager u. s. w. Man nennt die sich anziehenden ungleichnamigen Pole der beiden Magnete freundschaftliche, die sich abstoßenden gleichnamigen aber feindschaftliche Pole. — Nach diesem Gesetze läßt sich ermitteln, ob ein Stück Eisen magnetisch ist oder nicht; ist es ersteres, so wird es, weil sich der Magnetismus eines Körpers durch Polarität äußert (S. 55.), von dem einen Pole eines ihm entgegen gehaltenen Magnetes angezogen, von dem andern dagegen abgestoßen; ist es nicht magnetisch, so wirkt ein Pol so gut wie der andere auf dasselbe anziehend. Auf ähnliche Weise ist zu finden, wo an einem unbekanntem Magnete der Nordpol oder Süd-

pol liegt. Eine gute Magnetnadel leistet für solche Fälle dieselben Dienste, wie das Elektrometer zur Erforschung elektrischer Zustände. (§. 12.) — Ist von zwei Magneten der eine viel stärker als der andere, so stoßen sich die gleichnamigen Pole einander nicht mehr ab, sondern bleiben einander gegenüber entweder ruhig schweben, oder ziehen sich selbst gegenseitig an, indem der Magnetismus des Stärkern den des Schwächern durch Vertheilung aufhebt, oder die Pole desselben umkehrt. (§. 62.) Ein ähnliches Verhältniß markirt sich auch bei der elektrischen Anziehung. (§. 8.) — Der Abstand, in welchem ein Magnet auf einen andern Anziehung oder Abstoßung äußert oder überhaupt ein Magnet auf Eisen wirkt, heißt der magnetische Wirkungskreis.

§. 61.

Abnahme der magnetischen Kraft mit der Entfernung.

Die Wirksamkeit eines Magnetes äußert sich in der unmittelbaren Berührung am stärksten. Mit der Entfernung verringert sie sich, und zwar nicht im einfachen Verhältnisse, sondern, nach entscheidenden Versuchen Coulomb's an der magnetischen Drehwage, im umgekehrten Verhältnisse mit dem Quadrate der Entfernung. Außerdem steht die Entfernung, in welcher ein Magnet anzieht oder abstößt, oder der magnetische Wirkungskreis mit seiner Tragkraft im geraden Verhältnisse. Zwei Magnete wirken (mit ihren freundschaftlichen Polen) aus größerer Entfernung auf einander, als ein Magnet auf gewöhnliches unpartheiliches Eisen. — Versuche, die Größe der anziehenden Kraft eines Magnetes für jede Entfernung durch Zulegung von Gewichten in die Schale einer Wage zu bestimmen, an deren andern Arm der Magnet befestigt ist, und auf welchen man von unten her ein Stück Eisen aus verschiedenen Entfernungen wirken läßt — sind zwar leicht ausführbar, geben aber nur approximative Belege zu obigem Gesetze. Gren, neues Journ. d. Ph., Bd. 2, S. 298. Annal. d. Ph., Bd. 44, S. 374.

§. 62.

Gesetz der magnetischen Vertheilung.

Bei der magnetischen Anziehung finden wir eine Art Vertheilung, der der elektrischen ähnlich, wieder. Wie ein in den Wirkungs-

kreis eines elektrisirten Körpers gebrachter Leiter durch Vertheilung seines natürlichen $\pm E$ elektrisch wird, und durch Anziehung des Ungleichartigen an seinem vordern Ende die entgegengesetzte, an seinem abgewendeten Ende dagegen durch Abstosung des Gleichartigen die gleichnamige Electricität des elektrischen Körpers annimmt (S. 14.): so wird auch in dem Eisen, wenn es dem Magnete genähert wird, durch die Einwirkung des letztern das natürliche Gleichgewicht des in ihm in gebundenem Zustande vorhanden gedachten Magnetstoffs, den man sich wieder aus einem $+ M$ und $- M$ zusammengesetzt denkt (S. 71.), gestört, und durch Zerlegung desselben in seine ungleichartigen Elemente magnetische Polarität in ihm hervorgerufen. Ist es z. B. der $+ Pol$ eines Magnets, in dessen Wirkungskreise ein Eisenstab schwebt, so wird nicht eigentlich der Eisenstab, sondern das $- M$ des Stabes von dem $+ M$ des Magnetes angezogen, und dieser erhält daher an seinem vordern Ende die ungleichnamige (freundschaftliche) Magneticität des Magnetes; das $+ M$ des Stabes wird hingegen an das abgekehrte Ende zurückgedrängt und dieses nimmt daher die gleichnamige (feindliche) Magneticität des Magnetes an. Wenn der Eisenstab aus der Atmosphäre des Magnetes entfernt wird, so vereinigen sich das $+ M$ und $- M$ desselben wieder zu o oder $\pm M$, und er zeigt daher keine magnetische Polarität weiter. — Aber nicht allein die magnetische Anziehung, sondern auch die Mittheilung des Magnetismus beim Magnetisiren eines Eisens, und andere magnetische Erscheinungen finden in einer solchen Vertheilung der zur Indifferenz verbundenen entgegengesetzten Magnetismen eine geschmeidige Erklärung.

§. 63.

Magnetismus der Erde.

Die bestimmte Richtung, welche jeder schwebende Magnet an jedem Orte der Erde einschlägt, und in welche er, wird er daraus durch irgend eine Gewalt entfernt, stets wieder zurückkehrt (S. 55.), erlaubt mit vieler Wahrscheinlichkeit zu schließen, daß unsere Erdkugel selbst im Großen ein Magnet, mit veränderlicher Polarität, ist, dessen Nordpol oder $+ M$ in der südlichen und dessen Südpol oder $- M$ in der nördlichen Halbkugel liegt. Indem das $- M$ der Erde das $+ M$ der kleinern Magnete auf ihr anzieht, erhalten diese ihre

Direktion mit dem + Pol nach Norden und mit dem — Pol nach Süden. Man bezeichnet den Magnetismus der Erde durch den Namen: Tellurischer oder Erd-Magnetismus. Außer der eigenthümlichen Richtung der Magnete auf der Erde bestätigt sich das Daseyn desselben, und die Veränderlichkeit seiner Elemente durch das Magnetischwerden von Eisenstangen und andern Körpern, die lange vertikal oder in der Richtung des magnetischen Meridians auf der Erde gestanden haben (S. 65.), durch die Zunahme der magnetischen Kraft mit der Annäherung an die Pole der Erde (S. 55.), durch die Veränderlichkeit ihrer Intensität nach den Tages- und Jahreszeiten, welche wir an den periodischen Veränderungen in der Neigung und Abweichung der Magnetnadel beobachten u. s. w. Nach dem Ergebnisse zuverlässiger Beobachtungen ist die Intensität des Erdmagnetismus an den Polen der Erde selbst am größten und nimmt von da an gegen den Aequator ab. Humboldt und Hansteen fanden die Kraft desselben in Paris zu der unter dem Aequator wie 135 : 100. A. v. Humboldt und Biot über die Variationen, des Magnetismus der Erde in verschiedenen Breiten, in Gilb. Ann. 1805. S. 7. Steinhäuser, ebendas. 1820, St. 7. Mollweide, ebendas. 1808, St. 5 und 7. In den bis jetzt erstiegenen Höhen über der Erdoberfläche wurde dagegen eine Abnahme der Kraft nicht entdeckt. Gay-Lussac und Biot fanden sie in einem Luftballon, mit welchem sie 3629 Klaftern über der Erde schwebten, noch ebenso intensiv wie unten an dem Abfahrtsorte. In Hinsicht der Veränderlichkeit des Erdmagnetismus nach Tages- und Jahreszeit ergab sich Hansteen (in Christiania) ein tägliches Minimum zwischen 10 und 11 Uhr des Vormittags, ein Maximum zwischen 3 und 4 Uhr des Nachmittags; das jährliche Minimum im Sommer —, das Maximum im Winter-Solstitium. Christopher Hansteen, Untersuchungen über d. Magn. der Erde. Christiania, 1819. 4. Pogg. Ann. 1825, St. 3 und 4. Barlow und Schmidt in Gilb. Ann. 1823, St. 1 und 7. — — Wie der Erdmagnetismus existirt, — ob er z. B. — wie Steinhäuser glaubt — aus der Bewegung eines in der Erde vorhandenen kleinen magnetischen Planeten oder, wie Hansteen annimmt, sogar aus der Bewegung zweier (cylindrischer) ungleich starker Magnete, die sich im Innern der Erde schneiden, hervorgeht, oder ob er nach Mayer durch tief unter der

Erdrinde sich hinziehende Gänge von Eisenerz erzeugt, oder nach Biot durch kleine hie und da in der Erde zerstreute Magnete bedingt wird, oder ob er endlich nach Ampère sein Daseyn (thermo-) elektrischen Strömen verdankt, die durch theilweise Erwärmung der Erde durch die Sonne im Innern der ersten erregt werden (§. 91.), was jetzt die herrschende Ansicht zu werden scheint — und nach welchen Gesetzen er sich weiter thätig äußert, liegt noch im Dunkeln.

§. 64.

Erweckung des Magnetismus durch Mittheilung.
Künstliche Magnete. Magnetische Magazine.
Magnetische Curven.

Die Kraft natürlicher Magnete kann einem jeden Stück Eisen oder Stahl mitgetheilt werden. Man nennt das Verfahren dabei Magnetisiren und die dadurch geschaffenen Magnete künstliche. Schon §. 62. wurde ausgesprochen, daß jedes von dem Pole eines Magnetes angezogene Stück Eisen vorübergehend magnetisch wird, indem das in neutralisirtem Zustande in dem Eisen liegende natürliche oder $\pm M$ in dem magnetischen Wirkungskreise durch Vertheilung in seine zwei, im Verhältnisse entgegengesetzter Größen zu einander stehende Bestandtheile, ein Nord M und ein Süd M , abgetrennt wird. Wie aber ein durch Vertheilung elektrisirter Leiter, wenn er aus dem Wirkungskreise des vertheilend wirkenden elektrischen Körpers weggenommen wird, seinen elektrischen Zustand wieder verliert (§. 14.): so geht auch die in dem Eisen durch den Magnet erzeugte magnetische Polarität wieder verloren, sobald es aus der magnetischen Atmosphäre desselben weggerückt wird. Bleibender wird diese erst, wenn das Eisen längere Zeit hindurch in der Wirkungssphäre des Magnets gelassen wird. Ein Stab von weichem Eisen B , den man mit dem Pole eines Magnetstabes A (Fig. 13.) eine Zeit lang in Berührung ließ, zeigt nach seiner Entfernung magnetische Polarität, wie die Figur bezeichnet. Er zieht einen zweiten Stab, den man ihm nähert, an, und giebt ihm wieder auf dieselbe Art Polarität. Eben so wirkt dieser auf einen dritten u. s. f. *).

*) Mehrere kleine Ringe von Eisen bleiben auf diese Weise an dem Pole eines Magnetes hängen, und bilden eine magnetische Kette. Wie

Dauernder und wirksamer wird der mitgetheilte Magnetismus, wenn man die Vertheilung des natürlichen *M* in dem zu magnetisirenden Eisen durch Streichen mit einem starken Magnete bewirkt, und dadurch die getrennten entgegengesetzten Polaritäten gleichsam befestigt. Es geschieht dieses nach der Regel des einfachen, des doppelten und des Kreisstriches. Dem zu magnetisirenden Eisen giebt man entweder die Form eines flachen Parallelepipedums von 8 bis 10" Länge, $\frac{1}{2}$ " Breite und $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{8}$ " Dicke, oder, wenn der künstliche Magnet zum Tragen von Gewichten bestimmt ist, die Form eines Hufeisens. Bei dem einfachen Strich setzt man einen Pol des Magnetes auf die Mitte des parallelepipedischen Stabes auf, zieht damit mäßig drückend nach dem einen Ende und noch etwas über dieses hinaus, kehrt mit dem hier abgehobenen Magnete, ohne seine Richtung zu verändern, durch die Luft in einem Bogen wieder zu der Mitte des Stabes zurück und wiederholt diese Operation 10, 20 bis 30 Mal. Dadurch bekommt die gestrichene Hälfte des Stabes den freundschaftlichen Pol dessen, womit gestrichen wurde, und die nicht gestrichene zugleich von selbst den entgegengesetzten. Beide Pole werden verstärkt, wenn auch die andere Hälfte des Stabes auf die angegebene Art mit dem andern Pole des Magnetes gestrichen wird, und noch mehr, wenn man auch die untere Fläche des Stabes wie die obere streicht. Wenn der Stab sehr lang ist, so

diese reihen sich auch in dem Wirkungskreise eines Magnetes kleine Eisentheilchen in eigenthümlichen Bogenlinien an einander, die unter dem Namen der magnetischen Curven bekannt sind. (Fig. 14.) Sie werden dargestellt, wenn man eine Scheibe von Glas oder Pappe, unter der sich ein Magnetstab befindet, mit Eisenspäthchen bestreut, und dieses durch leichtes Klopfen in Bewegung bringt. Es ordnen sich dann die Eisentheilchen (indem die dem Magnete nächsten durch den vertheilenden Einfluß seiner beiden Pole ebenfalls magnetische Pole erhalten, und diese wiederum die sie berührenden durch Vertheilung zu Magneten machen) in krummen Linien, welche von den Polen ab immer mehr schief sich richten, und in der Mitte des Stabes selbst parallel mit diesem von einem Pole zu dem andern gehen. Auf gleiche Weise nehmen mehrere um einen stabförmigen Magnet aufgehängte Magnetnadeln oder gleich große Stückchen (durch Streichen) magnetisch gemachter Stahldraht eine verschiedene Richtung an, indem ein jedes nach dem nächsten freundschaftlichen Pole des Magnetes sich mit einem Pole hinneigt.

bilden sich nicht selten auch Pole in der Mitte. Zerbricht man den magnetisirten Stab in Stücke, so zeigt sich jedes Stück wieder als Magnet. (§. 55.) Man schließt daraus, daß jeder Theil schon im Ganzen seine eigene Polarität gehabt haben muß, was auch durch das Magnetisiren eines Stahlringes durch den galvanischen Strom bekräftigt wird. (§. 78.) Durch eine Unterlage von Eisen wird die Mittheilung des Magnetismus begünstigt, durch Streichen in entgegengesetzter Richtung, oder durch Verwechslung der Pole hingegen, die schon ertheilte Magneticität wieder vernichtet, und bei Fortsetzung dieses Verfahrens zuletzt die entgegengesetzte Polarität erweckt. Nach Fuß wird aber der Magnetismus beim Streichen stärker, wenn man beim Streichen etliche Mal rückwärts streicht, dem Stabe dadurch die gegebene Kraft wieder nimmt, und dann die vorige Behandlung fortsetzt. Es scheint durch dieses Verfahren die magnetische Materie für die Vertheilung empfänglicher gemacht zu werden. Um Verwechslung der Pole zu vermeiden, wird das Nordpolende des Stabes mit einem Feilstrich bezeichnet *). Bei der Aufbewahrung mehrerer magnetischer Stäbe legt man die ungleichnamigen Pole derselben an einander, bringt zwischen je zwei der Stäbe einen schmalen Holzstab,

*) Je stärker der Streichmagnet ist, in einem desto höhern Grade läßt sich mit ihm der Magnetismus in dem Eisen erregen. Der Magnet selbst aber verliert dabei, weil nichts von ihm in dieses übergeht, sondern er nur vertheilend wirkt, nicht das Mindeste von seiner eignen Stärke. (§. 14.) Andererseits nimmt aber das Eisen nach seiner Beschaffenheit und Größe den ihm ertheilten M nur bis zu einem gewissen Grade an; hat es diesen erlangt, so heißt es gesättigt. Hartes Eisen, oder Eisen, das mit Schwefel, Phosphor u. s. w. versetzt ist, und noch mehr gehärteter Stahl (Eisen mit Kohle), wird schwieriger, aber in einem höhern Grade und dauernder magnetisch (§. 71.), als weiches, geschmeidiges Eisen; obgleich dieses, weil es sein natürliches M leichter in sich vertheilen läßt, stärker von dem Magnete angezogen wird und fester an ihm hängt, als jene. Man wählt daher zu künstlichen Magneten nur den besten (Württembergischen) Stahl, obschon man auch dann nicht alle Mal des gehofften Erfolgs sicher ist, da oft wegen noch nicht bekannter kleinen Nebenumstände eine Art Stahl stärker magnetisch wird, als eine andere. — Zeichnet man mit dem abgerundeten Pole eines Magnetes Figuren auf ein hell polirtes Stahlblech, und bestreut dieses mit Eisenfeile: so ziehen sich diese nach den gestrichenen Stellen hin, und machen den partiellen Magnetismus dem Auge sichtbar.

und setzt dann die ungleichnamigen Pole an beiden Seiten durch einen Anker in Verbindung. — Bei dem Doppelstriche, der wirksamern Methode, werden die beiden Pole des Streichmagnetes zugleich auf die Mitte des Stabes aufgesetzt mit denselben mehrmals auf der ganzen Länge des Stabes hin und her gestrichen und zuletzt der Magnet in der Mitte abgehoben. Eben so wird auch die untere Fläche des Stabes behandelt. Dabei bekommt jedes Ende des Stabes den freundschaftlichen Pol von demjenigen des Magnetes, den man bei dem Streichen vorausführt. — Bei dem Kreisstrich werden 4 oder mehr gleich lange Stahlstäbe mit ihren Enden zu einem Quadrat oder Viereck mit einander verbunden, und der Doppelstrich dann auf ihnen im Kreise herumgeführt. — Bei der Magnetisirung eines in Hufeisenform gebogenen Stabes verbindet man die Endflächen der beiden Schenkel mit einem Eisenstabe (Anker), setzt dann die beiden Pole des Streichmagnetes an diesen Enden auf, und streicht wiederholt gegen die Wölbung des Hufeisens zu, wo der Magnet jedes Mal abgehoben wird. Hierdurch wird jedem Schenkel die mit dem aufgesetzten Pole ungleichnamige (freundschaftliche) Polarität ertheilt. Noch kräftiger wird der Hufeisenmagnet, wenn man zwei gute Magnetstäbe mit den ungleichnamigen Polen an die Endflächen seiner beiden Schenkel so anlegt, daß die Stäbe in die Verlängerung dieser fallen, sodann einen Anker an die freiliegenden Enden der beiden Stäbe setzt, und nun mit dem Streichmagnet nach der Regel des Doppelstrichs sowohl über das Hufeisen als über die Magnetstäbe hingehet. Die Schenkel eines künstlichen Hufeisenmagnets werden gewöhnlich mit einem Anker von polirtem weichen Eisen verbunden, theils weil man durch diesen die Tragkraft beider Pole zugleich benutzen kann, theils weil dadurch die Kraft des Magnetes verstärkt oder wenigstens besser erhalten wird; indem der vorgelegte Anker die anziehende Kraft der beiden Schenkel beschäftigt, und verhindert, daß das **M** des einen Poles durch die Beschäftigung mit dem **M** des andern geschwächt wird *). — Kugelförmige Magnete heißen, weil sie

*) Nach Bruemann's Beobachtung nimmt bei dem Magnetisiren eines Eisenstabes durch den einfachen Strich zuerst das Ende, wo der Pol des Streichmagnetes aufgesetzt wird, den entgegengesetzten Magnetismus desselben; also — **M** an, wenn es der + Pol des Magnetes ist, das andere Ende hingegen den gleichnamigen, also + **M**. Bei dem fernern Streichen

die Erdkugel im Kleinen darstellen sollen, Terrellen, und werden entweder aus pulverisirten natürlichen Magneten gefertigt, oder aus einer Masse von Eisenfeilschutt und Leinöl, die man an einem warmen Orte erhärten läßt, und dann durch Streichen magnetisirt.

Wenn die Pole eines natürlichen oder Hufeisen-Magnetes weit von einander abstehen, wie gewöhnlich bei den armirten natürlichen Magneten, so zieht er mehr als im umgekehrten Falle, dagegen sind dergleichen Magnete nicht zum Magnetisiren mit dem Doppelstrich geeignet. Besser schickt sich dazu ein sogenanntes magnetisches Magazin. Man legt dieses an, indem man 4 bis 6 gute Magnetstäbe mit den ungleichnamigen Polen neben einander legt, und die zwei mittelften Stäbe durch einen dazwischen gelegten $\frac{1}{2}$ " starken

nach diesem Ende hin nimmt das — M an dem vordern Ende immer mehr ab, und wird endlich, wenn man mit dem Magnete an eine gewisse Stelle kommt, völlig indifferent oder zu oM, wo es folglich sowohl den Nord-, als auch den Südpol einer Magnetnadel anzieht; das + M des andern Endes dagegen nimmt in gleichem Verhältnisse zu. So wie aber der Magnet der Mitte des Stabes näher tritt, wird dieses + M schwächer, und das vordere Ende fängt an, sich + magnetisch zu zeigen, bis endlich, wenn der Magnet in der Mitte des Stabes steht, beide Enden desselben + M in gleicher Stärke bekommen, in der Mitte selbst aber — M entsteht, und folglich, wenn der Magnet hier abgehoben wird, man einen künstlichen Magnet erhält, der an beiden Enden Nordpole und in der Mitte einen Südpol hat. Setzt man das Streichen von der Mitte aus weiter fort, so mindert sich das + M an dem noch nicht bestrichenen Ende immer mehr; wird endlich, wenn man mit dem Magnete an eine bestimmte Stelle rückt, wie vorher das — M an dem andern Ende, magnetisch indifferent, und wandelt sich zuletzt, wenn der Magnet das Ende des Stabes erreicht hat, in den entgegengesetzten Magnetismus, in — M, um. Nach Hinwegnahme des Streichmagnets hat man daher einen Stabmagnet mit entgegengesetzten Polen an beiden Enden. Man nennt die beiden Punkte, bei deren Berührung mit dem Streichmagnete die beiden Enden des Stabes magnetische Indifferenz zeigen und in die entgegengesetzte Polarität überzugehen anfangen, die magnetischen Indifferenzpunkte. Van Swieten nennt diejenigen Stellen, von welchen der Streichmagnet abgehoben werden muß, wenn das abgekehrte Ende des Stabes sein M in größter Intensität zeigen soll, die Culminationspunkte. Brugmann, philosoph. Versuche über die magnetische Materie, aus dem Lateinischen. Leipz. 1784.

Stab von Holz von einander absondert. Die Stäbe werden in ihrer Lage durch zwei mit Schrauben versehene Messinggürtel zusammengehalten, und die Pole an der einen Seite mit einem Anker verbunden, dem man, wenn das Magazin aufbewahrt wird, noch einen zweiten an der entgegengesetzten Seite hinzufügt. Mit einem solchen zusammengesetzten Magnet kann man einzelnen Stäben einen sehr hohen Grad magnetischer Kraft ertheilen. Man lege 4 oder 6 gehärtete, abgeschliffene und polirte Stahlstäbe (nachdem das eine Ende eines jeden mit einem Feilstrich bezeichnet worden ist) so an einander, daß ihre Längachsen eine gerade Linie bilden, und das gezeichnete Ende des einen immer das ungezeichnete Ende eines andern berührt, und klemme, damit die Stäbe bei dem Streichen sich nicht von einander trennen können, die äußersten Enden der ganzen Reihe zwischen zwei neben ihnen eingeschlagene Stifte ein. Man setze hierauf, den Nordpol voran, den Streichmagnet (nachdem man den einen Anker von ihm genommen hat) auf das mit einem Feilstrich bezeichnete Ende eines äußersten Stabes auf, streiche wenigstens 30 Mal mit ihm hin und her, und verfähre dann ebenso auf der untern Fläche der Stäbe, nachdem man diese vorsichtig, entweder alle zugleich, oder wenigstens je zwei auf Ein Mal umgewendet hat. Durch dieses Verfahren erlangen die Stäbe einen so hohen Grad von magnetischer Kraft, daß bei dem Aufheben des einen Stabes alle übrigen mit aufgehoben werden, und daß man mit ihnen, wenn sie auf die bemerkte Art zu einem Magazine zusammengesetzt werden, ungleich größern Stäben und den größten Hufeisen einen beträchtlich hohen Grad von Magnetismus geben kann *). *Do ve, a. a. D. Bd. 2, S. 141. Hufel. Journ. d. pr. H., Bd. 80, St. 1, S. 89. Mohr, über eine Methode, kräftige Hufeisenmagnete durch Streichen zu bereiten, in Pogg. Ann., Bd. 36, S. 542.*

*) Knight, Arzt in England, besaß ein besonderes Geheimniß, die stärksten künstlichen Magnete zu fertigen, das er aber mit sich ins Grab nahm. Das größte von ihm gefertigte magnetische Magazin wird im Museum zu London aufbewahrt, und besteht aus zwei künstlichen Magneten, deren jeder aus 240, $1\frac{1}{2}$ ' langen Stäben zusammengesetzt ist, die zusammen gegen 1000 Pfund wiegen. Seine Kraft ist so groß, daß die Pole eines jeden künstlichen oder natürlichen Magnetes in wenigen Sekunden umgekehrt werden, wenn man diesen zwischen seine Pole legt.

§. 65.

Erregung von Magnetismus durch den Erd-Magnet.
Magnetismus der Lage.

Der Erdmagnetismus wirkt nicht bloß richtend auf Magnete (§. 55. u. 63.), sondern auch (durch Vertheilung) magnetisirend auf Eisen und andere Körper, wie Magnete. Jeder Stab von weichem Eisen, der eine Zeit lang senkrecht oder auch mit seinem obern Ende etwas nach Süden überhängend, gestanden hat — und, nach Hanstein, auch alle andere in einer solchen Richtung stehende Körper, z. B. Pfähle, Bäume, Mastbäume auf Schiffen, hohe Thürme und Mauern, — nehmen durch die vertheilende Einwirkung des Erdmagnetismus von selbst magnetische Polarität an, und bekommen in unserer (nördlichen) Hemisphäre an ihrer untern Hälfte einen Nord —, an ihrer obern einen Südpol, so daß der Nordpol einer genäherten Magnetnadel hier abgestoßen und dort angezogen wird. Selbst ein in dieser Richtung gehaltener und durch Schlagen mit einem hölzernen oder eisernen Hammer, besonders von unten nach oben, oder durch Stoßen gegen die Erde erschütterter Eisenstab, wird vorübergehend magnetisch, zieht Eisenspäth an u. s. w. Wird er umgekehrt, so kehren sich auch augenblicklich seine Pole um. Ebenso werden auch oft die Stangen von Blitzableitern, von hohen Kreuzen und Wetterfahnen auf Thürmen magnetisch. Noch leichter erhalten eiserne Gegenstände Magnetität, wenn sie in der Richtung des magnetischen Meridians so aufgehängt sind, daß sie eine der magnetischen Inklination des Ortes (§. 69.) entsprechende Neigung gegen den Horizont haben oder wenigstens oft in diese Lage kommen, z. B. eiserne Wagebalken und ähnliche Instrumente; weshalb man erstere lieber von Messing oder einem andern nicht attraktivischen Stoffe macht. Auch bis zum Weißglühen erhitztes Eisen erhält zwei entgegengesetzte Pole, wenn es in dieser Richtung erkaltet oder in Wasser gelöscht wird. Man nennt den durch die bloße Richtung, in der ein Körper liegt oder steht, unter dem Einflusse des Erdmagnetismus erzeugten Magnetismus auch den Magnetismus der Lage *). — In der

*) Die Platten eines jeden eisernen Ofens haben durch ihre Stellung einen Magnetismus der Lage. Eine, einer Ecke desselben gegenüber

Regel sind aber die Erscheinungen dieses Magnetismus nur schwach und momentan, und er verschwindet wieder, wenn das Eisen oder der sonst des freien Magnetismus fähige Körper in eine auf die Lage, wo ihn der Erdmagnetismus magnetisch machte, senkrechte Ebene gestellt wird. Verstärkt und dauernd kann er gemacht werden, wenn man durch Streichen, Schlagen, Biegen u. s. w. eine weitere Vertheilung des durch den Erdmagnetismus schon getrennten natürlichen M in jenen bewirkt, und die vertheilten $+M$ und $-M$ noch mehr befestigt. Darauf beruht die von Antheaulme in Frankreich und wahrscheinlich auch die von Knight in England angewandte Methode, sehr starke Magnete ohne Hülfe von andern künstlichen oder natürlichen Magneten zu verfertigen und schwache künstliche Magnete durch sich selbst zu verstärken. Man streiche einen Stahlstab, der auf einer eisernen Unterlage ruht, in der Richtung einer ruhenden Magnetnadel auf beiden Seiten mit einem schweren Stück Eisen, so wird derselbe nach 60 bis 100 Strichen schon merklichen Magnetismus zeigen. Hat man auf diese Weise mehrere Stäbe zubereitet, so verbinde man sie zu einer magnetischen Batterie und magnetisire damit andere Stäbe; diese werden in einem beträchtlicheren Grade magnetisch werden, als die vorigen. Zusammengelegt geben sie daher eine noch stärkere Batterie, als die erste. Bestreicht man mit dieser die wieder aus einander genommenen einzelnen Stäbe der ersten, und vereinigt man nachher auch diese wieder zu einem Ganzen, so läßt sich, wenn man damit auf's Neue die einzelnen Stäbe der zweiten bestreicht, ein zusammengesetzter Magnet bereiten, der eine außerordentliche starke magnetische Kraft besitzt.

§. 66.

Erregung des Magnetismus durch besondere physische Prozesse und (scheinbar) durch Rotation.

Die in §. 64. und 65. besprochenen Erregungsarten der magnetischen Kraft sind nicht die einzigen bis jetzt bekannten. Durch die

aufgestellte Magnetnadel wendet demselben unten ihren Südpol, oben ihren Nordpol zu, während sie in der Mitte, wo magnetische Indifferenz ist, ihre gewöhnliche Richtung beibehält. — Durch einen ähnlichen Vorgang werden Bohrer, Feilen, Sägen u. s. w. zufällig magnetisch, ziehen Eisenspäne an, und zeigen an ihren entgegengesetzten Enden Freundschaft oder Abneigung gegen die Pole einer Magnetnadel.

unermüdlischen Forschungen mehrerer der gelehrtesten Physiker unsers Jahrhunderts hat sich herausgestellt, daß der Magnetismus auch in Beziehung zu den Processen der Electricität und höchstwahrscheinlich auch des Lichtes steht, und daß durch Gegenwirkung der diesen beiden strahlenden Potenzen zu Grunde liegend gedachten Stoffe mit der (wie es den Anschein hat, nicht allein im Eisen, Kobalt und Nickel, sondern in allen übrigen Körpern auf der Erde) der Electricität und Wärme analog, im gebundenen Zustande liegenden magnetischen Kraft eben so viele Quellen magnetischer Erregung eröffnet werden können. (S. 102.) Beobachtungen über die Reaction des (farbigen) Sonnenlichtes auf den Magnetismus machten Morichini, Gibs, Christie und die Lady Sommerville. Daß der Blitz und der elektrische Funke magnetisch wirkt, ist S. 21. und 58. gesagt worden. Eine vorzügliche Aufmerksamkeit nimmt aber als magnetisches Erregungsmittel der galvanisch-electrische Strom in Anspruch, durch dessen Wirkung, ohne daß der Magnetismus der Erde oder der kleiner natürlicher Magnete dabei concurrirt, die stärksten künstlichen Magnete gebildet werden, so daß in dieser Hinsicht die Wirkungen der Entladungsschläge kräftiger elektrischer Batterien und selbst des Blitzes weit hinter ihm zurückbleiben. — Die Thatsachen über die verschiedenen Beziehungen der genannten ätherischen Stoffe zu dem Magnetismus haben sich im Verlaufe der neuesten Zeit unter den wissenschaftlichen Bestrebungen experimentirender Physiker so gehäuft, daß man für gut gehalten hat, sie als besondere Zweige der Experimentalphysik, unter den speciellen Benennungen des *Electro-Magnetismus* und des *Licht- oder Photo-Magnetismus*, für sich gesondert zu betrachten. Demgemäß soll unter diesen Aufschriften hier in einzelnen Abschnitten (II. u. VI.) eine bündige Darstellung der Erscheinungen, durch welche jene Verhältnisse sich charakterisiren, versucht werden. — Hieran reiht sich die im Jahre 1824, vier Jahre nach *Dersted's* Erforschung der magnetischen Kräfte des galvanischen Schließungsdrahtes, von *Arago* gemachte, und später durch des genialen *Faraday* rastlosen Eifer in Ergründung magnetoelektrischer Zustände, so fruchtbar gewordene Entdeckung der aus der Gegenwirkung einer rotirenden Metallmasse und einer Magnetnadel, und umgekehrt zwischen einer rotirenden Magnetnadel und einem ruhenden Metallstück hervorgehenden magnetischen (elektrischen)

Erregungen, deren Erscheinungen gewöhnlich — wenn auch (wie aus dem Folgenden begreiflich werden wird) sehr uneigentlich — unter dem Namen des Rotations-Magnetismus zusammengefaßt werden, und die in S. 100 u. ff. einer nähern Betrachtung übergeben werden sollen.

§. 67.

Die Magnetnadel. Vierarmige Magnetnadeln. Anwendung der Magnetnadel als Galvanometer.

Eine sehr gebräuchliche Art von künstlichen Magneten ist die Magnetnadel oder der Compaß. Der Nutzen derselben ist bekannt. Die beste Art besteht in einem dünnen 3 bis 20 Z. langen glasharten Stahlstäbchen, das die Form eines Parallelepipedum mit spitzig abgeschliffenen Enden hat, und durch Streichen magnetisirt worden ist. Weniger gut sind Stahlstifte von der Gestalt eines Pfeils oder mit einer Lilie an der nördlichen Spitze, da durch dergleichen hervorragende Theile und Verzierungen leicht mehr als zwei Pole an der Nadel entstehen, durch deren Lage die Direction derselben von Nord nach Süd gestört wird. Damit die Nadel möglichste Freiheit in der Bewegung habe, ist sie in ihrem Schwerpunkte entweder (nach Bennet) an dem feinen ungedrehten Faden eines Seidenwurms oder einer Spinne aufgehängt, oder sie ruht wagerecht auf einer feinen (unten aus Messing, oben aus Stahl bestehenden) scharfen Spitze, auf welche sie mit ihrer Mitte gesetzt wird, wo in ihre Durchbohrung ein kleines Hütchen von Messing, mit der Höhlung nach unten gekehrt, oder noch besser damit die feine Stahlspitze sich nicht in das Hütchen einbohre und das freie Spiel der Nadel hindere, ein mit einer ähnlichen Vertiefung versehener harter Stein, ein sogenanntes Achathütchen, eingedrückt ist. Die Spitze, der Gnomon genannt, auf der die Nadel schwebt, ist in dem Mittelpunkte einer unter ihr in einer horizontalen Ebene verzeichneten Wind- oder Schifferrose eingeschlagen, d. h. in der Mitte eines Sternes, dessen gleich lange Spitzen sich in der um diese gezogenen Kreislinie endigen, diese in eine nach der Bestimmung des Compasses verschiedene Anzahl gleicher Theile theilen, und durch ihre Richtung die Lage der Weltgegenden oder der Windstriche (Rhumben) anzeigen. Diejenige Spitze des Sternes, welche den Nordpunkt des Himmels angeben soll, ist durch

irgend ein Merkmal, gewöhnlich eine Litte, bezeichnet. Die ganze Vorrichtung ist, um die Nadel gegen die Bewegung durch die Luft und bei Seereisen gegen das Anpressen durch die Dünste des chlorhaltigen Meerwassers zu schützen, in einer mit einem Glase bedeckten Kapsel eingeschlossen, und heißt deshalb auch eine Boussole. Je nachdem das Instrument zum Gebrauche für Seefahrer, oder für die praktische Feldmesskunst und überhaupt für die Bestimmung der Weltgegenden auf dem festen Lande, oder endlich für den Bergmann zur planmäßigen Verfolgung anzulegender Stellen eingerichtet ist, führt es den Namen Schiffer- oder Seecompaß, Feldmesser-, Ingenieur- oder Militärcompaß, Gruben-, Markscheider- oder Bergmannscompaß *). — Auf Seereisen wird die Richtung der Magnetenadel häufig durch die Einwirkung der großen Eisenmassen auf den Schiffen, und in der Nähe der Küsten durch die hier zuweilen sich vorfindenden magnetischen Felsen (S. 54. *), abgändert und der Gebrauch des Compasses dadurch mehr oder weniger unsicher. Man hat, um dieser Störung entgegen zu wirken, Einrichtungen von sehr verschiedener Art getroffen. Barlow, Professor in Woolwich, schlägt eine neutralisirende Eisenplatte vor, deren Nutzen auf die S. 57. erwähnte Wirkung eines eisernen Linials, das zwischen Magnet und Eisen seiner Breite nach aufgestellt ist, sich gründet. Dr. Fischer (in Wien) räth aus demselben Grunde, die Nadel nicht in eine Büchse, sondern in eine hohle eiserne Halbkugel einzuschließen. Nach Will. Clarke (in Chatam) sind vierarmige Magnetenadeln, die aus zwei wagerechten, in der Mitte ihrer Achsen rechtwinklig verbundenen Nadeln bestehen, solchen störenden Einflüssen des Eisens fast ganz entzogen. Noch gefährlicher für die Schifffahrt ist die nicht selten durch den Blitz bewirkte Umkehrung der Pole an der Magnetenadel, die selbst dann noch erfolgen kann, wenn der Strahl des Blitzes nicht durch die Nadel selbst führt, sondern nur irgend einen Theil des Schiffes trifft (S. 58. u. 90.). — Eine der wichtigsten und lehr-

*) Schiffscompasse haben, um das Herabfallen der Nadel zu verhüten, ein etwas tiefer ausgehöhltes Achathütchen, und das Gehäuse selbst, damit die Nadel bei den Schwankungen des Schiffes nicht aus ihrer horizontalen Lage kommen kann, eine Einrichtung nach Art der Kollampe des Cardanus.

reichsten Anwendungen der Magnetnadel ist die als Galvanometer in dem Schweigger'schen Multiplikator. (§. 76.) — Von Lampadius sind Magnetnadeln von Nickel und selbst von einer Legirung aus Platin oder Gold und Nickel vorgeschlagen worden, welche vor den stählernen den Vorzug haben, daß sie nicht, wie diese, rosten.

§. 68.

Abweichung (Deklination) des Magnetes.

Nur an sehr wenigen Orten auf der Erde zeigt der Nordpol der Magnetnadel genau nach dem Nordpunkte des Himmels, sondern an den meisten Orten weicht die magnetische Mittagslinie von der geographischen Mittagslinie etwas nach Osten oder Westen ab. Man nennt diese abweichende Richtung der Magnetpole die Abweichung oder Deklination des Magnets, und charakterisirt sie nach den beiden Weltgegenden, wohin der Nordpol sich wendet, als östliche oder westliche. In Fig. 12., wo ANBS den Umfang der Erde und SN einen Erdmeridian andeutet, zeigt sn eine östliche Abweichung der Magnetnadel und nCN den Abweichungs-Winkel, den der magnetische Meridian mit dem Erdmeridiane macht. — Diese Abweichung ist aber nicht nur an verschiedenen Orten der Erde verschieden, sondern bleibt auch an einem und demselben Orte nicht immer dieselbe, indem sie sich mit der Zeit sowohl ihrer Art als ihrer Größe nach verändert. Obschon diese zeitlichen Veränderungen eine gewisse Periodicität zeigen, so kennen wir doch das Gesetz noch nicht, an welches diese geknüpft ist *). Gegenwärtig ist die Abweichung in ganz Europa **), im westlichen Theile Asiens

*) Im Jahre 1580 war zu Paris die Abweichung $11^{\circ} 3'$ östlich und 1666 = 0, worauf sie westlich wurde, und im J. 1670 $1^{\circ} 3'$, 1700 $8^{\circ} 12'$, 1800 $22^{\circ} 12'$ und im J. 1804 $22^{\circ} 15'$ — und in den süd-östlichen Theilen Deutschlands 18 bis 19° , in Dublin 27° und in Persien kaum 7° betrug. Im J. 1817 war zu Paris die Abweichung $22^{\circ} 17'$ und 1820 zu Wien $15^{\circ} 1'$ westlich. Nach Arago hat zu Paris die Abnahme der Abweichung in 3 Jahren (von 1819 bis 1822) $1^{\circ} 55''$ betragen.

**) Im mittlern Europa, z. B. in Berlin und Prag 17° , in Petersburg 6° , in Bonn und Genf dagegen 20° , in Edinburg 26° , in Madrid 22° , in Island 38° , in Grönland 50° u. s. w.

und im östlichen Theile Amerika's westlich, und nach Arago's Beobachtung fortwährend im Abnehmen begriffen. Im östlichen Asien und an der Westküste von Amerika dagegen, ist die Abweichung östlich. Zwischen beiden liegen Erdstriche, wo die Abweichung = 0 ist und der magnetische Meridian mit dem der Erde genau zusammenfällt. Dieß ist z. B. der Fall an dem Vorgebirge der guten Hoffnung. Eine Linie, die man sich durch die Orte, wo die Abweichung ganz wegfällt, gezogen denkt, heißt die Linie ohne Abweichung. — Außer diesen in längern Zeitperioden erfolgenden Veränderungen ist die Abweichung auch noch kleinern Veränderungen (Variationen) nach den Jahres- und Tageszeiten unterworfen. Im Sommer (bald nach dem Frühlings-Aequinoctium) weicht sie weniger (nach Westen) ab, als im Winter (gleich nach dem Herbst-Aequinoctium). Sodann ist die Abweichung der Nadel des Morgens und Abends um 9 Uhr am geringsten, und Nachmittags von 3 bis 5 Uhr am stärksten; in der Nacht ist sie constant. Nordlichter, Erdbeben und andere Naturbegebenheiten bringen ebenfalls vorübergehende Schwankungen (Störungen, Perturbationen) in die Abweichung der Magnetaedel, und diese werden während eines Nordlichtes selbst in solchen Gegenden beobachtet, wo die Erscheinung desselben am Himmel nicht wahrgenommen wird. Ähnliche Störungen erleidet die Abweichung auch durch örtliche Ursachen, z. B. durch magnetische Felsen, auf Schiffen durch die Eisenmassen, mit denen diese ausgerüstet sind (S. 67.), und durch Witterungseinflüsse, besonders in Folge elektrischer Prozesse in der Atmosphäre. Bei bedecktem Himmel, bei Süd- und Westwinden wird der Abweichungswinkel kleiner, bei heiterer Witterung und bei herrschenden Ost- und Nordwinden größer. Es scheint demnach durch verhinderte Erwärmung der Erde durch die Sonne die magnetische Kraft der Erde vermindert zu werden. Alle diese Störungen in der Regelmäßigkeit der magnetischen Abweichung machen den Gebrauch der Magnetaedel für Seefahrer sehr unzuverlässig. Weniger trifft dieses die für mehrere Jahre constanten Abweichungen der Nadel, da man Abweichungs-Karten hat, in welchen die Abweichungen in den verschiedenen Erdstrichen angegeben sind, und in denen erhebliche Aenderungen in der Abweichung an einem Orte von Zeit zu Zeit nachgetragen werden. Hansen, Untersuch. über den Magnetismus der Erde, deutsch von Hanson, Christiania, 1819.

Als Ursache der magnetischen Abweichung nimmt man an, daß die Pole des Erdmagnets nicht ganz genau nach Norden und Süden liegen, und als Ursache ihrer Veränderlichkeit, daß der Erdmagnet von Zeit zu Zeit die Lage seiner Pole ändert. Die kleinern periodischen jährlichen und täglichen Variationen aber in ihr entstehen wahrscheinlich aus der im Sommer und zur Zeit des Nachmittags durch die Sommerwärme bewirkten Verminderung der magnetischen Kraft der Erde, wofür auch manche Erfahrungen in der Klimatologie sprechen — wobei aber der Einfluß anderer unbekannter kosmischer und tellurischer Verhältnisse nicht ausgeschlossen bleibt. — Werkzeuge zur genauen Bestimmung der Differenz des magnetischen und geographischen Meridians heißen Abweichungs-Compassse oder Deklinationen, von denen das beste unter allen ein von Gauß angegebenes ist. Die Naturlehre u. s. w. von Baumgartner und Ettingshausen. Wien, 1839. S. 490.

§. 69.

Neigung (Inklination) des Magnetes.

Wenn man ein zu einer Magnetnadel bestimmtes Stahlstäbchen in seinem Schwerpunkte aufhängt, so daß es völlig wagerecht steht, und man magnetisirt es dann: so wird man finden, daß es sein Gleichgewicht verloren hat, und sich mit dem einen Ende, gleichsam als wäre es an diesem schwerer geworden, gegen die Ebene des Horizontes niederseht. Der Winkel, den die Nadel in dem magnetischen Meridiane mit dieser Ebene oder mit der Horizontallinie, welche sie vor ihrer Magnetisirung bildete, macht, heißt die Neigung oder Inklination der Magnetnadel. Diese zeigt sich an den meisten Orten der Erde, aber nicht an allen auf gleiche Art und in gleicher Größe; auch wird sie, wie die Deklination der Magnetnadel, an einem und demselben Orte, im Verlaufe der Zeit verändert und unterliegt, wie jene, einer täglichen Veränderung, deren Größe von den Jahreszeiten abhängt. In Europa oder überhaupt in der ganzen nördlichen Halbkugel der Erde (wo sich der Erdmagnetismus als — **M** thätig zeigt) neigt sich der Nordpol der Nadel gegen den Horizont (nördliche Inklination). Um die dadurch gestörte horizontale Lage der Magnetnadel herzustellen, ist an unsern Nadeln die südliche Hälfte derselben, welche um eben so viel

höher steht, als die nördliche niedergezogen wird) mit einem kleinen verschiebbaren Gewichte von Messing versehen, oder es wird, um dieser Störung des Gleichgewichtes vorzubeugen, gleich anfangs die Unterstützung der Nadel nicht in ihrem Schwerpunkte, sondern dem Nordpole etwas näher angebracht. Höher nach dem Norden hinauf nimmt die nördliche Inklination immer mehr zu. In der südlichen Hälfte der Erde dagegen (wo sich das + M des Erdmagnetismus äußert) ist der Südpol der Nadel gegen den Horizont geneigt, und der Nordpol steht aufwärts, so daß zur Herstellung der wagerechten Lage der Nadel ihr Nordpol mit einem Gewichte beschwert werden muß. In einem Erdstriche, nahe am Aequator, ist die Neigung der Nadel = 0 und sie steht wagerecht, wie vor dem Magnetisiren. Die krumme Linie, welche die in diesem Erdstriche liegenden Punkte, in denen die Nadel horizontal schwebt, mit einander verbindet, heißt die Linie ohne Abweichung oder die aclinische Linie, auch der magnetische Aequator der Erde oder der Inklinations-Aequator. Dieser fällt zwar mit dem geographischen Aequator nicht ganz zusammen, weicht aber nirgends weit von ihm ab, und durchschneidet ihn an mehreren Stellen unter einem Winkel von 12°. Auf beiden Seiten desselben nimmt die Inklination mit der Entfernung von ihm zu, und erreicht an den Polen selbst ihr Maximum, so daß eine Magnetnadel, würde sie dahin gebracht, senkrecht empor sich richten würde, und zwar am Südpole der Erde mit ihrer nördlichen, am Nordpole mit ihrer südlichen Hälfte aufwärts. — Zur Beobachtung und Messung der Neigung dienen die Neigungs-Compassse oder magnetische Inclinatoren, die aus langen, um eine durch ihren Schwerpunkt gehende horizontale Achse beweglichen, Magnetnadeln bestehen, die genau in der Richtung des magnetischen Meridians aufgehängt sind. — Nadeln, die so vorgerichtet sind, daß sie durch den Magnetismus der Erde gar nicht gerichtet werden, heißen astatische oder neutralisirte. (S. 75.)

§. 70.

Chemische, physiologische und elektrische Wirkungen des Magnetismus. Arztliche Anwendung desselben.

Nur wenig erforscht sind die chemischen und physiologischen Wirkungen des Magnetismus. Eine Zersetzung des Was-

fers, wie durch die Electricität (S. 21. u. 50.), durch ihn unmittelbar hervorzubringen, ist noch nicht gelungen. Dagegen ist durch gewählte Versuche Lüdecke's, Maschmann's und Hansteen's dargethan, daß sich durch denselben in ähnlicher Weise, wie mit der galvanischen Kette, Metalle reduciren und überhaupt Krystallisations-Processse befördern lassen. Letztere reducirten eine Silberauslösung durch Quecksilber in heberartig gestalteten Röhren, und fanden, daß, wenn die Schenkel der Röhre im magnetischen Meridiane aufgestellt waren, das Silber im nördlichen Schenkel immer in größerer Menge und vollkommener krystallisirte, als im südlichen, wo es mit Quecksilbersalz vermengt war. In der Richtung von Westen nach Osten erfolgte die Reduktion viel langsamer, und in einem Schenkel der Röhre wie in dem andern. Lüdecke sah unter dem Einflusse eines Magnetes im Wasser Krystalle aus Salzauslösungen sich niederschlagen. Weit lebendiger liefern diese Wirkungen die elektrischen Ströme, welche, wie Faraday gelehrt hat, durch starke künstliche Magnete erregt werden können. (S. 97.) Selbst Funken werden durch diese hervorgebracht. — Die Wirkungen der magnetischen Kraft auf den menschlichen Körper sind nur bei starken Magneten bemerkbar. Der Einfluß derselben ist im Allgemeinen erregend für das Nervenleben, und die Spannkraft der Muskelfasern erhöhend. Der erste Eindruck, den ein kräftiger Magnet (es sey ein künstlicher oder natürlicher), mit der Oberfläche des Körpers in Berührung gesetzt, erzeugt, besteht in einem angenehmen Gefühle von Wärme, dem bald eine Vermehrung der Ausdünstung nachfolgt. Bei längerer Dauer der Einwirkung entstehen Hitze, Kopfsweh, Schwindel, mit Angst, fieberhaften Bewegungen und selbst mit Zuckungen verbunden. Vertlich entsteht an der Stelle der Berührung Jucken, Schmerz und Röthe der Haut, und zuweilen finden sich nach diesen Hautauschläge ein, die schwer zu heilen sind *).

*) Weniger, als sie es verdient, wird die spezifische Wirkung des Magnetismus auf die Nerven von den Aerzten benutzt, um Krankheiten, die von diesen ausgehen, zu heilen, obschon es nicht an Beispielen fehlt, wo der Magnetismus mit günstigem Erfolge, und oft in solchen Fällen, die dem zweckmäßigsten Heilverfahren mit Arzneien widerstanden, angewendet worden ist. Leider ist zu erwarten, daß seine Anwendung durch die Entdeckung der magneto = elektrischen Ströme noch mehr verdrängt werden.

§. 71.

Hypothesen über den Magnetismus. Ampère.

Man hat zur Erklärung der magnetischen Erscheinungen seit den ältesten Zeiten eine Menge von zum Theil sehr geachteten Hypothesen aufgestellt, von denen aber keine hinreichenden Aufschluß über das eigentliche Wesen des Magnetismus gegeben hat. Am ungedrungensten lassen sich die meisten derselben erklären, wenn man mit Brugmann's und Wilke, analog mit der Symmer'schen Theorie über

wird. (§. 92.) Die Krankheiten, gegen welche sich der Magnetismus, den bisherigen Erfahrungen zu Folge, wirksam erwiesen hat, sind: Schwindel, Kopfschmerz, Gesichtsschmerz, Sicht, Krämpfe und andere sogenannte nervöse Leiden, die in einem geschwächten Wirkungsvermögen und in exaltirter Reizbarkeit des Nervensystems ihren Grund haben. Auch sind in Lufeland's Journ. d. pr. Heilk. mehrere Beispiele niedergelegt, wo der tägliche Gebrauch eines starken Magnets sich hilfreich gegen das Vorfallen der Eingeweide (in Brüchen) bewies, indem er eine Zusammenziehung der diese begünstigenden abnormen Dehnung bewirkte. Die Art seiner Anwendung besteht darin, daß man entweder einen Eisens- oder Stabmagnet gegen den vorzüglich leidenden Theil, der sich in der Richtung des magnetischen Meridians befinden muß, hält, oder auf diesen täglich eine Zeit lang fest bindet, oder daß man in der bezeichneten Richtung, mit dem Nordpole voran, denselben mit dem Magnete wiederholte Male streicht. Dr. Becker, der Magnetismus und seine Anwendung in der Heilkunst. Mühlhausen, 1829. 8. Joseph Barth, der Magnet als Heilmittel, oder praktische Anleitung, durch Magnete die verschiedenartigsten Krankheiten zu heilen, nebst einer Anweisung zu Fertigung künstlicher Magnete. Für Ärzte und Nichtärzte.

Wohl zu unterscheiden ist von dem mineralischen Magnetismus der sogenannte thierische Magnetismus oder Mesmerismus, der auf der dynamischen Einwirkung des Nervensystems eines gesunden lebendigen Menschen auf das eines andern Kranken beruht, das dadurch geheilt werden soll, und dessen Schilderung Vorwurf der Physiologie ist. Mit ihm verwandt ist die manchen — sogen. sibirisch empfänglichen — Menschen angeblich eigne Fähigkeit des Wasser- und Metallfühlens, das Schlagen mit der Wunschelruthe (baguette) u. s. w. Wer wissenschaftliche Belehrung über diese Art von Magnetismus sucht, findet sie in D. G. Kieser's System des Tellurismus oder thierischen Magnetismus. 2 Bde. Leipz. 1822.

die Electricität (S. 13.), als Ursache derselben zwei feine unwägbare, wie zwei entgegengesetzte Elemente sich verhaltende, Stoffe (ein $+M$ oder Nordmagnetismus und ein $-+$ oder Südmagnetismus) annimmt, welche (wie das $+$ und $-E$ in einem nicht elektrisirten Körper) in dem unmagnetischen Eisen, und zwar in allen kleinsten Theilchen desselben, für sich und in gleichem Grade mit einander zu o oder $+M$ verbunden (neutralisirt) sind und sich im Gleichgewichte halten, wo sie keine magnetischen Kräfte weiter äußern und für die Wahrnehmung so gut als nicht vorhanden sind, die aber durch räumliche Vertheilung, durch den Erdmagnet oder kleine natürliche oder künstliche Magnete, aus ihrem Gleichgewichte gebracht und von einander getrennt werden können; wo sie dann, indem alle theilweise getrennten und entgegengesetzten Theilchen des Eisens in gleicher und entgegengesetzter Richtung zusammen wirken, unter den Erscheinungen der magnetischen Polarität u. s. w. nach bestimmten Normen in Wirksamkeit treten. Durch eine ihrer Natur nach unbekannte Coërcitivkraft, die durch die Cohäsionskraft des magnetischen Körpers bedingt zu werden scheint, werden die in den Elementartheilchen desselben zersetzten Magnetismen in ihrem abgesonderten Zustande fixirt und an ihrer Ausgleichung verhindert. Jene Coërcitivkraft ist in dem, in seinem Gefüge stark cohärenten, Stahl am stärksten thätig, weniger stark in dem weichen Eisen, weshalb in den Theilen des letztern zwar die Vertheilung des Magnetismus leichter vor sich geht, aber auch eben so leicht wieder die Ausgleichung erfolgt. (S. 62. 64.) So ansprechend diese auf die Analogie zwischen Magnetismus und Electricität sich basirende Hypothese ist, und so viel sie vor andern Theorien über den Magnetismus voraus hat: so wird doch auch durch die neuesten Erfahrungen — welche überdieß in keinem Falle die Existenz eines materiellen magnetischen Substrats, sondern immer nur ein Verhältniß von nach entgegengesetzten Richtungen wirkenden Kräften constatiren — ihre Unzulänglichkeit dargethan, und uns daher das Bekenntniß abgenöthigt, daß das Wesen des Magnetismus, wie so vieles Andern in der Schöpfung, noch ein Geheimniß sey, — gemäß dem schönen Worte Haller's: „In's Innere der Natur dringt kein erschaff'ner Geist!“ — Von Ampère wird die Ableitung der magnetischen Erscheinungen von einem eignen Fluidum ganz verworfen, und die Erklärung derselben aus der Wirkung von elek-

trischen Strömen hergeleitet. (S. 91.) G. Ann. 1821. Bd. 67. S. 113. Bd. 77, 79 u. ff.

Von den ältern, theils sehr gekünstelten, theils ganz verunglückten Ansichten über das Wesen des Magnetismus seyen hier nur genannt: die des Cartesius, der sich die magnetische Materie aus kleinen Schrauben (magnetischen Wirbeln) und Schraubengängen bestehend dachte, und die magnetische Anziehung aus dem Ineinandergreifen dieser erklärte; die Dalance's und du Fay's, welche Kanäle mit Klappen annehmen; die Leonhard Euler's, der gleichfalls den Grund der magnetischen Anziehung in einer wirbelnden Bewegung, nach Art der Cartesischen, zu finden glaubte; die Bernoulli's, der sie sogar in einem doppelten Wirbel suchte, u. d. m. Ermann über die Aehnlichkeiten zwischen Magnet. u. Gl. in G.'s Ann. Bd. 26. Darstellung der Theorie der Gl. u. des Magn. von Haüy, deutsch von Murhard, 1801. —