

## II. Der Elektro-Magnetismus.

§. 72.

### Begriff des Elektro-Magnetismus. *Dersted.*

Die ungewöhnliche Aehnlichkeit in den Gesetzen, nach welchen Elektricität und Magnetismus sich thätig äußern — auf welche hinzuführen, an schicklichen Stellen in der diesen Doktrinen gewidmeten Darstellung Bestreben war (§. 9. 60. 62. 2c.) — brachte schon einzelne Physiker des verflossenen Jahrhunderts auf den Gedanken, daß eine gewisse Verwandtschaft zwischen diesen beiden Naturkräften bestehen müsse. So sehr man aber, auch noch in einer jüngern Zeit, bemüht war, durch Versuche der verschiedensten und oft abenteuerlichsten Art — unter Anderem dadurch, daß man (wie Ritter) mit Magneten Volta'sche Säulen zu fertigen und damit Wasser zu zersetzen, und anderseits aus galvanischen Elementen Magnete (Magnetnadeln aus Zink und Kupfer) herzustellen versuchte — Beweise für diese Verbindung aufzubringen, und die elektrischen und magnetischen Erscheinungen auf Ein Erklärungsprincip zurückzuführen: so kam man doch damit zu keinem bestimmten Resultate. Dem dänischen Professor Christian Dersted war es vorbehalten, durch seine, im Jahre 1820 in Betreff der Wechselwirkung zwischen Elektricität und Magnetismus gemachten, für die Wissenschaft höchst interessanten und folgenreichen Entdeckungen — für welche wir ihm den Dank seiner ganzen Mitwelt zu vindiciren haben — den eben so oft bestrittenen als verfochtenen Connerus zwischen beiden Potenzen mit Bestimmtheit nachzuweisen, und dadurch eine neue hellere Aussicht selbst für die Beweisbarkeit der Identität derselben zu eröffnen. Diese Entdeckungen Dersted's umfassen die unter dem Na-

men der elektro-magnetischen bekannt gewordenen Erscheinungen, welche später durch die Bemühungen anderer Naturforscher des In- und Auslandes, wie eines Ampère, Seebeck, Pechtl, v. Melin, Arago, Pfaff, de la Rive, Schweigger, Davy, Faraday, Poggendorff u. flg. noch mehr bestätigt und erweitert wurden, und so zur Begründung eines neuen Lehrzweiges, des Elektro-Magnetismus, führten, der, durch das Anziehende und Mannigfaltige des Gegenstandes, die Theilnahme nach allen Seiten hin lebhaft anregte, und noch gegenwärtig den Forschungsgeist der meisten Gelehrten im Fache der Experimentalphysik beschäftigt, um das tief verschleierte Geheimniß, in welches die räthselhafte Verbindung zwischen Elektrizität und Magnetismus eingehüllt ist, vollends zu durchdringen, und vollgültige Beweise dafür zu ermitteln, daß alle elektrischen und magnetischen Erscheinungen ihrer Natur nach wirklich identisch, und nur als durch Nebenumstände verschieden modificirte Aeußerungen einer und derselben Grundkraft zu betrachten sind. **Chr. Oersted** *Experimenta circa efficaciam conflictus electrici in acum magneticam*; Hafniae, 1820. 4. Fr. Kries über den Magnetismus und dessen Verbindung mit der Elektrizität, eine gekrönte Preisschrift. C. H. Pfaff, *der Elektro-Magnetismus*. Hamb. 1824. Fehner, *Elementarbuch des Elektro-Magnetismus*. Leipz. 1830. Darstellung der neuen Entdeckungen über die Elektrizität und den Magnetismus — durch Ampère und Babinet; aus dem Französischen. Leipz. 1822. Umriss zu den physischen Verhältnissen des vom Hrn. Prof. Oersted entdeckten elektro-chemischen Magnetismus, skizzirt von P. Ermann. Berl. 1822. —

S. 73.

**Oersted's** Fundamental-Versuch. Ablenkung der Magnetnadel durch den galvanischen Strom.

Die erste Entdeckung Oersted's, welche gewissermaßen als das Fundament aller übrigen elektro-magnetischen Versuche angesehen werden kann, individualisirt sich durch eine bestimmte Aenderung in der natürlichen Richtung der Magnetnadel, wenn diese in der Nähe eines galvanischen Stromes schwebt. Spannt man nämlich den Schließungsdraht (Rheophor) eines Volta'schen Apparates in der Richtung des magnetischen Meridians aus,

und stellt eine gewöhnliche horizontal schwebende Magnetenadel so in dessen Nähe auf, daß die Achse der Nadel mit der Richtung des Drahtes parallel ist, so wird diese, sobald die galvanische Kette geschlossen wird, nachdem sie mehrere heftige Schwankungen (Traversirungen) gemacht hat, nach einer gewissen, von der Richtung des elektrischen Stromes \*) und der Art der Stellung der Nadel zu dem Rheophor abhängigen, Regel aus ihrer Lage der Ruhe abgelenkt, und in dieser Ablenkung so lange erhalten, als die Kette geschlossen bleibt. Diese Ablenkung erfolgt, die Nadel mag frei in der Luft schweben oder in irgend einem Behälter, z. B. in einer mit Glas bedeckten Büchse von Holz oder Metall, abgesperrt seyn, indem die magnetische Kraft des elektrischen Stromes, wie die eines gewöhnlichen Magnetes, durch alle Körper, sie mögen sonst für Leiter oder Isolatoren der Elektrizität gelten, ohne Schwächung hindurch wirkt. (§. 59.) —

Das von Dersted genau bestimmte Gesetz, nach welchem sich die Abweichung der Nadel richtet, ist folgendes:

1) Fließt der (positive) elektrische Strom in dem Schließungsdrahte von Süden nach Norden, und befindet sich die Nadel in einer Vertikal-Ebene nahe unter ihm, so weicht sie mit ihrem Nordpol nach Westen ab. (Fig. 15.)

2) Schwebt bei derselben Richtung des Stromes die Nadel dagegen in einer Vertikal-Ebene über dem Drahte, so weicht ihr Nordpol eben so weit nach Osten ab. (Fig. 16.)

3) Führt man den Leitungsdraht in einer und derselben horizontalen Ebene, also seitwärts der im magnetischen Meridiane balancirenden Nadel (am Besten einer Inklinationsnadel) hin: so wird

\*) Wenn von der Richtung des elektrischen Stromes bei elektromagnetischen Erscheinungen die Rede ist, so wird immer nur der positive gemeint und der negative ganz außer Acht gelassen. Die Richtung des positiven Stromes geht aber bei einfachen Ketten nicht, wie bei einer galvanischen Säule, von dem Zinkpol zu dem Kupferpol durch den Schließungsdraht (§. 39.), sondern vom Zink durch den flüssigen Leiter zum Kupfer, folglich umgekehrt in dem Schließungsdraht von dem Kupfer zu dem Zinkpol. (§. 35.) Wendet man bei Anstellung des Dersted'schen Experiments einen aus mehreren Plattenpaaren bestehenden Apparat an, so wird daher der Erfolg ein umgekehrter von dem oben angegebenen.

nicht ihre Abweichung, sondern ihre Neigung verändert, und zwar (bei der nämlichen Richtung des elektrischen Stromes), wenn der Draht an der Ostseite der Nadel hingehet, die Spitze (der Nordpol) derselben aufwärts gehoben; und

4) wenn der Draht neben der Westseite der Nadel ausgespannt ist, ihre Nordspitze niederwärts gezogen. (S. 76.)

Wird die Richtung des elektrischen Stromes umgekehrt, so daß er, statt von Süden nach Norden, von Norden nach Süden geht, so erfolgen die Ablenkungen der Magnetnadel auf die entgegengesetzte Weise. Es wird daher die westliche Abweichung zur östlichen u. s. w. — Man sieht aus diesen Erscheinungen, daß der elektrische Strom die Achse der Nadel in eine auf der seinigen senkrechte Richtung zu stellen sucht, und daß der Nord- und Südpol der letztern denselben nach entgegengesetzter Richtung zu umkreisen streben.

Die Größe des Bogens, um welchen die Nadel aus ihrer normalen Richtung abgezogen wird, richtet sich theils nach der Nähe, in welcher sie sich bei dem Stromträger befindet (indem sie um so mehr abgelenkt wird, je näher der elektr. Strom an ihr vorbeigeht); theils nach der Genauigkeit, mit welcher der Rheophor in dem magnetischen Meridiane ausgespannt ist (indem — nach dem Gesetze der Zerfällung mechanischer Kräfte — die Ablenkung der Nadel um so geringer wird, je größer der Winkel ist, um welchen jener von der Richtung der magnetischen Mittagslinie abweicht); theils endlich und vorzüglich nach der Stärke und Stätigkeit des elektrischen Stromes selbst. Die Spannungsgröße der den Draht durchströmenden Electricität hat auf sie nicht den mindesten Einfluß. Es erfolgt daher die Ablenkung der Nadel stärker bei Anwendung einer einfachen galvanischen Kette (die eine große Quantität elektrischer Materie mit Einem Male in Thätigkeit setzt, und deshalb auch durch ihr Funken-erzeugendes und überhaupt chemisches Vermögen excellirt, S. 46.), als bei einer gewöhnlichen Volta'schen Säule, wo dieselbe Menge Zink und Kupfer in vielen kleinen Platten über einander geschichtet ist (und die jener durch die starke elektrische Spannung an ihren Polen, d. h. durch die Lebhaftigkeit ihres Bestrebens sich zu entladen und das elektrische Gleichgewicht herzustellen, überlegen ist) — und sie erreicht ihr Maximum, das nach Obigem  $90^\circ$  beträgt, um so gewisser, je größer die beiden Platten der einfachen Ketten an Umfange

sind, und je ergiebiger die dadurch in Gang gebrachte Elektrizitätsquelle ist. Daraus ist erklärlich, warum anfangs mehreren Physikern bei der Anwendung sehr hoher Säulen die *Dersted'schen* Versuche entweder ganz mißlingen, oder doch nicht in der Vollkommenheit gerietten, daß sie eine Bestätigung des aus diesen gezogenen Gesetzes über die Größe der Abweichung der Nadel finden konnten. Trockene (*Bambonische* oder *Jäger'sche*) Säulen bleiben aus demselben Grunde ebenfalls ohne alle Wirkung auf die Nadel. (§. 43.)

§. 74.

Galvanische Apparate für *Dersted's* Versuche und zu Darstellung elektromagnetischer Erscheinungen überhaupt. Die neuesten Zellenketten von *Daniell*, *Grove*, *Roberts*, *Spencer* und *Bunfen*.

In Hinsicht auf das oben angeedeutete Verhältniß ist, unter den einfachen galvanischen Apparaten zunächst der bequemste und vortheilhafteste zur Darstellung der *Dersted'schen* Versuche und fast aller übrigen, dahin einschlagenden Erscheinungen, eine einfache Kette aus zwei 3—8—10 □ Zoll (oder selbst 1—2 □ Fuß) großen, Platten von Zink und Kupfer, welche, nachdem man an eine jede einen Leitungsdraht von 1—2 Fuß Länge angehängt oder besser angelöthet hat, durch eine mit irgend einer sauren oder salzigen Flüssigkeit getränkte und dazwischen gelegte Luchscheibe derselben Größe von einander getrennt, auf eine isolirende Unterlage (z. B. eine Glasscheibe) gelegt und durch ein aufgesetztes Gewicht zusammengepreßt werden \*); — oder statt dessen ein einzelner schmaler kasten-

\*) Nachdem die Entdeckung gemacht worden ist, wie durch Amalgamirung des positiven Erregers in der Zinkkupferkette die Zerstörung desselben durch den nassen Zwischenleiter vermindert und der Strom derselben kontinuierlicher und gleichmäßiger hergestellt werden kann (§. 37.), ist auch die über *Daniell's* und *Grove's* unschätzbaren Erfindungen der Zellenketten mit zwei verschiedenen Flüssigkeiten fast ganz verlassene Plattenform der galvanischen Kette wieder aus ihrer Vergessenheit hervorgezogen worden. So benützt *Dr. Neeff* (in Frankfurt) zur Magnetisirung des Eisens, an einem von ihm vorzugsweise für therapeutische Zwecke erfundenen Magnetektromotor, einen Plattenapparat von acht 4 Zoll breiten und 4½ Zoll langen Kupfer- und vier eben so großen

förmiger Trog von Kupfer, mit einer aciden Flüssigkeit gefüllt, in welchen eine (am besten amalgamirte) Zinkplatte, unter Vermeidung des Contactis mit den Wänden des Kastens, eingehängt wird. Um die Wirkungskraft eines solchen Kastenapparates, bei dem das Kupfer der leitenden Flüssigkeit eine überwiegend größere Oberfläche darbietet, als der zweite Elektromotor, das Zink — einzusehen, ist es nöthig, hier die Mittheilung einer merkwürdigen Erfahrung, die man in Hinsicht auf das Umfungsverhältniß des Kupfer-Elementes zu dem Zink-Elemente bei der galvanischen Kette in neuerer Zeit gemacht hat, nachzuholen. Man hat nämlich gefunden, daß die Wirksamkeit einer Kette nicht im Mindesten geschwächt wird, wenn man der Oberfläche des Kupfers (oder überhaupt des negativen Erregers) eine größere Ausdehnung als dem Zinke (dem positiven Erreger) giebt, daß im Gegentheile die Mächtigkeit des Stroms durch einseitige Vergrößerung der Kupferplatte sich noch um ein Beträchtliches steigert. Die Erscheinung ist noch nicht erklärt. Man hat aber schon längst eine vortheilhafte Anwendung von ihr dahin gemacht, daß man, um das Abfließen des nassen Zwischenleiters bei hoch aufgerichteten Volta'schen Säulen zu verhindern, den Rand der Kupferplatten über die Zinkplatten hervorragen läßt, so wie auf ihr zum Theil auch die Wirkung der von Davy zum Schutze des Kup-

---

amalgamirten Zinkplatten, welche zu vier Paaren, durch trockene Pappe abgefondert, neben einander in einer Schraubenpresse aufgestellt sind, und zwischen welchen acht im Umfang etwas kleinere Pappenscheiben, die vorher mit zehnfach verdünnter Schwefelsäure bis zur Sättigung getränkt worden, — auf gehörige Weise eingeschaltet liegen. Nach des Erfinders Versicherung ist dieser Apparat nicht allein von der Entwicklung der Gesundheit schädlicher Gase, sondern auch von dem so lästigen Bogen der elektrischen Kraft frei, und seine Wirksamkeit von so langer Dauer, daß sie, selbst bei täglichem Experimentiren — wenn man die Vorsicht beobachtet, nach jedesmaligem Versuche die Kette zu öffnen — erst nach 12 bis 14 Tagen abläuft und die Einlegung neuer Pappe nöthig macht. Die Metalle selbst werden dabei so wenig angegriffen, daß man nach 14tägigem Gebrauche bei dem Auseinandernehmen der Kette dieselben nur abzutrocknen und erst nach 4- bis 6 wöchentlicher Dauer sie durch Scheuern zu reinigen braucht. Durch Auf- und Zuschrauben der 7 Zoll langen und 6 Zoll breiten Presse kann die Wirkung nach Belieben geschwächt und erhöht werden.

ferbeschlagens an den Schiffen erfundenen Protektoren oder Bewahrer \*) beruht. In gleicher Weise ist dieser Erfahrungssatz auch von Faraday in seinem neuesten Trogapparate und bei der Einrichtung des erwähnten und in Fig. 17. abgebildeten einfachen Kasten-Apparates benutzt, zu dem die erste Idee Berzelius durch seinen Trogapparat gegeben hat. Der Kasten von Kupferblech ist in Form eines Parallelepipedums gearbeitet, das 28 bis 30 Zoll breit, eben so hoch oder auch, des festern Standes wegen, etwas nie-

\*) Die von Davy erfundenen Protektoren (welche dazu dienen, die Zerstörung des Kupfers an den Schiffen durch das salzige Meerwasser zu verhüten) äußern ihren Nutzen durch die desoxydirende Wirkung der galvanischen Ketten (§. 51.), und bestehen in kleinen Platten von Zink, Zinn, Gußeisen oder irgend einem andern gegen das Kupfer positiv sich verhaltenden Metalle (§. 37.), welche an einzelnen Stellen des Kupfers, womit die Schiffe wegen der Zerstörung der Planken durch die Seegewürme, so weit sie im Wasser gehen, beschlagen werden, befestigt sind. Es entstehen dadurch eben so viele galvanische Ketten, als Platten angebracht werden, deren elektromotorische Wirkung durch die überwiegende Menge des (negativen) Kupfers erhöht wird, und durch deren elektrolytische Wirkung das salzige Meerwasser auf die oben beschriebene Weise in seine Bestandtheile zerlegt wird. (§. 51.) Der Sauerstoff und die Säure des Salzes wird zu dem positiven Elemente, dem Protektor, hingeleitet, und in gleichem Verhältnisse seine zerstörende Einwirkung von dem negativen Gliede der Kette, dem Kupfer, abgewendet. Der Protektor wird daher durch Drydation vernichtet, während das Kupfer nur das Natrium des Salzes zugewiesen bekommt, und, weil dieses von dem Wasser leicht wieder abespült wird, frei von Grünspan bleibt und seine blanke Oberfläche behält. So wohlthätig sich diese Erfindung Davy's in der Erfahrung bewies, so bemerkte man doch bald einen Nachtheil derselben, der darin bestand, daß wegen Abwesenheit des Grünspans eine große Menge von Seethieren und Zoophyten an dem Kupfer sich ansiedelte, durch welche der schnelle Lauf der Schiffe gehemmt wurde. Davy half später diesem Fehler ab, indem er die Größe der schützenden Platten so weit verminderte, daß sie die Drydation des Kupfers nicht ganz aufhoben, sondern die Entstehung eines leichten Anflugs von Grünspan an diesem zuließen, der gerade ausreichend war, das Anhängen der Seethiere zu verhüten, ohne die Schutzkraft der Protektoren allzusehr zu beeinträchtigen. — Daß, nach Fechner's Erfahrung, die Wirkung einer Kette aus Zink und Kupfer auch durch einseitige Vergrößerung der Zinkfläche vermehrt wird, steht mit obigem Gesetze nicht im Widerspruche, und ist aus §. 35. begreiflich.

driger, und  $1\frac{1}{2}$  Zoll weit ist. Ein im Umfang etwas kleineres Zinkblech (von der Stärke, wie man sich dessen als Material zu Dächern der Wohnungen bedient, und das man, um durch die Ab- und Zunahme in der Stärke des elektrischen Stromes bei Anstellung der Versuche nicht gestört zu werden, auf die oben S. 37., gelehrte Weise amalgamirt hat) wird mittelst zweier quer am obern Rande durch dasselbe gesteckten Glasstäbe so in die Höhlung des Kastens eingehängt, daß es darin frei schwebt und an keiner Stelle mit der innern Fläche des Kupfers in Berührung ist. An die eine Ecke der etwas über die Zelle herausragenden Zinkplatte, ist eine kleine Dille **B**, und eine zweite **D** ihr gegenüber, an dem obern Rande des Kastens angelöthet. Beide Dillen haben die Bestimmung, die (vorher blank geschabten) Enden des Schließungsdrahtes aufzunehmen. Schließt man diesen Apparat entweder dadurch, daß man, nachdem vorher in die Kupferzelle eine saure Flüssigkeit eingegossen, die Zinkplatte eingesetzt, und das eine Ende des Rheophors in die an dem Zinke haftende Dille gesteckt worden ist, das andere Ende des letztern in die Dille des Kupfers einschleibt, oder dadurch, daß man, nachdem zuvor beide Drahtenden in die Dillen eingesteckt wurden, nun erst die Flüssigkeit eingießt und die Zinkplatte in den Kasten bringt: so werden sich sogleich die Ablenkungen einer bis dahin ruhig in der Nähe des Rheophors stehenden Magnetnadel in der Art, wie oben angegeben, zeigen. —

Ein eben so bequemer einfacher Zellenapparat, der im Verhältnisse zu dem kleinen Raume, den er einnimmt, und bei einem äußerst geringen Aufwande von Flüssigkeit, einen noch mächtigeren elektrischen Strom in Bewegung bringt und sich auf dieselbe Art benutzen läßt, als der obige Apparat, ist der von dem Amerikaner Robert Hare erfundene Calorimotor oder Desflagrator, dem er diesen Namen deshalb gegeben hat, weil er mit ihm viel größere Hitzegrade erzeugen konnte, als mit jedem andern Trogapparate \*).

\*) Dem Desflagrator in seiner großen Kraft, die höchsten Wärmegrade hervorzubringen, nahe stehend, und nur durch die Kleinheit seiner Elemente von ihm verschieden, ist Wollaston's mikrogalvanisches Feuerzeug oder galvanischer Fingerhut. In einem platt gedrückten, und dadurch in die Form einer länglichen Ellipse gebrachten, silbernen oder auch kupfernen Schneiderfingerhut, der an beiden Seiten of-



Er wird auf folgende Weise zubereitet: Man legt zwischen eine Tafel Kupferblech und ein eben so großes Stück gewalztes Zink

fen ist, ist eine kleine Zinkscheibe, durch Siegellack isolirt, und parallel mit den kaum 2 Linien von einander abstehenden Wänden des Fingerhuts befestigt. An den beiden Ecken der oberen Oeffnung ist ein gebogener Silberdraht als Handhabe, und an dem Zinkplättchen ein 1" langer Platindraht von  $\frac{3}{16}$ " Durchmesser angelöthet. Dieser wird mit der Handhabe durch einen noch viel feinem, beiderseits angelötheten, Platindraht von höchstens  $\frac{1}{30}$  bis  $\frac{1}{20}$  Zoll Länge in Verbindung gebracht. Taucht man den Fingerhut, indem man ihn an seiner Handhabe faßt, bis zu  $\frac{1}{2}$  seiner Höhe in verdünnte Salpeter-, oder wenn der Ring von Kupfer ist, Salzsäure: so entladet sich die Elektrizität der beiden Metalle durch die stark leitende Flüssigkeit mit solcher Schnelligkeit, daß das kurze feine Platindrähtchen glühend wird und man Schwamm an ihm entzünden kann. Mißlingt der Versuch, so ist der Platindraht, welcher den Berührungspunkt der beiden Metalle bildet, noch nicht fein genug, und es ist dann nöthig, entweder einen feinem anzubringen oder den ganzen Apparat nach einem größern Maasstabe anzufertigen. — Aus einer Combination von mehreren (200 bis 250) solchen galvanischen Feuerzeugen, in größerm Maasstabe ausgeführt, besteht der allerstärkste Trogepparat, den Hare fertigte, und den er ebenfalls einen Deflagrator nennt. Die kupfernen, unten und oben offenen Hülsen befinden sich bei ihm in einem hölzernen Troge nahe neben einander, und eine jede ist von ihrem Nachbar nur durch ein dazwischen gestecktes überfirnißtes Blatt Kartenpapier getrennt. In einer jeden Hülse ist eine 7" lange und 5" breite Zinkplatte enthalten, die darin durch eine  $\frac{1}{2}$ " starke und überfirnißte Leiste von Holz befestigt ist, welche zugleich die unmittelbare Berührung der Zinkplatte mit dem Kupfer verhindert. Bei dem Gebrauche wird die leitende Flüssigkeit erst in den Trog gegossen, und sodann das Kupfer jeder Kette mit dem Zinke der folgenden durch Metallstreifen in Verbindung gesetzt. Den Dienst der Leitungsdrähte versehen dicke Bleidrähte, die an den beiden Polen des Apparates angelöthet sind. Die Wirkungen desselben sind Erstaunen erregend. Platindrähte von  $\frac{1}{16}$ " Durchmesser werden augenblicklich beim Schließen desselben geschmolzen; eben so Stahldrähte von derselben Stärke. Die bleiernen Rheophoren selbst werden so heiß, daß man sie nicht mehr mit den Händen fassen kann, weshalb man an ihnen hölzerne Handhaben anbringen muß. Baryt, das auf Platinblech gelegt war, wurde schnell metallisch reducirt, wobei aber das erhaltene Baryum-Metall sogleich wieder mit größter Heftigkeit verbrannte und das Platinblech selbst zerstört wurde. Wurde die Batterie durch Kohle geschlossen (zu welchem Zwecke zwei zugespitzte Kohlentüchchen in zwei kleine messingene Röhrchen gesteckt wurden, die vorher mit den bleiernen Schließungsdrähten zusammen ge-

eine Scheibe von Tuch oder Leder, rollt das Ganze spiralförmig zusammen, so daß die Metalle nahe an einander hinlaufen, ohne sich zu berühren, zieht dann die Zwischenlage heraus, und bringt statt ihrer kleine, kaum  $\frac{1}{4}$  Zoll dicke hölzerne Stäbe zwischen die Platten, um sie in der ihnen gegebenen Lage zu befestigen, und ihre gegenseitige Berührung zu verhüten, oder man hält nach Entfernung der Tuchscheibe die Bindungen dadurch in ihrer Lage fest, daß man ein Kreuz von Holz, in welches  $\frac{1}{4}$  Zoll weit von einander so viel Kerben eingeschnitten sind, als der Desflagator Bindungen hat, quer über sie legt, und die obere Kante der letztern in jene einflammt. Man taucht sodann die Kette in einen Glascylinder mit einem feuchten Leiter (nach Hare am besten einer alkalischen Flüssigkeit), und verbindet die Metalle durch einen Schließungsdraht.

Man hat ferner den Volta-Apparat auch dahin abgeändert, daß man statt des Kupfers einen andern negativen Erreger nahm, wozu von Martyn Roberts (in England) das Eisen vor allen andern empfohlen worden ist, und diesen statt der Platten-, Kasten- oder Spiralförmig in die Form eines Cylinders bringt. Man verbindet z. B. zwei 14 Zoll hohe aber ungleich weite Cylinder von Eisen, von denen der größere einen Durchmesser von 9 bis 10 Zoll, der kleinere hingegen von 8 bis 9 Zoll hat, durch einen Boden von demselben Metalle, den man anlöthet, und hängt dann einen Zinkcylinder in den 1 Zoll weiten zirkelförmigen Zwischenraum zwischen beiden, entweder mittelst gläserner Querstäbe schwebend, ein, oder isolirt ihn dadurch in demselben, daß man den Boden des Doppelscylinders mit Harz ausgießt, oder an mehreren Stellen mit Kork belegt, worauf man den Zinkcylinder stellt. Die blanken Endstücke der Schließungsdrähte werden in Dosen, oder mit Quecksilber gefüllte Näpfschen, oder selbst nur Löcher, die an gegenüber liegenden Stellen des Zinks und Kupfers angebracht sind, eingehängt, wenn man nicht vorzieht, erstere gleich an die beiden Metalle anlöthen zu lassen, was aber die Handhabung des Ganzen etwas schwerfällig macht. Als Flüssigkeit wird bei einer solchen Zink-Eisen-Kette, wie bei der

---

(löthet waren): so entstand schon in einem Abstände von 1 Zoll zwischen beiden Kohlenstücken ein leuchtender Feuerstrahl von solcher Lichtintensität, daß Hare von dem Glanz desselben eine Entzündung der Augen bekam.

Combination von Zink und Kupfer, verdünnte Schwefelsäure angewendet; doch eignen sich auch andere Flüssigkeiten, als Natriumalkali, Kochsalzauflösung und Salpetersäure dazu (wenn die Lötung des Bodens hart ist). Nach den Versuchen Roberts, die auch durch nachherige scharfe Messungen von Poggendorff Bestätigung erhalten haben, steht die Stromstärke der so zubereiteten Kette nicht allein über der von Zink und Kupfer combinirten, sondern selbst über der Combination des Zinks mit dem noch negativeren Silber oder Platin; ein Umstand, der noch nicht genügend erklärt ist, der aber nicht verhinderte, daß man jetzt überall anfängt, dem Eisen in den galvanischen Apparaten, sie mögen einfache oder mehrgliedrige Ketten und Säulen seyn, den Vorzug vor dem Kupfer zu geben, vor dem es noch bei größerer Wohlfeilheit den Vortheil voraus hat, daß der von ihm bei der Verbindung mit Zink erregte Strom einen ruhigeren Gang hat, und in seiner Intensität langsamer abnimmt als der der Zinkkupferkette. Nur der gleich näher zu betrachtenden Daniell'schen Zellenkette steht die Zinkeisenkette sowohl an Stärke als an Beständigkeit des Stromes nach. Auch wird die Stromstärke derselben nicht vermehrt, wenn, wie in der Daniell'schen Kette, zwei Flüssigkeiten, durch einen porösen Zwischenkörper getrennt, zugleich mit den beiden Metallen (mit dem Eisen eine Eisenvitriollösung, mit dem Zink eine Säure) in Berührung stehen.

Aus §. 37. erfahren wir, wie galvanische Ketten mit nur Einer leitenden Flüssigkeit für elektrochemische sowohl, als elektromagnetische Experimente dadurch unbequem werden, daß die Stärke des durch sie erregten elektrischen Stromes sich nicht constant bleibt, sondern ab- und zunimmt. Zur Sicherstellung gegen diese Unbequemlichkeit, das sogenannte Wogen der galv. Kette, sind verschiedene Mittel vorgeschlagen worden, deren Wirksamkeit auch durch die Erfahrung bestätigt worden ist (§. 37.). Auf kürzerm Wege wird derselbe Zweck durch die von Daniell verbesserte Zellenkette erreicht, deren §. 37. und 42. gedacht wurde, und in welcher jeder der beiden Elektromotoren von einer besondern, der Natur des Metalles angepassten Flüssigkeit umspült wird; und die abgesehen davon, daß sie frei von der bei andern Apparaten so lästigen Gasentwicklung ist, einen viel stärkern und constantern Strom erzeugt, als die gewöhnlichen Zinkkupferketten, welche verdünnte Schwefelsäure allein ent-

halten, und zwar mit seltener Kraft wirken, aber gar bald an Stärke wieder verlieren. Ihre Einrichtung ist nach der einfachsten Methode, sie zu construiren, diese: Ein 8" hohes und 5" im Durchmesser haltendes cylinderförmiges Gefäß von Kupfer wird etwa zur Hälfte mit einer saturirten Lösung von Kupfervitriol angefüllt, sodann ein eben so hohes Stück Zinkblech spiralförmig, aber ohne daß die einzelnen Windungen sich berühren können, zusammengerollt, so daß, wenn die Spirale in den Kupferständer gesenkt wird, zwischen diesem und der äußern Wandung derselben, ein freier Zwischenraum von  $\frac{1}{2}$  bis 1" Weite übrig bleibt. Hierauf steckt man die Zinkspirale in eine vorher in Wasser eingeweichte thierische Blase (oder noch besser in den Blinddarm eines Kindes) und bindet diese an dem obern Rande der Spirale mit Zwirn fest, so daß diese an ihrer untern Oeffnung und an der ganzen Außenseite mit der thierischen Haut umschlossen ist. Man senkt sodann die so zubereitete Zinkzelle, nachdem vorher der Boden des Kupferständers mit einer isolirenden Substanz, z. B. einem Stück Kork, belegt worden ist, in diesen ein, und füllt die erstere mit einer saturirten Auflösung von Salmiak oder Küchenalz voll. Das Hin- und Herschwancken der Zinkspirale in der Flüssigkeit der Kupferzelle, wird durch Einklemmen von Korkstücken zwischen beide Behälter verhütet. Die Blase isolirt als ein poröses Diaphragma die Salzlösung, welche das Zink in allen seinen Punkten benetzt, von der Kupfervitriolauslösung, und verhindert ihre beiderseitige Vermischung, ohne als feuchter Zwischenkörper dem Durchgange des bei dem Schließen der Kette entstehenden elektrischen Stromes durch die beiden Flüssigkeiten ein Hinderniß in den Weg zu legen. Als Rheophoren dienen am Besten 1 bis 2 Fuß lange  $\frac{1}{2}$  Zoll dicke Kupferdrähte, welche (an einer Stelle ihres Laufes eine Strecke spiralförmig aufgerollt seyn können, S. 95., und) mit ihren blank gemachten Enden in Löcher, Defen oder Dillen, die an dem obern Rande der Kupfer- und Zinkzelle angebracht sind, eingehängt werden. Schon bei dieser mäßigen Dimension, welche die beiden Elemente dieser Kette haben, ist der Effect derselben so stark, daß die Schließungsdrähte heiß werden, daß helle Funken knistern, wenn die freien Endstücke der beiden Schließungsdrähte an einander gerieben werden, eine in ihrer Nähe aufgestellte Compaßnadel schnell ihre Ruhelage verläßt, und ein hufeisenförmiger Stab von weichem

Eisen, dessen Drahtumwickelungen man mit ihnen in Verbindung setzt, stark genug magnetisch gemacht wird, um, nach der Größe des Hufeisens und nach der Zahl und Dicke der um dasselbe gerollten Drahtwindungen, an dem angelegten Anker Lasten von 10, 20 bis 50 Pfund tragen zu können. (§. 79.) Ihre Wirkung kann noch verstärkt werden, wenn man statt des Kupferständers einen Kupfercylinder (ohne Boden) nimmt, und diesen in ein Glasgefäß von etwas größerem Durchmesser setzt, wo dann das Kupfer nicht bloß an seiner innern, sondern auch an seiner äußern Fläche von der Vitriol-lösung bespült wird. Spencer construirt die wohlfeilste Daniell'sche Kette ohne alles Kupfer, indem er ein Stück dünnes Tabaksblei oder das Blei aus einer chinesischen Theekiste nimmt, und es sternförmig faltet, so daß man einen Cylinder erhält, der, von oben betrachtet, die Gestalt von Fig. 18. hat, in welcher Form das negative Metall die doppelte Oberfläche in demselben Raume darbietet. Der Cylinder wird dann in ein Glasgefäß gestellt, in ihn selbst ein Cylinder von (gebranntem) Thon oder von dickem braunen Packpapier, und in diesen der positive Erreger, das Zink. Der innere Raum des porösen Diaphragma wird mit einer Auflösung von Zinkvitriol, Glaubersalz oder Küchensalz angefüllt, der Bleicylinder aber selbst steht in schwefelsaurer Kupferoxydlösung. Durch die galvanische Action der geschlossenen Kette wird das Blei schnell mit Kupfer überzogen, und dadurch in eine Kupferplatte umgewandelt.

Ein an Beständigkeit der Stromstärke der Daniell'schen Kette gleich stehender, an letzterer selbst aber ihr noch überlegener hydroelektrischer Apparat (der ebenfalls aus zwei besondern excitirenden Flüssigkeiten combinirt ist, und der, weil er in sehr kleinem Raume sehr große Wirkung äußert, in der neuesten Zeit sehr viel Aufsehn erregt hat) ist die von Grove (in Wandsworth) erfundene Batterie, aus nur wenigen kleinen Plattenpaaren von Platin und amalgamirtem Zink, wovon ersteres in einer dünnwandigen porösen Zelle (von gebranntem Thon) sich befindet, und hier von concentrirter Salpetersäure umspült wird, und letzteres, das Zink, in verdünnter Salzsäure oder Schwefelsäure, welche die poröse Zelle von außen umgiebt, eintaucht. Die Wirksamkeit des Platins in dieser Combination mit amalgamirtem Zink ist nach Jacobi, der vergleichende Untersuchungen über die Wirksamkeit der Grove'schen

und der Kupfer-Zink-Zellenkette vornahm, so ausgezeichnet, daß sechs Platinpaare, jedes von einem  $\square$  Fuß Oberfläche, die nämliche Wirkung geben, wie zehn Kupferpaare, von denen jedes zehn  $\square$  F. Oberfläche hat. Er benutzte auch diese Ueberlegenheit des Platins als elektro-negatives Metall über das Kupfer auf das Glücklichsie zu Vervollkommnung der Anwendung der elektro-magnetischen Kraft als Triebkraft bei der Flottnmachung der Schiffe (S. 90.). Um eine möglichst große Platinfläche in einer einfachen Grove'schen Zellenkette wirksam zu machen, hat Grüel (in Berlin) derselben folgende Gestalt gegeben: Zwei gleich große Streifen (der Wohlfeilheit wegen ganz dünn ausgeschlagenes) Platinblech, von der Breite des Durchmessers der aus gewöhnlichem Pseifenthon verfertigten porösen Zelle, werden mit zwei Einschnitten, wie Fig. 19. darstellt, versehen, und mittels dieser ihrer Länge nach so in einander gefügt, daß sie sich in ihrem Mittelpunkte unter rechten Winkeln durchkreuzen. Hierauf wird ein gewöhnliches Trinkglas mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt, in diese ein amalgamirtes Zinkblech, das man, bevor es amalgamirt wurde, in Cylinderform gebogen hat, gestellt, sodann das Thongefäß eingefenkt und in dieses, nachdem man es mit Salpetersäure angefüllt hat, das Platinkreuz; wie dieß Fig. 20. im Querschnitt zu erkennen giebt, wo die äußere Kreislinie das Glas, die zweite das Zink, und die dritte das Thongefäß andeutet. Als Neopbor dient ein dicker Kupferdraht, der mit seinem zu diesem Zwecke eingesägten Ende in die Mitte des Platinkreuzes oder anderseits auf den obern Rand des Zinkblechs eingeklemmt wird. So entschiedene Vorzüge der Grove'schen Platin-Zinkkette auch vor andern Zellenketten zustehen, so hat sie doch auch manche Unbequemlichkeiten. Denn, nicht gerechnet, daß ihre Anschaffung wegen des hohen Preises, in dem das Platin steht, kostbar ist, und daß man nicht überall die wegen des Gebrauchs der concentrirten Salpetersäure erforderlichen porösen Gefäße mit gehörig dünnen und regelmäßig geformten Wänden bekommen kann: so ist sie auch bei längerer Dauer ihrer Wirkung mit einer starken und deshalb sehr lästigen Entwicklung von salpetrig-sauren Dämpfen verbunden — wovon die Daniell'sche Kette gänzlich frei ist. Sodann dauert die Aktion der Platin-Zinkkette wegen des Gebrauchs von concentrirter Salpetersäure nie sehr lange, während die der Daniell'schen fort dauert, bis alles Kupfer niedergeschlagen

ist. Auch geschieht es, daß, wenn der Strom der Kette bei seiner Circulation einen bedeutenden Widerstand findet, sich die ercitirenden Flüssigkeiten so stark erhitzen, daß sie ins Sieden gerathen und überlaufen. Durch diese Eigenthümlichkeiten wird allerdings der Werth der Grove'schen Combination etwas geschmälert, dessenungeachtet muß ihr in der Reihe der verschiedenen galvanischen Apparate immer noch eine der obersten Stellen eingeräumt werden, wenn man berücksichtigt, welche außerordentliche Wirkungen dieselbe selbst in der ursprünglichen kleinen Dimension, nach welcher sie Grove construiert, leistet. Die poröse Zelle bildet bei ihm der Kopf einer Thompfeife, der, auf den Boden eines kleinen Glases befestigt, einen kaum  $\frac{3}{4}$  Z. hohen Cylinder von Platinblech und die nöthige Salpetersäure aufnimmt, während eine kleine amalgamirte Zinkplatte von 1 Z. Länge und  $\frac{1}{4}$  Z. Breite in dem Zwischenraume zwischen dem Glase und dem Pfeifenkopf sich befindet. Eine einfache Kette dieser Art übertrifft an Wirksamkeit alle andern bisher bekannten, und zersetzt mit Schwefelsäure gesäuertes Wasser mit größter Leichtigkeit. Eine aus 7 Gläsern und 7 Pfeifenköpfen bestehende Säule, die in Allem 20 □ Z. Metallfläche darbietet und einen Durchmesser von nur 4 Z. bei  $\frac{5}{4}$  Z. Höhe hat, liefert nach ihm 1 Kubikzoll Gas in zwei Minuten, und ist in ihrer chemischen Wirkung einer gewöhnlichen Säule von 50 bis 60 Platten parallel. —

Neben der Grove'schen Kette hat sich endlich neuerdings eine an Constanz und Stärke des Stromes mit jener ämulirende Zellenkette geltend gemacht, die von Prof. Bunsen (in Marburg) erfunden (und von ihm in den Annalen der Pharmacie Bd. 38, S. 311. beschrieben) worden ist, worin die Stelle des Platins durch Kohle — wie man sie nach des Erfinders Angabe durch heftiges mehrtägiges Glühen eines Gemenges von Steinkohlen und Coaks erhält — vertreten wird. Die so gewonnene Kohle stellt eine poröse sehr feste, fast wie Metall glänzende, Masse dar, die dabei wie Holz sich bearbeiten läßt und daher bequem zu Zellen verarbeitet werden kann, so daß bei ihrer Anwendung die bei der Grove'schen Kette besonders erforderlichen porösen Zellen entbehrt werden können. Die Schwierigkeit, eine Kohle zu erhalten, die bei hinlänglicher Porosität — worauf hauptsächlich, neben der starken Negativität der Kohle dem Zink gegenüber, die Wirksamkeit der Zink-Kohlenensäule beruht,

da sie in Folge dieser der anzuwendenden Flüssigkeit (rothe rauchende Salpetersäure) eine sehr große Fläche in ihrem Innern darbietet — zugleich die nöthige Dichtigkeit besitzt, um das Ueberfließen der Flüssigkeit (durch vorhandene Risse) nicht zu gestatten, und fest genug ist, um bei dem Formen in Cylinder nicht zu zerbrechen — ist bis jetzt Ursache gewesen, daß ihr Gebrauch noch nicht so allgemein geworden ist, als sie zu verdienen scheint.

Den einfachsten galvanischen (Platten-) Apparat, zur Darstellung der Abweichung der Magnetenadel unter der Gegenwirkung des elektrischen Stromes mit dem Magnetismus derselben, hat Vietz, Prof. der Mathematik zu Dessau, angegeben. Er ist in Fig. 21. abgebildet, und besteht aus einer Kupferplatte **A**, die mit einer mit Salzwasser benetzten Zuchscheibe **B** bedeckt ist, und aus einem zwei Zoll breiten Streifen Zinkblech **C**, der vier Mal rechtwinklig gebogen ist. Das eine Ende desselben liegt unter dem Kupfer, und das andere schwebt, durch die Elasticität des Metalls gehalten, über der Mitte der Zuchscheibe, um damit durch Niederdrückung die Kette schließen zu können. Ist sie auf diese Weise geschlossen, so wird durch den elektrischen Strom — der von der Berührungsstelle des Kupfers mit dem Zinke anhebt, und durch den Zinkstreifen, der hier die Funktion des metallischen Erregers und Rheophors zugleich ausübt, und durch den feuchten Leiter dem Kupfer wieder zusießt — die Nordspitze einer in  $x$  und  $y$  schwebend angebrachten Magnetenadel im Sinne der Dersted'schen Regel abgelenkt.

§. 75.

Ablenkung einer astatischen Nadel durch den galvanischen Strom.

Die Ablenkung der Magnetenadel bis zu ihrem Maximum, wo die Richtung ihrer Achse auf die Richtung des Leitungsdrahtes senkrecht ist (§. 73.), erfolgt, wenn die Nadel eine gewöhnliche ist, nur dann, wenn ein sehr starker elektrischer Strom mit Stetigkeit auf sie wirkt, indem nur in diesem Falle die entgegengewirkende Kraft des Erdmagnets, welche die Magnetenadel in die bestimmte Richtung von Süden nach Norden stellt (§. 63.), besiegt wird; ist der elektrische Strom schwächer, so geht sie nur um einen Bogen von wenigen Graden von ihrer ursprünglichen Richtung zur Seite. Eine astat-



tische oder neutralisirte Nadel dagegen (d. h. eine Verbindung von zwei gleich starken Magnetnadeln, die, mit ihren ungleichnamigen Polen auf einander gelegt und in dieser Lage an einander befestigt, um eine gemeinschaftliche senkrechte Achse beweglich, oder an einem ungezwirnten Seidenfaden in ihrem Schwerpunkte aufgehängt sind) wird, weil sie bei dieser Einrichtung dem Einflusse des Erdmagnetismus fast ganz entzogen ist, und vielleicht nur noch durch die geringe Differenz der etwas ungleichen Richtungskräfte der beiden Nadeln in der Richtung des magnetischen Meridians erhalten wird — schon durch den schwachen Strom einer einfachen Kette, deren Platten kaum 1 □ Zoll Oberfläche haben, bis zu dem Maximum von 90° abgelenkt und senkrecht auf den elektrischen Strom gestellt. Dasselbe erfolgt auch bei der von Clarke gegen die störende Einwirkung des Eisens in Schiffen auf die Magnetnadel vorgeschlagenen vierarmigen Nadel, die aus zwei wagerechten, in der Mitte ihrer Achsen unter rechten Winkeln verbundenen Nadeln besteht (S. 65.), oder bei einer gemeinen Magnetnadel, die man dadurch astatisch gemacht oder neutralisirt hat, daß man dem einen Pole derselben den gleichnamigen Pol eines andern kleinen künstlichen Magnets so weit nähert, daß die Nadel eben auf den Punkt kommt, aus ihrer Richtung zu treten. Dadurch wird ebenfalls der Einfluß des tellurischen Magnetismus auf die Nadel größtentheils aufgehoben und ihre Empfindlichkeit, weil sie in Folge dessen kein Bestreben mehr hat, in einer bestimmten Richtung stehen zu bleiben, so gesteigert, daß sie so gleich ihre Lage der Ruhe aufgibt, wenn eine andere, auch noch so schwache, magnetische Kraft sie sollicitirt. — Neutralisirte Nadeln der ersten und zweiten Art müssen, wenn sie fernerhin brauchbar bleiben sollen, nach jedesmaliger Anwendung aus einander genommen, und, mit ihren gleichnamigen Polen auf einander gelegt, aufbewahrt werden. —

Eine von Ampère erfundene, etwas complicirte astatische Magnetnadel, zur Erläuterung der elektro-magnetischen Anziehungen und der Wirkung des Erdmagnetismus auf die Magnetnadel, ist beschrieben in Gilb. Annalen, 1821 J., St. 2, S. 140. Eine Vereinfachung derselben hat später Schmidt angegeben. Ebendaf. 1822, St. 3., S. 243.

§. 76.

Gesteigerte Ablenkung der Nadel durch Vervielfältigung des elektrischen Stromes. Der elektromagnetische Multiplikator (das magnetische Galvanometer).

Da die Größe der Ablenkung der Magnetnadel hauptsächlich durch die Quantität (unabhängig von der Spannung) des elektrischen Stromes bestimmt wird (§. 72.): so kann die ablenkende Kraft eines sehr schwachen Stromes von Elektrizität auf eine Magnetnadel dadurch erhöht werden, daß man den Träger desselben in mehreren Windungen in der Richtung des magnetischen Meridians um die Nadel herumführt, und so den elektrischen Strom dieselbe mehrmals zu umkreisen nöthigt. Indem die elektrischen Ströme hierbei unten in entgegengesetzter Richtung mit der obigen sich bewegen, wirken sie da wie dort in gleicher Weise richtend auf die Nadel, d. h. die Nordspitze derselben nach einer und derselben Seite ablenkend, und begünstigen sich gegenseitig in ihrer Wirkung. Man erhält auf diese Art ein sehr wichtiges physikalisches Instrument, ein s. g. Galvanometer oder Galvanoskop, das zuerst von Poggendorf und Schweigger eingeführt und von ihnen sehr bezeichnend der elektromagnetische Multiplikator genannt wurde, weil die Wirkung des elektrischen Stromes auf die Magnetnadel in ihm so viel Mal sich vervielfacht, als Drahtwindungen neben einander liegen — abgesehen von dem geringen Ausfall in dieser, der durch den nicht zu vermeidenden größern Abstand der entferntern äußern Windungen von der Nadel, und durch die mit der Länge des Drahtes zunehmende Schwächung des Stromes wegen des Leitungswiderstandes verursacht wird. Schweigg. 3. Bd. 31, S. 1. Um einen solchen Apparat anzulegen, winde man einen langen dünnen Messing- oder Kupferdraht, welcher, damit der durch ihn fließende Strom nicht seitwärts sich mittheile, sondern durch alle Windungen des Drahtes hindurch geleitet werde, vorher mit Seide übersponnen (isolirt) ist, 50, 60, 100 bis 200 Mal um einen hohlen Cylinder von Holz, Kupfer oder von irgend einem andern nicht magnetischen Stoffe, oder selbst nur um die bloße Hand; drücke die erhaltene Schleife, nachdem man

sie von der Hand abgestreift, in die Form eines Ovals zusammen, und befestige sie auf die Art, wie Fig. 22. es zeigt, mittelst seidener Bänder an ein passendes Gestelle von lackirtem Holze, dessen Unterlage in der Mitte eine senkrecht stehende feine Spitze trägt, auf welcher eine dem längsten Durchmesser der Drahtschleife an Länge fast gleichkommende gewöhnliche Magnetnadel balancirt — so daß nur die beiden Enden des Drahtes frei bleiben. Man stelle nun die Vorrichtung parallel mit dem magnetischen Meridiane, und bringe die von Seide eine Strecke weit entblößten beiden Enden des Drahtes (die auch wohl, wie **A** und **B** der Figur andeutet, zur bessern Handhabung recht fest um ein Stückchen etwas stärkern Draht gewunden sind) mit den beiden Elementen einer ganz kleinen einfachen galvanischen Kette durch Andrücken in genaue Berührung: so wird sich augenblicklich die Magnetnadel aus dem magnetischen Meridian bewegen, einige Mal hin und her schwingen und dann, je nachdem das positive Glied der Kette mit dem einen oder mit dem andern Drahtende in Berührung ist, im Sinne der Dersted'schen Regel, in östlicher oder westlicher Abweichung von der Vertikal-Ebene des Draht-Ovals zur Ruhe kommen, indem sie mit jener Ebene einen größern oder kleinern und bei guter Wirkung des Multiplikators einen Winkel von  $90^\circ$  macht. Durch abwechselndes und abgemessenes Öffnen und Schließen der kleinen Kette läßt sich selbst die Nadel in eine schnelle und lange anhaltende horizontale Kreisbewegung um ihren Mittelpunkt versetzen. Ueberhaupt ist die Wirkung eines solchen Multiplikators so eminent, daß bei 60 bis 80 Windungen schon eine Kette aus einer Zink- und Silberplatte von der Größe des dritten Theiles eines  $\square$  Zolles, zwischen die als Zwischenleiter ein mit der Zunge befeuchtetes Stückchen Filzpapier gelegt ist, zum Gelingen des Versuches hinreicht \*).

Zu den Windungen des Multiplikators wird gewöhnlich Kupferdraht genommen, da dieser, wie Arago es nennt, vorzugsweise

\*) Ein  $\frac{1}{2}$   $\square$  3. großes Stückchen Zinkblech, wie es zum Dachdecken gewöhnlich verwendet wird (das man mit einem nicht ganz so großen, mit Salzwasser befeuchteten, Stück Löschpapier überdeckt, und auf welches eine wund gekrauste Silbermünze gelegt wird), giebt hierzu eine wirksame Kette ab, die Jedem gleich zur Hand ist.

magnetisch gestimmt ist \*). Auch ist es bei diesen und überhaupt bei allen elektro-magnetischen Versuchen für die möglichst vollständige Herstellung der Electricitäts-Leitung vortheilhaft, wenn die sich berührenden Metalle, namentlich die Enden der mit diesen in Verbindung gebrachten Leitungsdrähte, an den Punkten der Berührung oder Umwicklung (wenn sie, was noch mehr vorzuziehen ist, nicht angelöthet werden können) blank (regulinisch) geschabt, und dann (durch Reiben mit salpetersaurem Quecksilber) amalgamirt oder, wenn es Eisen (Stahl) ist, in schwefelsaurer Kupferlösung mit etwas Kupfer überzogen werden.

Man kann sich des Multiplikators, da er das Vorhandenseyn so schwacher galvanischer Ströme durch so deutliche Wirkung auf die Magnetenadel anzeigt, auch in andern Fällen als eines eben so einfachen als zuverlässigen Mittels bedienen, sehr kleine Spuren von Electricität, die wegen ihrer Geringfügigkeit unserer Wahrnehmung sonst sich entzogen haben würden, zu entdecken, und selbst ihrer Größe

\*) Munkke (in Gehter, Art. Multiplik.) macht darauf aufmerksam, wie es nicht selten geschieht, daß bei dem Ueberspinnen des zu Multiplikatoren bestimmten Kupferdrahtes dieser zerrißt; welchen Fehler die Posamentirer dadurch zu verbessern pflegen, daß sie die beiden Enden des Drahtes durch einen feinen Knoten wieder vereinigen. Da hierdurch der freie Fortgang des elektrischen Stromes verhindert wird, so soll man dergleichen Stellen zu entdecken und durch Zusammenlöthen das metallische Continuum des Drahtes wieder herzustellen suchen. Man klopft zu diesem Zwecke die beiden Enden der Drähte etwas breit, schabt sie mit einem Messer blank, und trägt mit einem Pötlchen auf diese etwas von einem dünnen Brei aus Salmiak und Baumöl, oder von Salmiakwasser, auf, erhitzt dann die Drahtenden in einer Weingeistflamme, und streicht mit einem Stängelchen Zinn über dieselben hin. Ist der Draht heiß genug, um das Zinn in Fluß bringen zu können, so bleibt sogleich etwas von diesem darauf hängen, worauf man schnell den Draht aus der Flamme entfernen muß, um den schwachen Zinnüberzug nicht zu verbrennen. Ist diese Amalgamirung an beiden Drahtenden vollzogen, so legt man diese auf einander, hält sie wieder einen Augenblick in die Flamme, was zur Schmelzung des Zinnes gerade hinreichend ist, und bläst dann schnell die Lampe aus, ohne die auf einander liegenden Drahtenden zu bewegen, wodurch die Lötung leicht wieder getrennt werden könnte. Auf ähnliche Weise lassen sich auch die Leitungsdrähte mit den Endgliedern galvanischer Apparate zusammenlöthen.

nach zu bestimmen, — und in der That hat man auch mit Hilfe desselben bei vielen Vorgängen elektrische Strömungen aufgefunden, die vorher ganz unbemerkt geblieben waren; so z. B. nach *Donné* und *Matteuci*, bei dem Lebensproceß der Thiere und selbst der Pflanzen (S. 27.), ferner in Körpern, besonders Metallen, mit ungleich erwärmten Stellen, so genannte thermo-electrische Ströme. (S. 102.) *Matteuci* wendet bei seinen Versuchen über die elektrischen Ströme in lebenden oder jüngst getödteten Fröschen und andern Thieren einen Multiplikator von 2500 Touren an, dessen Drahtenden mit kleinen Platinblättern versehen sind. Vier Schalen von Porcellain stehen, mit schwach gesalzenem Wasser angefüllt, in einer Reihe neben einander, in deren beide äußerste die Multiplikator-Enden eingetaucht werden. Mit den beiden mittlern Schalen stehen jene durch dicke und stark benähte Baumwollendochte in leitender Verbindung. Diese Vorrichtung hält der genannte Experimentator für nöthig, um sich gegen die durch die Berührung der Platinblätter mit den zu untersuchenden Körpertheilen erregte Thermo-Electricität zu sichern. Bringt man in die eine der beiden mittlern Schalen die Unterschenkel, in die andere den Rücken und den Kopf eines abgehäuteten Frosches: so zeigt die Nadel des Galvanometers durch eine starke Abweichung den Eintritt einer elektrischen Strömung an, die von den Füßen nach dem Kopfe gerichtet ist. *N. Notizen*, Aug. 1838. No. 145. Wird nach *Donné* das eine Platinende eines empfindlichen Galvanometers in das Auge einer Pflaume (einer Aprikose oder Pfirsche), das andere Platinende neben dem Stiele in die Frucht gesteckt: so weicht die Nadel alsbald um mehrere Grade ab, zum Beweise, daß ein elektrischer Strom, der von dem Stiele aus zu dem entgegengesetzten Ende der Frucht fließt, eingetreten ist. Werden die Multiplikator-Enden senkrecht auf die Längsachse der Frucht in die zwei Seitenhälften derselben eingestochen, so behält die Nadel ruhig ihre Richtung bei. Bei den genannten Früchten geht der (positive) Strom von dem Kelche der Frucht nach dem Stielende, bei Äpfeln und Birnen dagegen umgekehrt von der Basis der Frucht nach dem Kelche. Selbst über die Art der Entstehung dieser elektrischen Fluthen gab *Donné* das Galvanometer Aufschluß. Der Saft aus den zwei verschiedenen Hälften einer quer durchschnittenen Pflaume wurde in zwei besondere Gläser gepreßt, die ein Streifen Fließpapier

mit einander verband, und in jedes Glas ein Drahtstück des Multiplikators eingelassen. Die Nadel wurde hierdurch eben so aus ihrer Ruhelage abgezogen, wie vorhin, als der Multiplikator mit der ganzen Frucht in Verbindung war. Donné zieht hieraus den Schluß, daß die elektrische Strömung der Frucht aus der chemisch-verschiedenen Beschaffenheit der Säfte in dem obern und untern Theile derselben hervorgeht, von welchen der erstere bei einer Pflaume auf das Galvanometer wie ein Kali, der letztere wie eine Säure elektrisch wirkt. Stellt man ein Baumblatt so in Wasser, daß der Stiel desselben aus diesem herausragt, und sticht einen Platindraht in den Stiel ein, und setzt einen eben solchen mit der Oberfläche des Blattes unter dem Wasser in Verbindung: so soll, wenn beide Drähte mit den Enden eines Galvanometers verbunden werden, nach Blake von dem Stiele des Blattes aus ein Strom eintreten, dessen Entstehung der an der Oberfläche des Blattes vor sich gehenden Zersetzung, durch welche diese positiv und das umgebende Medium negativ elektrisch gemacht wird, zuzuschreiben ist. — Mit einem Galvanometer von 360 Touren, dessen Nadel asiatisch ist und kaum 2 Gran wiegt, erforscht derselbe Physiker die elektrischen Ströme, welche als Begleiter des Gährungsprocesses, namentlich der Zersetzung des Zuckers, vorkommen. Auf den Boden eines passenden Gefäßes wurde eine Platinascheibe gelegt und eine zweite in die Oberfläche der übrigen Flüssigkeit gebracht. Vermittelt angelötheter Platindrähte standen beide Scheiben mit dem Galvanometer in Berührung. Der von der untern Scheibe kommende war, der Isolirung wegen, in einer an ihrem untern Ende zugeschmolzenen Glasröhre durch die Flüssigkeit herausgeleitet. Als das Gefäß mit frischer, eben erst in Gährung tretender Würze gefüllt worden war, und diese bald darauf, wie gewöhnlich, eine Schicht Hefen auf den Boden des Gefäßes abgesetzt hatte, erlitt die asiatische Nadel eine Ablenkung, die sich allmählich steigerte, nach einiger Zeit ein Maximum erreichte, dann wieder zurück — und später nach einem kleinen Stillstand in eine allmählich zunehmende Ablenkung nach der andern Seite überging, von wo sie dann nach einem Maximum wieder in ihre natürliche Lage zurückkehrte. *N. Notiz. Sept. 1838. No. 154. —*

Mit Hülfe der Multiplikatornadel sind auch die leisen Ströme aufzufinden, welche durch *Bequerel's* berühmt gewordene und viel

besprochene einfache Kette aus Aetzkali und Säure und durch die chemische Wirkung flüssiger Leiter überhaupt erzeugt werden. (S. 22.) Ein unten und oben offener Glaszylinder wird in dieser Absicht in ein anderes Gefäß, dessen Boden mit einer dicken Schicht Thon bedeckt ist, gestellt und in den Thon fest eingedrückt. An jedes Ende eines guten Multiplikators wird ein Platinplättchen durch Löthung befestigt, wovon das eine in den Glaszylinder, das andere in das äußere Gefäß eingesenkt wird, doch nur so tief, daß, um der Mitwirkung eines fremden Stromes vorzubeugen, die Verbindungsstellen der Plättchen mit dem Drahte des Multiplikators nicht allein außer Berührung mit den einzugießenden Flüssigkeiten bleiben, sondern selbst nicht von dem Hauche derselben erreicht werden können. Wird nun in den Cylinder concentrirte Salpetersäure gegossen und in das größere Gefäß reines Flußwasser: so zeigt die Nadel, sobald die Flüssigkeiten sich berühren und chemisch zu vereinigen anfangen, durch eine Ablenkung von 3 bis 5 Graden einen elektrischen Strom an, der von der Säure durch die Touren des Multiplikators zum Wasser, welches sich hier zur Säure wie eine Basis verhält, geht. Der Strom wendet um, wenn statt der Säure eine concentrirte Lösung von Aetzkali oder Aetznatron eingegossen wird. Am stärksten aber weicht die Nadel ab, wenn bei Anwendung der Kalilauge das äußere Gefäß statt des Wassers Salpetersäure einschließt. Werden zwei Säuren angewendet, so bleibt die Nadel in Ruhe, weil kein Strom erregt wird. Zur Vereinfachung des Versuches kann auch der Glaszylinder von engem Durchmesser genommen und an seinem untern Ende bloß mit Thon, der mit derselben Lösung, welche in ihn gebracht werden soll, angefeuchtet ist, oder nur mit thierischer Blase, geschlossen werden. Noch einfacher ist der Apparat, der von Volta, behufs der Prüfung zweier heterogener Fluida auf die bei ihrem Contacte erzeugte elektrische Spannung durch das magnetische Galvanometer, ausgegangen ist. In ihm dient eine Vförmige Glasröhre von hinreichendem Kaliber zur Aufnahme der beiden Flüssigkeiten, wovon zuerst die schwerere in den einen und dann mit Vorsicht, um die Mischung beider zu verhindern, die leichtere in den andern Schenkel gefüllt wird, so daß die Flüssigkeiten ohne poröses Diaphragma in Berührung sich befinden. In jeden Schenkel wird ein Platindraht gesteckt, und die herausstehen-

den Enden beider Drähte mit dem Multiplikator zusammengefügt, der nun die elektrische Erregung durch die Bewegungen seiner Nadel auf die bekannte Weise anzeigt. Pogg. Ann. Bd. 14, S. 157. Bd. 37, S. 429, und Bd. 48, S. 1. Ann. der Ch. u. Ph. v. Wöhler u. Liebig, Bd. 25, Hest 1, S. 1. —

Das Galvanometer ist es endlich, mittelst dessen Benutzung von Faraday, Matteucci und Davy die Strömung in den (elektrischen) Fischen (S. 26. u. 89.) erforscht wurde, und womit die in den Schließungsdrähten einer galvanischen Säule nach ihrer Entfernung von dieser noch fortdauernde schwache elektrische Kraft — wenn diese nur noch in so geringem Grade diesen adhärirt, daß sie sich durch anderweite Wirkungen, z. B. durch Zersetzung des Wassers, nicht mehr bethätigen kann — sich entdecken läßt. (S. 48.)

Mit dem beschriebenen Multiplikator wird auch die Inklination und Elevation einer gewöhnlichen Magnetenadel durch die Einwirkung des elektrischen Stromes gut dargestellt. (S. 73.) Man giebt dieser die Einrichtung einer Inklinationsnadel, indem man sie in ein Stückchen Hollundermark steckt und dicht über ihr als Achse einen schwachen Messingdraht quer durch dieses steckt, so daß dieser mit der Nadel ein Kreuz bildet. Es wird hierauf die Multiplikatorschlinge von dem Holzgestelle abgenommen, und statt der bisherigen senkrechten Stellung ihr eine wagerechte gegeben, indem man sie ohne weitere Umstände vor sich auf den Tisch legt. Nun wird die Inklinationsnadel, nachdem man durch Hin- und Herschieben die Nadel in der Kugel ins Gleichgewicht gebracht hat, mit den Enden ihrer Achse auf die gegenüberstehenden Drahtwindungen gelegt. In dieser Lage kann sie nur einer Inklination oder Elevation folgen, und diese oder jene nimmt sie an, je nachdem die Drahtenden der Multiplikatorschlinge verschieden mit den beiden Elementen einer kleinen galvanischen Kette in Berührung gebracht sind.

#### §. 77.

#### Verschiedene Multiplikatoren.

Um die Empfindlichkeit des Multiplikators zu erhöhen, hat man die Form desselben vielfältig abgeändert. Nach einem Vorschlage Nobili's wird die Empfindlichkeit des Instrumentes



ungemein gesteigert, wenn man den Draht in zwei senkrecht übereinander stehende ovale Schleifen (Fig. 23.) zusammen windet, so daß die Windungen in beiden in entgegengesetzter Richtung (in der einen rechts, in der andern links) laufen — und an einem durch die Windungen, die man zu diesem Zwecke in der Mitte etwas auseinander biegt, ohne Reibung herunterhängenden rohen (ungedrehten) Seidenfaden zwei Magnetnadeln (die eine innerhalb der obern, die andere innerhalb der untern Drahtschleife, und beide mit einander durch ein feines Stäbchen fest verbunden) so aufhängt, daß ihre gleichnamigen Pole nach entgegengesetzter Richtung zeigen und gleichsam ein astatisches System bilden. (§. 75.) Für weniger subtile Untersuchungen schafft man sich ein zwar roheres aber immer noch sehr empfindliches Galvanometer ähnlicher Art, wenn man zwei gewöhnliche Nähnadeln magnetisirt und in passender Entfernung von einander in paralleler Lage, aber mit umgekehrter Richtung ihrer Pole, in ein trocknes Stückchen Strohhalin steckt und dieses an einem ungesponnenen Seidenfaden in dem gewöhnlichen Schweigger'schen Multiplikator (Fig. 22.) so aufhängt, daß die untere Nadel innerhalb der Drahtwindungen und die obere (welche, damit das Nadelpaar die Richtung des magnetischen Meridians halten kann, etwas stärker als die untere magnetisirt seyn muß) über denselben schwebt.

Gauß hält eine beträchtliche Größe der Magnetnadeln und eine große Anzahl von Drahtwindungen für wesentlich zur Erhöhung der Empfindlichkeit des Multiplikators, und wendet große Magnetstäbe von 2, 3 und mehr Pfunden Schwere an, die er nach Nobil's Methode in den Drahtschlingen ordnet. Er wies die Feinheit ihrer Reaction durch unzweideutige Versuche nach, indem er unter anderm ein auf der Sternwarte (zu München) befindliches 25 Pfund schweres Magnetometer, das in einem aus 1500 Fuß Kupferdraht aufgewundenen Multiplikator aufgehängt war, durch eine kleine galvanische Kette von nur  $1\frac{1}{2}$  □ Zoll Oberfläche zur Abweichung von mehreren Graden brachte. Zur Messung des Induktionsvermögens des Magnetismus der Erde zog er einen Multiplikator von 20,000 Fuß Länge in Anwendung (§. 94.)!

Da in dem Schweigger'schen Multiplikator wegen des Parallelismus der Drahtwindungen der diese durchlaufende Strom an Wirksamkeit auf die Nadel verliert, sobald diese aus ihnen zur Seite her-

austritt und dieser Verlust mit der Größe des Winkels zunimmt, um welchen sie aus der Vertikalebene der Windungen abgelenkt wird (S. 73.): so rath Marianini, die Drahtwindungen nicht parallel neben einander hinzuführen, sondern von dem Mittelpunkte wie ein Fächer aus einander laufen zu lassen. Dadurch wird bewirkt, daß wenigstens noch einige der Windungen auf die abgelenkte Nadel fortwirken. Die divergirenden Windungen sollen die Nadel auf jeder Seite bis zu Ablenkungen von wenigstens  $20^\circ$  decken, weshalb diese in der Mitte einen horizontal abgehenden Zeiger haben muß, der auf einem seitwärts angebrachten Gradbogen die Ablenkungen anzeigt.

Nach Fechner's Untersuchungen über Thermo-Elektricität wird, wenigstens bei thermo-elektrischen Strömen, so wie in manchen Fällen bei hydro-elektrischen Ketten und magneto-elektrischen Erregungen, die Empfindlichkeit eines aus mehreren sich deckenden Windungen bestehenden Multiplikators durch die eines einfachen, d. h. eines aus einer einzigen breiten Metallplatte bestehenden, übertroffen. Die Platte ist zwei Mal rechtwinklig gebogen, so daß die untere und obere Lage derselben sich parallel sind und einander decken. Die obere Platte hat in der Mitte einen langen Schlitz, durch welchen die untere Nadel eines Nobili'schen astatischen Nadelpaars heruntergelassen wird, welche dann in der Mitte zwischen den nahe über einander hinlaufenden Metallflächen sich befindet. Bei seiner Anwendung bedient man sich als Zuleiter metallener Streifen von derselben Breite wie die Platte des Multiplikators selbst; denn sind diese schmaler, als die letztere, so verringert sich die Wirkung desselben, und wird der Multiplikator durch bloße Drähte mit der Elektrizitätsquelle verbunden, so wird seine Wirkung noch unter die des gewöhnlichen Multiplikators herabgesetzt. Nur für die Messungsmethode mittelst der Oscillationen leistet ein solcher einfacher Multiplikator nicht das Gewünschte, weil durch den Einfluß des breiten Metallstreifens auf die Nadel die Schwingungen sehr schnell verkleinert werden. Für diesen Fall ist der von Dove erfundene Multiplikator besser geeignet, der aus einem Kupferstabe besteht, welcher so gebogen ist, daß er wenige, etwa 4 oder 5 vertikale Windungen neben einander macht, zwischen denen die Nadel aufgehängt ist. Ermann spricht die Vermuthung aus, daß der Schlitz in der obern Platte des Fechner'schen einfachen Multiplikators wesentlich mit zu der Empfindlichkeit des Instrumentes

beitrage, und daß ein bloßes Loch statt dessen diese beeinträchtigt, dieselbe dagegen gesteigert werde, wenn man dem Schlitze in der obern Platte correspondirend einen zweiten in der untern Platte oder sogar in jeder derselben mehrere parallele Schlitze anbringt, und dadurch den Multiplikator dem gewöhnlichen Draht-Multiplikator ähnlich macht. Von Mitscherlich ist der Fehner'sche Multiplikator mit der von seinem Erfinder angegebenen Beschränkung auch bei Wiederholung der Faraday'schen Fundamental-Versuche über Magneto-Elektricität mit voller Befriedigung der Erwartung benutzt worden. Die frei schwebenden Enden der gebogenen Platte, welche für gewöhnliche Fälle, bei Versuchen mit mäßig starken Magnetstäben, eine Länge von 5 Fuß hat, besitzen die Form einer Zange, deren Krümmungsstellen zur bequemen Fassung des angewendeten Magnetstabes elliptisch erweitert sind.

Das neueste Galvanometer rührt von Gachette her, und ist von den bisherigen Multiplikatoren in seiner Einrichtung ganz verschieden. Es gründet sich diese auf eine Eigenschaft des galvanischen Schließungsdrahtes, deren genauere Erörterung einem der nächsten SS. anheimfällt; nämlich auf die von Ampère in jenem aufgefundenen Fähigkeit, einen Eisendraht, um welchen er spiralförmig gewunden ist, magnetisch zu machen. Der Draht, von ganz weichem Eisen, hat die Form eines Hufeisens und ist, mit seiner Wölbung nach oben gerichtet, aufgestellt; ein dünner, mit Seide überspommener Kupferdraht ist schraubenförmig darum gerollt, und eine einfache Magnetnadel zwischen den Schenkeln des Hufeisens so aufgehängt, daß ihre Pole dicht vor diesen sich befinden. Wird der Kupferdraht mit einer galvanischen Kette verbunden, so signalisirt die Nadel das Daseyn, die Stärke und die Richtung des elektrischen Stromes durch ihre Annäherung an den einen oder den andern Schenkel des durch jenen magnetisch gewordenen Eisenbogens.

Noch ist in der Reihe der verschiedenen magnetischen Galvanometer der Tangentenbousssole Nevanders zu gedenken, an welcher nicht gerade, um die Empfindlichkeit des Instruments zu erhöhen, sondern um die für manche Beobachtungen unbequeme lange Dauer der Schwingungsbewegungen zu vermeiden, eine besondere Vorrichtung angebracht ist, welche in einem kleinen, in der Mitte der Nadel unten befestigten, Flügel von Platinblech besteht, der in ein Gefäß mit ganz

reinem und feinem Del eintaucht, durch dessen Widerstand die Nadel nach einigen Schwingungen zur Ruhe kommt.

Eine von Becquerel erfundene elektro-magnetische Wage, mit welcher die elektrischen Ströme in Bezug auf ihre Intensität durch Gewichte mit einander verglichen werden, und ein ihr ähnlicher zu gleichem Zwecke vom Baron von Breda erfundener Apparat ist beschrieben in Poggend. Ann. Bd. 42, S. 307.

§. 78.

Erzeugung von magnetischer Polarität im Eisen durch den galvanischen Strom. Elektromagnetische Folgepunkte.

Bald nach Dersted's großem Funde entdeckte Ampère, nach Jenem der eifrigste und glücklichste Experimentator im Felde des Elektromagnetismus, daß der Schließungsdraht einer galvanischen Kette die Fähigkeit besitzt, unmagnetisches Eisen, z. B. eiserne Stricknadeln, noch nicht magnetisirte Magnetnadeln, magnetisch zu machen, wenn man ihn (nicht etwa in einer mit der Längsachse der Nadeln parallelen Richtung, sondern) quer über oder unter den Nadeln, also in einer auf deren Achse senkrechten Richtung, hinleitet. Die dadurch den Nadeln ertheilte magnetische Kraft, welche in ihnen eben so durch Zersehung ihres natürlichen Magnetismus wie durch Magnetisirung mit einem gewöhnlichen Magnete erweckt zu werden scheint (§. 62.), dauert indessen gewöhnlich nur so lange, als sie der Einwirkung des in dem Rheophor sich bewegenden elektrischen Stromes ausgesetzt sind, und zeigt sich auch nur in einem schwachen Grade. Stärker wird sie, wenn man den Rheophor spiral- oder schraubenförmig um den zu magnetisirenden Eisendraht herumwindet, so daß aber, um die Mittheilung des elektrischen Stromes zur Seite zu verhüten, die einzelnen Windungen sich nicht berühren. Der Strom umkreiset dann den Draht mehrmals, ähnlich wie in dem Schweigger'schen Multiplikator die Magnetnadel, und es wird hierdurch die Aktion desselben so gehoben, daß die Ertheilung des Magnetismus selbst dann noch erfolgt, wenn der Eisendraht in Wasser, Glas oder ein anderes Mittel, das dichter ist als Luft, eingeschlossen ist. Das Eisenstäbchen AB (Fig. 24.), in die Höhlung eines Cylinders von Pappe geschoben, der mit Kupferdraht nach

Einer Richtung spiralförmig umwickelt ist, nimmt daher, sobald die beiden Enden des Drahtes **K** und **Z** mit den Polen einer einfachen Volta'schen Kette vereinigt werden, sehr bald starke magnetische Polarität an. Hat man die Drahtenden einige Fuß lang fortgeführt, um die Vorrichtung ungenirt handhaben zu können: so kann man damit, wie mit jedem andern Magnetstabe, auf Eisen wirken, die Pole einer Magnetnadel prüfen, letztere aus ihrer Richtung ziehen u. s. w. Eben so wird auch der Stab magnetisch, wenn man ihn, in eine Glasröhre eingeschmolzen, in die Spirale legt. Oft sind dazu nur wenige Augenblicke nöthig. — Die Lage der Pole in dem so magnetisirten Stäbchen, ist von der Richtung der um dasselbe liegenden Drahtwindungen abhängig. Ist die Spirale rechts, nach Art der Gänge einer gewöhnlichen Schraube oder eines Propfenziehers gewunden: so bekommt es seinen Nordpol an dem Ende, wo der elektrische Strom (unter welchem immer der der positiven Elektrizität zu verstehen ist, welcher bekanntlich bei einer einfachen Kette von dem — Pole zu dem + Pole oder von dem Kupfer zu dem Zinke fließt, S. 73. \*) anfängt, und seinen Südpol an dem entgegengesetzten Ende; ist aber die Spirale von rechts nach links gewickelt, so wird die Lage der Pole in dem Stabe die umgekehrte.

Wenn der zu magnetisirende Eisendraht etwas lang ist, und man den Draht abwechselnd rechts und links um ihn herumwindet, indem man ihn, wenn er erst eine Strecke rechts aufgewunden war, rückwärts biegt, und nun eine Strecke weit links fortwindet, dann wieder in entgegengesetzter Richtung fortführt u. s. w.: so entstehen, wie dies auch bei dem Magnetisiren eines zu langen Eisenstabes mit einem gewöhnlichen Streichmagnet begegnet, mehrere unter einander abwechselnde Pole — sogenannte magnetische Folgepunkte — in ihm, wenn der galvanische Strom eine Zeit lang durch den Multiplikator-Draht gegangen ist, und der magnetisirte Draht stellt gleichsam ein Aggregat von mehreren kleinen Magneten dar. Man kann die Gegenwart dieser Folgepunkte wahrnehmen, wenn man den Eisendraht an der Spitze einer balancirenden Magnetnadel vorbeiführt, wo sich aus der abwechselnden Anziehung und Abstosung derselben ergeben wird, daß je zwei der in ihm vorhandenen hinter einander folgenden Pole entgegengesetzte Richtung haben. —

Giebt man einem Ringe von Stahldraht durch Drahtumwindungen in allen seinen Theilen gleichmäßigen Magnetismus, so zeigt er, ganz gelassen, wegen des magnetischen Gleichgewichtes seiner einzelnen Theile, nirgends magnetische Polarität; eben so auch nicht, wenn man den elektrischen Strom mittelst des senkrecht auf seine Ebene durch den Mittelpunkt desselben geführten Rheophors auf ihn wirken läßt. Zerschneidet man aber den Ring, so erhält man so viel einzelne Magnete als Stücke, deren Pole alle in derselben Richtung situirt sind. Auf dieselbe Art zeigen sich auch die einzelnen Theile einer Stahlscheibe, durch deren Centrum man die Entladung geleitet hat, nach der Zerstückung magnetisch.

§. 79.

Verschiedene Elektro-Magnete. Verhältnisse, welche auf die Kraft derselben Einfluß haben. Elektromagnetische Töne. Hohle Elektromagnete. **Soule's** neuester besonders gestalteter Magnet mit Zink-Gußeisensfette. Der kleinste Elektromagnet.

Man kann durch solche Multiplikator-Wirkung außerordentlich starke künstliche Magnete — sogenannte Elektro-Magnete, oder wie sie in England benannt werden, temporäre Magnete — zu Stande bringen, die an Ziehkraft auf gewöhnliche Art bereitete künstliche und selbst natürliche Magnete weit übertreffen. Gewöhnlich wird dazu cylindrisches Stangeneisen, das man in Gestalt eines Hufeisens umbiegt, genommen. Schon eine einfache Kette, z. B. ein einfacher Plattenapparat, wie er oben (§. 74.) beschrieben wurde, in der das Zink kaum 1 □ Fuß Oberfläche hat, ist hinreichend, einem solchen Hufeisen von 10 bis 12 Zoll Länge und  $\frac{1}{2}$  Zoll Dicke, dessen beide Schenkel man mit etwa 40 bis 50 Windungen von  $\frac{1}{8}$  bis  $\frac{1}{10}$  Zoll starkem Kupfer-, Eisen- oder Messingdraht umwickelt hat, vorübergehend einen solchen Grad von Magnetismus zu ertheilen, daß es an einem angelegten Anker ein Gewicht von 15 bis 20 und mehr Pfund tragen kann. Die von den beiden Schenkeln des Hufeisens abgehenden Drahtenden der Spirale werden, der innigen Verbindung wegen, am besten in zwei Schälchen mit Quecksilber eingetaucht, die dann wieder an den mit den beiden Metallen des galvanischen Apparates angelötheten Leitungsdrähten in Verbindung ste-

hen. Ist so in Figur 25, die eine Ansicht von der Einrichtung eines Elektromagnetes giebt, das Ende **Z** des Drahtes, mit dem das Hufeisen nach Einer Richtung umwickelt ist, mit dem Zinkpol und **K** mit dem Kupferpol des Volta-Apparates in leitender Verbindung: so wird in dem Eisen ein Magnetismus erregt, der in **N** seinen Nord-, in **S** seinen Südpol hat. Sobald die Leitung der Elektrizität unterbrochen wird, fällt der Anker mit dem Gewichte herunter. Werden die Leitungsdrähte umgewechselt, so kehren sich auch augenblicklich die Pole des Magnetes um; wobei, wenigstens bei etwas langen Magneten, weil das Eisen während der Umkehrung seiner Pole einen Augenblick unmagnetisch wird, der Anker ebenfalls abfällt, aber auch eben so schnell wieder angezogen wird. Bei kurzen Magneten dagegen bleibt, weil die Vertheilung des magnetischen Fluidums wegen der geringern Masse rascher erfolgt als bei jenen, der Anker auch während der Umtauschung der Pole, wenn diese sehr schnell effectuirt wird, hängen. In dem Augenblicke der Umkehrung ist dann selbst der Magnet eine noch größere Last zu tragen im Stande, als bei ununterbrochener Fortdauer des Stromes, und zieht z. B. während jener ein Gewicht aus einer kleinen Entfernung zu sich empor, das er außerdem nicht zu heben vermag \*).

\*) Dr. Kestler-Gondart will beobachtet haben, daß bei der Bildung von Elektromagneten in dem Eisen ein Tönen sich vernehmen läßt, sobald die galvanische Kette geschlossen oder wieder geöffnet wird, welches mit der Stärke der Kette ab- und zunimmt. Er ist der Meinung, daß dieses von der Lagerveränderung der Moleküle des Eisens herrühre, in welcher diese während der Erregung und Aufhebung des Magnetismus in ihm durch die strömende Elektrizität begriffen wären, — und hofft, diese Bewegungen auch dem Auge sichtbar machen zu können. Es steht diese Beobachtung keineswegs isolirt da; denn auch zwei andere renommirte Gelehrte, Delezenne, Prof. der Physik zu Lille, und Dr. Page, nahmen ein Tönen wahr, das aus der vorübergehenden Störung in dem magnetischen Zustande der Magnete hervorzugehen schien. Page fertigte aus einem langen mit Baumwolle überzogenen Kupferdraht eine platte Spirale von 40 Touren, befestigte diese vertikal und ordnete die Drahtenden derselben so, daß sie bequem mit den Polen einer, aus nur Einem Plattenpaare bestehenden, galvanischen Batterie in Berührung gebracht werden konnten. Er schob nun über die Spirale die beiden Pole eines nicht übermäßig starken Hufeisen-Magnetes, so daß dieselbe zwischen den Schenkeln des letztern sich befand, ohne diese wirklich

Die Größe und Dauer der magnetischen Kraft eines Elektromagnetes hängt von der Beschaffenheit seiner einzelnen Elemente ab.

1) Zunächst von der Stärke des elektrischen Stromes, welcher um das Eisen circulirt, folglich von der Größe der Oberflächen der beiden Metalle, welche die Glieder der Volta'schen Kette bilden, und von den sonstigen Bedingungen der Wirksamkeit der Kette überhaupt, deren Werth nach dem Ohm'schen Fundamentalgesetze für die Intensität des elektrischen Stromes zu schätzen ist. (§. 37.) Die Intensität des in dem (weichen) Eisen erregten Magnetismus ist der Stärke des durch diese in Umlauf gebrachten Stromes genau

zu berühren. Es kam jedesmal ein Ton aus dem Magnete hervor, sobald der elektrische Strom aus dem galvanischen Apparate durch die Spirale geleitet wurde. Der Ton war schwächer, wenn die Kette geschlossen, stärker, in einer Entfernung von 2 bis 3 Fuß hörbar, wenn die Schließung unterbrochen wurde. Die Höhe des Tones war nach der Stärke des angewendeten Magnets verschieden. Von den drei zu dem Experimente gebrauchten Magneten hatte der eine 15, der andere 10, der dritte nur 2 Pfd. Ziehkraft. Um sich davon zu überzeugen, daß der gehörte Ton nicht etwa von dem elektrischen Funken beim Schließen und Öffnen der Kette herkomme, beobachtete er die Vorsicht, die Drahtspirale nebst dem Magnete so weit von dem galvanischen Apparate entfernt anzubringen, daß eine Täuschung nicht mehr möglich war. Page, Biblioth. univ. de Genève, Nro. 22. p. 398. Delezenne erhielt (nach einer an de la Rive gerichteten Mittheilung) einen hellen und andauernden Ton aus den Schenkeln eines hufeisenförmigen Magnetes durch die schnelle Kreisbewegung eines weichen Eisens mittelst eines rotirenden Elektromagnetes, und einen ähnlichen schwächeren mit demselben Apparate, aber ohne Mitwirkung eines galvanischen Stromes, durch die Rotation eines Magnetstabes und selbst eines unmagnetischen Stabes von geschmeidigem Eisen, oder durch rasche Drehung einer kurzen magnetischen Stange zwischen den Armen eines geglähten weichen Eisens. Delezenne, ebendas. Tom. XVI. p. 406. Nach de la Rive sind auch die Ausdehnungen und Zusammenziehungen einer aus Zink gegossenen Stange von musikalischen Tönen begleitet. American. Journ. of Science, Juli 1837. — Versuche, mit Hülfe der Elektrizität Töne zu erzeugen, sind außerdem von Sellier unternommen worden. Pogg. Ann. Bd. 43. S. 187.



proportional. — Bei Untersuchungen über die zweckmäßigste Einrichtung des galvanischen Apparates zu Elektromagneten hat dal Negro aber das merkwürdige Resultat erlangt, daß die Wirksamkeit desselben nicht von der Größe der ganzen Oberfläche seiner Glieder, sondern nur von deren Umfang, von der Größe ihres Perimeters, abhängig ist, und daß z. B. bei einer kastenförmigen Zinkkupferkette ein bloßer Rahmen des einen oder andern Metalles in dieser Hinsicht einen eben so wirksamen Strom entwickelt, als wenn das Metall nicht durchbrochen, und mit seiner ganzen Oberfläche in die Kette eingeschaltet wird. Eine Kette, aus einem Zinkdraht und einer mit ungeäuertem Wasser gefüllten Kupferrinne, oder aus einem in eine Säure getauchten, zu einer ebenen Spirale zusammengewundenen, Kupfer- und Zinkdraht bestehend, ist nach diesem Paradoron geschickt, die kräftigsten Elektromagnete zu erzeugen. — Baumg. Zeitschr. Bd. 2. S. 286.

2) Nächstdem hängt die Ziehkraft eines Elektromagnetes bei Gleichheit der übrigen Umstände von der Masse des Hufeisens, und nach den Beobachtungen, die Ritchie über die Nachhaltigkeit des in diesem erregten Magnetismus sammelte, zugleich auch die Dauer des letztern hauptsächlich von der Größe des Hufeisenbogens ab; indem die Wirkung um so größer und um so nachhaltiger wird, je länger die Krümmung des Eisenstabes ist, und die nachhaltige Kraft um so geringer ausfällt, je kürzer der Magnet ist und je näher sich die Arme desselben stehen. Es stimmen hiermit die Untersuchungen von Magnus zusammen, nach welchen ein Elektromagnet, der aus zwei einzelnen, senkrecht befestigten Eisenstäben besteht, und nur mit geringer Kraft auf einen Querstab von Eisen anziehend wirkt, sogleich eine beträchtliche Zunahme an Ziehkraft merken läßt, wenn man auf jeden der nach oben gerichteten Pole ein starkes Stück Eisen (ohne Berührung mit dem andern) setzt; daß ferner die Ziehkraft noch größer wird, wenn statt zweier Eisenstücke, Ein gerader Eisenstab oben quer über auf beide Stäbe gelegt wird, der die verwandten Pole des Elektromagnetes mit einander verbindet, und daß sie noch mehr sich steigert, wenn man statt des geraden Eisenstabes einen langen und gekrümmten Eisenstab von gleicher Stärke mit dem Eisen des Magnetes auf die obere Pole aufsetzt; — vorausgesetzt in allen diesen Fällen, daß die aufgesetzten Eisen-

stücke mit den Quersflächen der beiden Magnetstäbe in vollkommenster Berührung stehen, da außerdem der Effect geschwächt und, wenn z. B. die Aufsatzstücke diese nur mit einer Kante berühren, die Ziehkraft der Stäbe nur um Weniges vermehrt wird. Ein Gesetz über die Zunahme der Tragkraft des Elektromagneten mit der Länge seines Bogens oder seiner Masse, ist noch nicht bekannt; nur so viel steht fest, daß diese Zunahme in einem höhern Verhältnisse als in dem einfachen der Masse steht, daß sie aber auch ihre Gränze hat, da bei einem sehr langen Magnete wegen der großen Menge Draht, die er zu seiner Bedeckung bedarf, der mit der Länge des letztern steigende Leitungswiderstand in Betracht kommt. — Nach dal Negro hat auf die Stärke der Elektromagnete auch die Schwere des Ankers und die Form der Flächen, mit welchen Anker und Magnet sich berühren, Einfluß. Die Kraft soll mit dem Gewichte des Ankers wachsen, und befördert werden, wenn die Quersflächen der magnetischen Schenkel und die ihnen zugekehrte Fläche des Ankers nicht flach, sondern Einer Richtung nach etwas oval geschliffen sind, was sich aus S. 57. erklären ließe; allein durch Versuche von Magnus und Böttcher ist die Behauptung dal Negro's berichtigt, und dargelegt worden, daß die unmittelbare Berührung des Ankers mit allen Punkten der Polflächen des Magnetes, für ein Maximum der Wirkung nothwendiges Erforderniß bleibt (S. 98. \*).

3) Sehr Vieles kommt auf die Beschaffenheit des Eisens an, welches den Kern des Elektromagnetes bildet. Je weicher dieses ist, desto stärker ist der Magnetismus, den es annimmt. Nach Ritchie ist das schlechteste und poröseste dazu das Beste, und feines an seinem Bruche faserig wie Holz erscheinendes am wenigsten dazu geeignet. Ist es recht weich, und läßt man nach aufgehobener Verbindung mit der galvanischen Kette den Anker nebst der ihm angehängten Last mit dem Magnete in Berührung, so behält er seine magnetische Kraft oft noch Tage lang bei. Reißt man aber den Anker plötzlich los, so verliert er seine Tragkraft ganz und für immer, und sie kehrt auch nicht zurück, wenn man den Anker sogleich wieder ansetzt. Zieht man den Anker nicht plötzlich, sondern langsam zur Seite ab, und schiebt eben so wieder einen andern an, so daß der Magnet keinen Augenblick unbeschäftigt ist: so bleibt sich

seine Tragkraft gleich, und es läßt sich in den zweiten Anker dasselbe Gewicht einhängen, wie in den ersten; was nach Magnus und Watkins aus dem Umstande zu erklären ist, daß bei angeschlossenem Anker der elektrische Strom in dem Schließungsdrahte nicht plötzlich, sondern nur allmählig verschwindet. Franzis Watkins in den *Philos. Transact. for 1833, pt. II. S. 333. Pogg. Ann. Bd. 38. S. 430.*

4) Die Intensität des in dem Eisen erregten Magnetismus wird endlich auch bedingt durch die Stärke des Leitungsdrahtes und die Zahl der Windungen, welche er um das Eisen bildet. Bei gleicher Anzahl der Letztern und bei gleicher Stärke des Stromes, ist zwar die Dicke des Leitungsdrahtes gleichgültig, allein bei einem schwächeren Elektromotor geben dickere Drähte, wegen des geringern Widerstandes, den sie der Fortleitung des Stromes entgegensetzen, einen stärkeren Magnetismus als dünnere. In Bezug auf den zweiten Umstand ist von Lenz und Jakobi als Gesetz verificirt, daß bei Gleichheit des elektrischen Stromes und aller übrigen Umstände die Totalwirkung sämmtlicher, einen Eisenkern umgebenden Windungen gleich ist der Summe der Wirkungen aller einzelnen Windungen, daß also die Ziehkraft eines Elektromagnetes gerade sich verhält wie die Zahl der um ihn gelegten Windungen. *E. Lenz und M. Jakobi, über die Gesetze der Elektromagnete in Pogg. Ann. Bd. 47. S. 225 u. f.* Um der Windungen recht viele anzubringen, reißt man sie ganz nahe (aber weil, wenn die Windungen sich durchkreuzen, die Wirkung schwächer wird, immer parallel) neben einander und windet, um zu verhüten, daß der Strom nicht seitwärts von einer Windung auf die andere sich mittheile, zwischen ihnen gleichlaufend eine Seidenschur oder einen gut gewicksten Bindfaden von der Stärke des Leitungsdrahtes ein, so daß zwei benachbarte Drahtwindungen ununterbrochen durch eine dazwischen liegende Windung der isolirenden Substanz von einander getrennt sind — oder man macht die Windungen, um ihre Zahl zu mehren, selbst über einander, und wählt der nöthigen Isolirung wegen mit Seide überspinnenen, mit Seidenband oder Wachstaffet umwickelten oder auch nur gestrichelten Draht. Da es sehr unbequem ist, ein hufeisensförmiges Eisen mit einer einzigen langen Spirale zu umgeben: so kann man auch nach dem Vor-

schlage Horn's statt dessen mehrere kurze Drähte nehmen, diese in gleicher Richtung winden und mit den entsprechenden Enden verbunden zu dem Elektromotor leiten, wodurch, weil der galvanische Strom auf mehreren kürzern Wegen zugleich um das Eisen circuitirt, die Wirkung noch erhöht werden soll. Noch wirksamer sind, nach Dr. Hare, statt dieser Drähte,  $\frac{1}{2}$  Zoll breite Streifen von Staniol oder dünn gewalztem Blei, deren Windungen man durch Dazwischenlegung von überfirnißtem Papier, Seidenband oder Wachstaffet von einander isolirt — indem dergleichen flache Windungen das Eisen inniger berühren als runde Drähte. Indessen ist mit ihnen der Uebelstand verbunden, daß sie bei einer großen Länge zu häufig gelöthet werden müssen. Dove, a. a. D. Thl. I. S. 276. Ritchie fertigte einen kräftigen Elektromagnet, der über 140 Pfund zog, durch Umwicklung eines kurzen  $\frac{1}{2}$  Pfund schweren Eisenstabes mit 12 Fuß Kupferstreifen, wobei ein kurzes Hufeisen als Anker diente. — Wie die Isolirung der einzelnen Drahtwindungen unter sich, so ist auch die Isolirung derselben von dem Eisenskern ein Hauptrequisit für die Wirksamkeit des Elektromagnetes. Ist der Draht nackt neben einander aufgewunden, und steht sonach das Eisen in unmittelbarer Berührung mit der Drahtspirale: so nimmt der elektrische Strom seinen Weg nicht durch diese, sondern direkt durch die Länge des Eisens, wodurch der Effect vereitelt wird — bei Anwendung einer Spirale von nacktem Eisendraht ganz, bei einer Spirale von Kupferdraht, wegen des bessern Leitungsvermögens des Kupfers im Vergleich gegen das des Eisens, etwas weniger; — eben so auch mehr, wenn der Elektromagnet aus polirtem Eisen besteht, als wenn das Eisen bloß mit dem Hammer bearbeitet, und daher mit einer dünnen (isolirenden) Drydschicht bedeckt ist. Die Isolirung geschieht entweder durch Firniß oder Lack, womit man das Hufeisen überzieht oder durch Seidenband, das um dasselbe in sich deckenden Lagen aufgewunden wird.

Den ersten Elektromagnet verfertigte, mit einem überflüssig großen Aufwand von Electricität, Prof. Woll (in Utrecht). Er bestand aus einem cylindrischen Hufeisen, das bei einer Länge von  $8\frac{1}{2}$  Zollen 1 Zoll im Durchmesser hatte, und um welches ein  $\frac{1}{8}$  Zoll starker Kupferdraht in 80 Windungen links gewunden war. Der galvanische Apparat, der die Electricität zu seiner Magnetisirung her-

gab, war ein großer Kupfertrog, in dem eine Zinkplatte von 11 engl. □ Fuß Oberfläche eingesenkt war. Durch diesen geladen trug das Hufeisen 76 Pfund. Die stärksten Magnete mit einer verhältnismäßig viel geringern Elektrizitäts-Menge verfertigten Joseph Henry und ten Eyck (in Amerika). Ein von ihnen eingerichteter temporärer Hufeisen-Magnet, aus einer 3 Zoll dicken Sechseckigen Stange gebogen, 30 Zoll lang und 59 Pfund schwer, zog an einem 9 Zoll langen und 23 Pfund schweren Anker mittels zweier Hare'schen Calorimotoren, von denen jeder  $4\frac{1}{2}$  □ Fuß benetzte Oberfläche hatte, ein Gewicht von 2000 Pfund — also 34 Mal sein Gewicht. Die Drahtumwicklung bestand aus 26 einzelnen Spiralen, jede von 31 Fuß Länge, wovon aber nur 28 Fuß und zwar kaum einen Zoll bedeckend, aufgewunden waren. Jede der einzelnen Spiralen war für sich mit der galvanischen Batterie verbunden. Ein Rückstand von magnetischer Kraft erhielt sich ihm mehrere Tage. Von fast derselben Stärke, aber in seiner Einrichtung von ihm abweichend, ist der auch seiner Gestalt wegen merkwürdige, von Joule (in Manchester) arrangirte Elektromagnet, der durch den kräftigen Strom einer Zink-Eisenkette seinen Magnetismus erhält. Ein massiver gerader Eisen-cylinder, 8 engl. Zoll lang und  $2\frac{1}{2}$  Zoll dick, ist in der ganzen Länge seiner Achse  $\frac{3}{4}$  Zoll weit ausgebohrt, und dann dicht an dem Rande der Bohrung der Länge nach mittels einer Säge durchgeschnitten, so daß das Loch des Cylinders in eine offene Rinne mit concaven Wänden verwandelt wird, welche an ihrer Oeffnung  $\frac{3}{4}$  Zoll von einander abstehen, und die beiden sehr kurzen Pole des Magnetes bilden; den Anker bildet das abgeschnittene kleinere Cylinderstück, welches sich an das größere, nachdem beider Schnittflächen eben geschliffen worden sind, gut anschmiegt. An der concaven Seite des Magnetes, sind in angemessener Entfernung von einander drei Haken eingeschraubt, um ihn, da er wegen seiner Länge und Dicke, bei nur Einem Aufhängepunkte nicht wohl im Gleichgewichte hängen bleiben würde, horizontal aufhängen zu können. Drei ähnliche Haken gehen auch von dem Anker zum Einhängen der Last ab. Die Drahtumwicklung besteht aus 23 Fuß überspinnemem und  $\frac{1}{4}$  Zoll dickem Kupferdraht, welcher der Länge nach über den Elektromagnet und durch die Rinne, welche letztere dadurch ganz ausgefüllt wird, gewickelt ist. Fig. 26. zeigt eine Ansicht von ihm bei angegeschlossenem

Anker. Das ganze Gewicht des Elektromagneten beträgt 15 Pfund, und er zieht im Maximo 2030 Pfund. Die Zink-Eisenkette, welche ihm diese enorme Kraft ertheilt, besteht aus 8 cylindrischen Gefäßen aus Guß Eisen, jedes 10 Zoll hoch und 3 Zoll im Durchmesser haltend, von denen jedes, an einem durch Löthung mit ihm verbundenen dicken Kupferdraht, einen gegossenen amalgamirten Zinkcylinder schwebend trägt, der, ähnlich wie in Stadions Zellenapparate (Fig. 8.) der massive Zinkcylinder, in die Flüssigkeit des benachbarten Eisentopfs eintaucht, ohne mit dessen Boden oder Wandungen in Berührung zu kommen. Letztere selbst besteht aus Schwefelsäure, mit dem achtfachen Gewicht Wasser verdünnt. Das wegen der Stärke der Säure, die selbst das amalgamirte Zink angreift, in reichlicher Menge sich entwickelnde Wasserstoffgas wird durch einen Kasten mit einem Abzugsrohre, der über dem Apparate steht, abgeleitet. Die chemische Wirkung desselben ist so stark, daß ein dicker Platindraht durch seinen Strom glühend heiß wird und abschmilzt. —

Den kleinsten Elektromagnet stellt, diesen riesenhaften elektromagnetischen Apparaten gegenüber, ein Magnet dar, dessen Eisentern eine gewöhnliche Haarnadel abgiebt. Man zieht dieselbe, um sie bequem mit feinem überspannenen Drahte nach Einer Richtung umwinden zu können, ihrer Länge nach aus einander, und biegt sie dann erst in Hufeisenform zusammen. Mit einer thätigen Kette durch ihre Drahtwindungen in Verbindung, erlangt sie an ihren Spitzen einen Magnetismus, der stark genug ist, ein nicht zu schweres Stück Eisen, z. B. einen kleinen Schlüssel, den man als Anker ansetzt, fest zu halten.

Von Dal Negro wird behauptet, daß hohle Eisencylinder oder Eisenröhren durch die galvanische Drahtspirale nicht magnetisch würden; allein Dove, Jakobi und Pfaff widerlegen dieses durch Erfahrungen, nach welchen selbst Cylinder von ganz dünnem Eisenblech in einem gewissen Grade magnetische Kraft erhalten. Dove, a. a. D. Bd. 1. S. 273. Jakobi will selbst gefunden haben, daß die Intensität des Elektromagnetismus im einfachen Verhältnisse des Durchmessers oder der Oberfläche stehe, welche von dem galvanischen Strome umzogen wird, und daß es deßhalb vortheilhaft sey, die hohlen Elektromagnete von großem

Durchmesser zu nehmen. Umsichtige Versuche aber, die Pfaff mit verschiedenen hohlen Elektromagneten (aus cylindrisch zusammengebogenen und sorgfältig zusammengenieteten Eisenplatten) von gleicher Länge ( $7\frac{1}{2}$ " Engl.) und gleichem Durchmesser ( $1\frac{3}{8}$ ", die Dicke der Wände mit gemessen), aber verschieden dicken Wänden anstellte, wovon respective je zwei zusammenpassende parallel neben einander befestigt, und an ihren obern eben geschliffenen Quersflächen mit einer gut anliegenden weichen Eisenmasse geschlossen waren, machen auf's Neue das oben gegebene Gesetz stabil, daß die Stärke des durch den elektrischen Strom erregten Magnetismus (bis zu einem gewissen Punkte) mit der Eisenmasse zunimmt, und zwar in einem höhern als dem einfachen Verhältnisse.— Ein hohler Eisencylinder, in dessen Innerm der Spiralarheophor herumgeführt ist, wird nach zuverlässigen Erörterungen Parrot's niemals magnetisch.

Die einzelnen Pole auch sehr starker Elektromagnete besitzen nur sehr geringe Ziehkraft, so gering, daß diese fast in gar keinem Verhältnisse zu der Last steht, welche sie an einem an beide Pole zugleich gelegten Anker tragen. Ein Magnet, den Magnus besaß und der auf diese Art 140 Pf. Ziehkraft zeigte, zog an einem seiner Pole allein kaum 1 bis 2 Pfund. Gewöhnliche Stahlmagnete verhalten sich darin anders, indem diese an einem Pole allein in der Regel fast die Hälfte ihrer ganzen Tragkraft besitzen. (S. 55.)

Nach Dal Negro entwickelt sich auch die größte Kraft eines Elektromagnetes nicht jedes Mal bei seiner ersten Magnetisirung, sondern oft erst bei dem vierten, fünften ja zehnten Versuche mit ihm; sie ist daher als eine mittlere zu nehmen und erst nach mehrmaliger Wiederholung der Versuche ihrer Größe nach numerisch zu bestimmen.

Von Ritchie ist endlich auf eine sonderbare Eigenschaft der gewöhnlichen (bleibenden) Stahlmagnete aufmerksam gemacht worden, die darin besteht, daß ein solches Hufeisen, welches schon vor längerer Zeit, vor Tagen oder Jahren, magnetisirt worden war, wenn durch einen umgekehrten Strich sein Magnetismus vernichtet worden ist, äußerst schwierig in umgekehrter Richtung magnetisirt werden kann,

und daß dagegen, wenn es endlich nach mehrmaligem Streichen in geringem Grade magnetisch geworden ist, mit einem einzigen Striche durch den Streichmagnet seine neue Polarität wieder aufgehoben, und seine ursprüngliche wieder hergestellt wird. Diese aus der stärkern Wirkung der Coërcitivkraft des Eisens, auf den zuerst in ihm erregten und längere Zeit in ihm verhaltenen Magnetismus, zu erklärende Eigenthümlichkeit der magnetischen Kraft ist, nach Ritchie, in geringerem Grade, auch bei langen Elektromagneten anzutreffen. Auch bei diesen läßt sich die zuerst gegebene Polarität sehr schnell wieder hervorrufen, während eine lange Zeit dazu gehört, ihnen einen gleich starken Magnetismus in entgegengesetzter Richtung zu ertheilen. Nachdem in einem Falle die Leitungsdrähte einige Sekunden mit der galvanischen Batterie in Verbindung gestanden hatten, und hierauf davon entfernt worden waren, zeigte nach Hinwegnahme des Ankers der Elektromagnet einen kaum bemerkbaren Magnetismus; als die Kette wieder geschlossen wurde, wurde auch das Eisen schnell wieder zu einem starken Magnete. Da aber nach diesem, als nach Entfernung der Drähte die magnetische Kraft desselben wieder verschwunden war, die Drähte verwechselt mit der Batterie in Verbindung gebracht wurden, währte es sehr lange, bevor das Eisen Magnetismus annahm, und dieser erwies sich bei der Prüfung nur sehr schwach. Eine ähnliche Erscheinung stel J a k o b i (in Königsberg) bei Versuchen, die er über die elektromagnetische Intensität anstellte, in die Beobachtung. Wenn er nämlich dem Schenkel eines Hufeisenförmigen Elektromagnetes Nordpolarität gegeben hatte, so behielt dieser, nach aufgehobener Verbindung mit dem Volta-Apparate, die in ihm erweckte Polarität noch in schwachem Grade fort; machte er nachdem diesen Schenkel durch Umkehrung der Leitungsdrähte südpolarißch, so blieb, nach Aufhebung der Electricitätsleitung, nicht Süd polarität in ihm zurück, sondern es trat statt dieser von neuem Nordpolarität mit derselben Intensität ein. P. Ann. Bd. 29, S. 567. Bd. 31. S. 367.

§. 80.

Magnetisirung mit Elektromagneten.

Wenn der Magnetismus eines Elektromagnetes einem andern unmaguetischen Eisenstabe für die Dauer mitgetheilt werden soll:



so wird entweder dieser mit jenem gestrichen, oder wenn der Stab hufeisenförmig gekrümmt ist, mit seinen Armen, statt des Ankers, an die Füße des Elektromagnetes gebracht, und der Strom desselben so lange durch ihn entladen, bis er gesättigt ist, wozu wegen der Stärke des Elektromagnetes gewöhnlich nur kurze Zeit erfordert wird. Einen vorzüglich starken Magnetismus soll nach Aimé ein Stahlstab erhalten, der im glühenden Zustande an die Füße des Elektromagnetes gelegt, und in dieser Lage abgelöscht und gehärtet wird. Man faßt den rothglühenden Stab mit einer Zange, bringt ihn an die Pole des letztern (nachdem man vorher, um das Abschmelzen des Drahtes zu verhüten, die Windungen desselben, so weit sie diese bedecken, in Wachseleinwand sorgfältig eingehüllt hat), taucht sodann dieselben sammt dem Eisenstabe kurze Zeit in ein Gefäß mit kaltem Wasser, und wartet nach dem Eintauchen 1 bis 2 Minuten, bis der Stab auch im Innern keine hohe Temperatur mehr hat, wo man ihn stark magnetisch von dem Hufeisen abzieht. Bei der Mittheilung des Magnetismus durch Streichen, welches gegenwärtig namentlich bei der Magnetisirung der zu magnetelektrischen Notations-Maschinen bestimmten großen Hufeisen gebräuchlich ist, verfährt man im Allgemeinen, wie oben gelehrt wurde; nur daß man, weil der Elektromagnet wegen seiner Verbindung mit dem galvanischen Apparate nicht gut bewegt werden kann, nicht diesen auf dem zu magnetisirenden Eisen herum führt, sondern umgekehrt dieses an jenem streicht. Eine Hauptsache ist außerdem dabei, daß man das magnetisch zu machende Hufeisen fortwährend mit einem Anker geschlossen hält, wodurch, wie Mohr bemerkt, bewirkt wird, daß die durch einen Strich gerichteten magnetischen Molecule bis zum nächsten Striche in ihrer Richtung beharren, und so durch einen zweiten Strich die erregte Kraft um eine volle Wirkung erhöht werden kann. Man legt den Elektromagneten horizontal vor sich hin auf den Tisch, so daß die Polenden etwas über den Rand des Tisches hervorragen, und befestigt ihn irgendwie in dieser Lage. Man faßt nun das zu streichende Hufeisen, mit den Schenkeln gerade nach oben gekehrt, an seiner Krümmung in die eine Hand, und verbindet erstere mit einem Anker von weichem Eisen, den man auf die Quersflächen der aufwärts sehenden Schenkel legt, streicht sodann mit diesen unter sanftem Drucke an den Polflächen des Elektromagnetes senkrecht

(nicht, wie von Manchen angerathen wird, schieß) herunter, wobei, während das Eisen an seiner Wölbung mit der einen Hand gefaßt ist, die andere Hand den darauf liegenden Anker hält, bis man mit den Schenkelfenden in die Nähe der Pole des Elektromagnetes herabkommt, wo man, um zu vermeiden, daß der Anker nicht von diesen an- und von dem Hufeisen abgezogen werde, diesen aus seiner Lage wegbringt, und ohne ihn ganz von dem Hufeisen zu entfernen, nach sich zu an den Schenkeln des letztern eine kleine Strecke herabwickelt, dann den Strich vollendet und nun, nachdem man vorher den Anker wieder in seine vorige Lage gerückt hat, von neuem denselben Strich mit derselben Modification wiederholt. Auf dieselbe Art wird auch die andre Seite des Hufeisens behandelt, nur mit dem Unterschiede, daß man, um den Nordpol desselben immer auf derselben Seite zu haben, das Eisen umkehrt und, seine Krümmung nach oben gerichtet, senkrecht von unten aufwärts streicht. Mit einem kräftigen Magnete kann bei diesem Verfahren einem Hufeisen mit einem einzigen Striche eine magnetische Kraft von 8—10 Pfund ertheilt werden.

§. 81.

Anziehung von Eisenfeilicht durch den Rheophor.

Arago, Seebeck und Ampère fanden, daß der Leitungsdraht eines Volta'schen Apparates, auch wenn er nicht von Eisen, sondern von irgend einem andern (nicht attraktivischen) Metalle, z. B. von Silber, Messing oder Kupfer, ist, so lange als der elektrische Strom in ihm anhält, einem wahren Magnete gleich, Eisenfeile anzieht. Berliner Denkschriften 1820—21. S. 289—97. Pogg. Ann. 1820. Bd. 66. S. 311. Hierzu ist der starke Strom eines kräftigen Elektromotors, wie der eines großen Deslagator's oder einer Grove'schen Kette, erforderlich, indem der Draht dieser Fähigkeit nicht eher theilhaft wird, als bis er durch die Mächtigkeit des elektrischen Stromes bedeutend sich erwärmt. (§. 48.) Er überzieht sich dann, wenn man ihn in Eisenfeilicht taucht, mit einer mehrere Linien dicken Lage desselben, läßt diese aber augenblicklich wieder fallen, so wie er außer Verbindung mit der Kette tritt. Diese Anziehung der Eisenfeile erfolgt aber nicht so, wie unter der Einwirkung eines gewöhnlichen Magnetes, wo sich dieselbe nadelförmig an den Polen ordnet, und einen Bart bildet;

sondern es wickeln gleichsam die Eisentheilchen den Draht ein, und legen sich seiner ganzen Länge nach quer um ihn. Leichtest, schon bei einem Plattenpaare von 1 □ Fuß Oberfläche sichtbar wird diese Anziehung, wenn man die elektrische Entladung durch einen Draht leitet, der in die Form einer horizontal liegenden Spirale, wie Fig. 27, gebogen ist, deren Gänge  $\frac{1}{2}$  Zoll weit von einander abstehen, und durch übergebundene dünne Glasstäbchen in der horizontalen Ebene erhalten werden. Eisenfeile, die von unten her der Spirale in einer kleinen Entfernung dargeboten wird, hängt sich bei jeder Schließung der Kette an die Spirale an, und drängt sich besonders nach der Mitte derselben, wo sie sich anhäuft und [indem wie bei der Entstehung der bekannten magnetischen Curven jedes Eisentheilchen zu einem kleinen Magnete wird, das auf das nächst gelegene durch Anziehung oder Abstoßung wirkt (S. 64.\*)] aufrecht stehende  $\frac{1}{2}$  Zoll hohe Fasern bildet, die sich in einen abgestumpften hohlen Kegel gruppieren, dessen Spitze an dem Ringe der Spirale hängt und dessen Grundfläche auf der horizontalen Unterlage ruht, von welcher der Draht die Eisenfeile an sich gezogen hatte. Wird die Richtung des galvanischen Stromes schnell in die entgegengesetzte verwandelt, so wenden sich die Eisentheile sichtbar um. Eisenfeile, die, auf einer Glastafel gleichmäßig ausgebreitet, über die Spirale gehalten wird, ordnet sich bei sanftem Klopfen an der Tafel zu eben so vielen concentrischen Ringen, als Spiralkinge vorhanden sind, und von diesen gehen kleine Strahlen aus, deren Richtung nach dem Centrum der Spirale weist, und folglich auf den einzelnen Kreisen senkrecht ist. Es wurden diese interessanten Erscheinungen zuerst von Schmidt an einem Leitungsdrahte von Silber beobachtet. Gilb. Ann. Bd. 72. S. 3. — B. Althaus giebt zu Anstellung dieser Versuche eine ähnliche Spirale an, deren Windungen er dadurch in einer geraden Ebene fixirt, daß er das eine Ende des dazu bestimmten Kupferdrahtes in die Mitte einer mit Siegellack überzogenen runden Pappscheibe von 2 bis 3 und mehr Zoll Durchmesser einsteckt, den übrigen Theil des Drahtes dann in, eine Linie von einander entfernten und nirgends sich berührenden, Spiralgängen um jenes vertikale Endstück herumführt, und zuletzt die ganze Spirale mittelst eines heißen Bügeleisens in das Siegellack fest drückt. Dessen Versuche über den Elektromagnet u. s. w., Heidelb. 1821. S. 24.

Daß in allen diesen Fällen die Anziehung keine gewöhnliche elektrische ist, geht daraus hervor, daß die Spiralen auf Feilicht von andern Metallen, als Eisen, z. B. von Kupfer oder Messing, nicht die entfernteste anziehende Wirkung äußern.

§. 82.

Bewegung des Rheophors um einen ruhenden Magneten.

Ampère folgerte aus der Neigung einer frei beweglichen Magnethadel, durch die (magnetische) Aktion des elektrischen Stromes aus ihrer Richtung sich abziehen zu lassen, und um den fest stehenden Schließungsdraht eines Volta = Apparates herum sich zu bewegen (§. 73.), daß auch umgekehrt ein frei beweglicher Schließungsdraht durch die Einwirkung des Magnetismus zu einer Bewegung um den fest stehenden Magnet genöthigt werden könne — und der geniale Forscher fand seine Folgerung durch die Erfahrung bestätigt, indem es ihm glückte, durch klug erdachte Vorrichtungen die schwierige Aufgabe zu lösen, den Schließungsdraht der Kette so leicht beweglich herzustellen, daß er (mit der feinen Beweglichkeit einer Compaßnadel) dem Einflusse des in seiner Nähe befindlichen Magnetes folgen konnte. Schw. Journ. Bd. 51. S. 8. Er gebrauchte dazu kleine runde Becher, mit Quecksilber gefüllt, in welche er die mit Quecksilber amalgamirten Enden des Leitungsdrahtes einsenkte. Es erfolgte dann die Bewegung des Drahtes, obigem Gesetze entsprechend, so, daß er sich senkrecht gegen die Längsachse des Magnets stellte, und daß er, je nachdem der Nordpol des Magnets sich an seiner linken oder rechten Seite befand, von letzterem entweder angezogen oder abgestoßen wurde. (§. 79.) Der sehr künstlich zusammengesetzte und durch nachherige Erfindungen entbehrlich gewordene Apparat findet sich abgebildet in *Gehler's ph. W. Bd. 3. S. 554 u. flg.*

De la Rive schlägt, zum Beweise des Einflusses eines flüßigen Magnetes auf den galvanischen Strom, einen einfachen kleinen schwimmenden Apparat vor, der in einer kleinen Scheibe von Kork (Fig. 28.) besteht, durch welchen ein 3" langer und verjüngt auslaufender, an seinem breitem Ende 1" breiter Kupfer- und ein eben so geformter Zinnstreifen gesteckt sind, die beide an der untern Fläche

des Korfs ohngefähr 1" weit hervorragen, und oben bei C mit ihren Spitzen entweder durch Kupferdraht zusammen gebunden, oder (vortheilhafter) an einander gelöthet sind. Man setzt den Apparat auf eine verdünnte saure Flüssigkeit (mit etwas Salzsäure versetztes Wasser), wo augenblicklich unter reichlicher Gasentwicklung eine Bewegung des elektrischen Stromes von dem — Pole der kleinen galvanischen Kette, durch die Verbindungsstelle C nach dem + Pole erfolgen wird. Hält man hierauf das Nordende eines Magnetstabes der Hühling, die von den beiden schmalen Enden der Metallstreifen über der Korfscheibe gebildet wird, horizontal und so gegenüber, daß der Kupferstreifen zur linken und der Zinkstreifen zur rechten Seite des Magnets sich befindet: so zieht sich der schwimmende Apparat nach diesem hin und bewegt sich, indem er den Magnetstab in seine Hühling aufnimmt, so lange nach der diesen haltenden Hand zu vorwärts, bis er in der Mitte des Magnets, wo der Indifferenzpunkt seiner Pole liegt, angekommen ist. Wird statt des Nordpols der Südpol des Magnets entgegen gestreckt, so wird der Apparat abgestoßen, und er sucht sich so zu drehen, daß er mit dem Kupferstreifen zur rechten Seite des Magnets zu schwimmen kommt. Bringt man den Magnet an die andere Seite desselben, so zeigen sich die Erscheinungen, da die Elektrizität nun in Bezug auf die Pole des Magnets in entgegengesetzter Richtung strömt, umgekehrt: es wird daher der Apparat von dem Südpole des Magnets angezogen u. s. w. —

Anderere Verfahrensarten, um zu zeigen, wie ein fixirter Magnet einen beweglichen Polardraht in Bewegung setzt, werden wir gleich näher kennen lernen. (§. 83.)

§. 83.

**Faraday's, Sturgeon's und Schweigger's** Apparate zur Darstellung der Kreisbewegung des Magnets um den ruhenden Rheophor, und des Rheophor's um den ruhenden Magnet.

In dem Dersted'schen Fundamental-Versuche (§. 73.) kann sich das durch den Einfluß des galvanischen Stroms in Anregung gebrachte Bestreben des Magnetes, sich im Kreise um den ruhenden Schließungsdraht der galvanischen Batterie

herum zu bewegen, nicht frei äußern, weil der elektrische Strom mit gleicher Kraft auf beide Pole des Magnetes zugleich wirkt, und einer Magnetnadel, die auf einer Spitze balancirt, überhaupt nicht freie Beweglichkeit genug dafür zuliehet. Um daher den Magnet in eine Lage zu bringen, wo der elektrische Strom nur auf Einen Pol desselben allein wirken und in welcher er ganz ungehindert seiner Neigung zu dieser Kreisbewegung folgen kann, gab Faraday, der bekannte Entdecker der Induktions-Electricität, einen besondern Apparat an, der zugleich die Einrichtung hat, daß man mit ihm auch die Kreisbewegung eines beweglichen Schließungsdrahtes um einen fixirten Magnet unter die Wahrnehmung des Auges bringen kann. Er ist in Fig. 29. im senkrechten Querdurchschnitt gezeichnet. Die isolirende Säule **G** trägt einen starken Kupferdraht **DEF**, von dem ein feinerer **C**, der in **D** befestigt ist, in das mit Quecksilber gefüllte Gefäß **A** herunter taucht, und ein anderer **H**, der in eine Oefse **F** eingehängt ist, frei beweglich in das ebenfalls mit Quecksilber angefüllte Gefäß **B** herab hängt. In das Gefäß **A** ist ein magnetisches Stahlstäbchen **M**, z. B. eine magnetisirte Nähnadel, mit dem Nordpol nach oben, eingesenkt, das entweder durch einen feinen, an dem Boden des Gefäßes befestigten Platindracht zum Schwimmen in aufrechter Stellung gebracht, oder zu demselben Zwecke an seinem untern Ende mit Platindracht umwickelt und beschwert ist; in dem Gefäße **B** ist ein ähnliches Magnetstäbchen **N** in aufrechter Stellung befindlich, das in einem auf dem Boden des Gefäßes befestigten kupfernen Röhrchen **I** fest steht. **K** und **Z** sind knieförmig gebogene Kupferdrähte von der Stärke des Drahtes **DEF**, die mit den Polen einer möglichst kräftigen galvanischen Kette in Verbindung stehen, und den elektrischen Strom derselben zu dem Quecksilber in den beiden Gefäßen leiten, deren Boden zur Einlassung der Drähte durchbohrt ist. Ist die Kette geschlossen, so fängt sogleich (indem der elektrische Strom seinen Weg von **K** aus durch das Quecksilber in **A** und die Drähte **CDEFH** nimmt, und durch das Quecksilber in **B**, welches ihm zum Leiter dient, und den Draht **Z** dem zweiten Pole der Kette wieder zuliehet) der Nordpol des beweglichen Magnetes **M** um den unbeweglichen Schließungsdraht **C**, und in dem andern Gefäße **B** der bewegliche Schließungsdraht **H** um den Nordpol des unbeweglichen Magnetes **N** zu kreisen an, und setzt diesen

Umlauf so lange fort, als noch eine elektrische Entladung Statt findet. Läßt man den elektrischen Strom in umgekehrter Richtung einfließen, oder läßt man statt des Nordpols den Südpol der Magnete über das Quecksilber empor ragen, so nimmt auch die Rotation eine umgekehrte Richtung. — Im Kleinen lassen sich diese Bewegungen auch in einer Glasröhre ausführen. Eine Röhre von 3 bis 4 Z. Länge und 1 bis  $1\frac{1}{2}$  Z. Durchmesser bietet dazu Raum genug dar. Sie wird, wie Fig. 30. darstellt, oben und unten mit Kork verschlossen, der untere Kork mit einer einige Linien dicken Lage von reinem Quecksilber bedeckt, und durch ihn selbst ein weicher Eisendraht **SN** gesteckt, der über dem Quecksilber etwas hervorragt, und mit seinem untern Ende **S** durch einen Draht mit dem negativen Pole einer galvanischen Platten-Batterie in leitender Verbindung ist. Durch den obern Pfropfen ist ebenfalls ein Leitungsdraht (von Silber oder Kupfer) gestochen, der zu dem positiven Pole der Batterie führt und innerhalb der Glasröhre in eine Schlinge umgebogen ist, in welche ein recht blanker Platindraht, der in das Quecksilber herunter reicht, eingehängt wird. Der elektrische Strom entladet sich, bei so geschlossener Kette, fortwährend durch das Quecksilber und den in demselben schwimmenden Platindraht. Wenn man alsdann den Südpol eines Magnetes gegen das untere Ende **S** des Drahtes setzt: so wird, nach dem Gesetze der magnetischen Vertheilung, das obere Ende **N** desselben zum Nordpol (S. 64.), und es kommt durch seinen magnetischen Einfluß auf den neben ihm hängenden Platindraht dieser sofort in eine Kreisbewegung um denselben. Bringt man statt des Südpols den Nordpol des Magnetes mit dem untern Drahtende in Berührung oder vertauscht man die Leitungsdrähte mit einander, so kehrt der Draht um und rotirt in entgegengesetzter Richtung. Die Stelle des Eisendrahtes **SN** kann auch durch ein magnetisirtes Eisenstäbchen, z. B. eine kleine Magnetnadel, ersetzt werden, wo es dann nicht erst eines andern Magnetes zum Magnetisiren desselben bedarf. Eben so ist leicht einzusehen, daß in derselben Röhre die Magnetnadel zum Rotiren um den Platindraht sollicitirt werden kann, wenn man dieselbe durch Belastung ihres einen Poles mit Platindraht zum Schwimmen in senkrechter Stellung zwingt, und dem Platindrahte dagegen eine senkrechte feste Stellung in der Mitte der Röhre, und zugleich durch einen andern Draht eine metallische Ableitung nach außen zu

dem einen Pole des elektrischen Apparates giebt. Durch die Reibung an der Aufhängestelle (durch welche auch die freie Fortleitung der Electricität, wenn die sich berührenden Drähte nicht ganz hell polirt sind, etwas unterbrochen wird) und durch den Widerstand des Quecksilbers wird die Bewegung des Platindrahtes zuweilen aufgehalten, wenn die galvanische Batterie nicht sehr kräftig wirkt. Soll der Versuch mit einem schwächeren Apparate ausgeführt werden, so müssen die einzelnen Theile der ganzen Vorrichtung nach einem kleinern Maasstabe gefertigt werden. Die Bewegung des Drahtes erfolgt selbst noch deutlich sichtbar in einer Röhre, die nur  $1\frac{1}{2}$  Z. lang und  $\frac{1}{2}$  Z. weit ist. Faraday, in *Annal. d. Ch. et Ph.*, Bd. 18, S. 337. *Gillb. Annal.* Bd. 71, S. 133. —

Sturgeon giebt einen Apparat an, in welchem ein frei schwebender Draht einen Elektromagnet zu umlaufen sollcicitirt wird. Ein runder 1 Z. starker Stab von weichem Eisen und 8 Z. Länge **NS** (Fig. 31.) ist mit dem einen Ende in einen hölzernen Fuß, mit dem andern in eine mit Quecksilber gefüllte hölzerne Schale **AB** eingefittet. Die innere Fläche der letztern und das in diese emporragende Ende **S** des Eisenstabes ist mit einem Firniß überzogen. An dem Rande der Schale ist ein Träger **EF** befestigt, auf welchem ein mit Quecksilber gefülltes Näpfschen **C** sich befindet. Ein ähnliches Näpfschen **D** hat neben dem Fußgestelle des Apparates seinen Platz. Aus dem obern Näpfschen **C** geht ein oben amalgamirter und unten blank geschabter Kupferdraht **G** herab, der in eine Schlinge umgebogen ist, in welcher ein zweiter Draht **H** hängt, der mit seiner amalgamirten Spitze in das Quecksilber der Schale **AB** eintaucht. Um den Eisenstab **NS** ist ein Kupferdraht von  $\frac{1}{2}$  Linien Dicke gewunden, der, wenn der Windungen so viele sind, daß sie einander sehr nahe zu liegen kommen, mit Seide umspunnen oder sonst isolirt seyn muß, und der mit seinem obern amalgamirten Ende durch eine Oeffnung in dem Boden der Schüssel **AB** in das Quecksilber hinaufreicht, mit seinem untern dagegen in das Quecksilber des Näpfschens **D** eingesenkt ist. Bringt man die beiden Leitungsdrähte einer einfachen galvanischen Kette in das Quecksilber der Näpfschen **C** und **D**, so wird durch Multiplikatorwirkung der Eisenstab **NS** zu einem Magnet, und der Draht **H** beginnt sodann die Bahn eines Kreises um ihn zu beschreiben. — —



Eben so instruktiv ist der von Schweigger angegebene und im Kleinen in Fig. 32. nachgebildete Apparat, um zugleich die Rotation eines Polar drahtes über dem Pole eines Magnets zu zeigen. **AB** ist der senkrechte Querschnitt einer hölzernen, auf dem Südpole eines Magnetstabes **SN** horizontal liegenden, Scheibe, auf deren Oberfläche eine mit der Peripherie der Scheibe parallel laufende Rinne **DD** ausgedreht ist. Diese ist mit reinem Quecksilber angefüllt. Ein von dem negativen Pole einer Volta'schen Kette kommender Draht **G** ist, in den Boden der Scheibe eingelassen, durch die Mitte derselben nach oben geführt, und endigt hier in eine angelöthete feine Nähnadelspitze, auf welcher nach Art einer Compaß-Nadel mittelst eines Hütchens **C** eine leichte, nicht unter 6 Z. lange, kupferne oder messingene, Nadel balancirt, die mittelst eines bei **E** angelötheten krummen Platindrahtes in das Quecksilber der Rinne taucht und mittelst des kleinen verschiebbaren Gegengewichtes **F** äquilibrirt ist. Bringt man einen zweiten Leitungsdraht **HI**, der bei **I** ebenfalls in das Quecksilber der Rinne taucht, mit dem positiven Pole des Electromotors in Berührung, so beginnt augenblicklich die Nadel **FCE** sich zu drehen. Verwechselt man die Pole des Magnets oder die Schließungsdrähte, so wendet die Nadel um und dreht sich in entgegengesetzter Richtung weiter. Ist der Apparat empfindlich, so erfolgt das Drehen selbst, wenn der Magnet unter der Scheibe entfernt wird, indem dann der Südpol des Magnetismus unserer nördlichen Erdhälfte den schwebenden Schließungsdraht afficirt. \*) (S. 63.) — Schweigg. Journ., neue Reihe, Bd. 16, S. 27.

\*) Ein Beispiel, wie durch (inducirende) Wirkung des Erdmagnets Electricität erzeugt und Bewegung in einer Magnetnadel effectuirt wird, kommt weiter unten (S. 94.) vor. — Nach der Beobachtung einer gelehrten Engländerin, der Lady Sommerville, wird eine in eine galvanische Spirale gelegte Magnetnadel in die Höhe gehoben und in der Achse der Spirale schwebend erhalten, sobald die Kette, deren Schließungsdraht sie bildet, geschlossen ist, und der elektrische Strom durch jene zu kreisen anhebt. Barlow in *Electromagnetism. Encyclop. metrop.* p. 50. u. Royet *Electromagnetism.* p. 37.

§. 84.

Rotation des Rheophors und des Magnets um seine eigene Achse. **Barlow's** Rad.

Die durch den wechselseitigen Einfluß des Magnetismus und der Electricität erzeugten Kreisbewegungen sind auf das Mannigfaltigste durch Ampère, Barlow, Faraday, Pohl, Lenz, Marsh, Davy, Pfaff u. A. abgeändert und vervielfältigt worden. Unter andern hat Ampère auf eine sinnreiche Art die Drehung eines beweglichen Leiters oder eines Magnets um seine eigene Achse dargestellt. Gilb. Ann. Bd. 71, S. 139. Bd. 72, S. 268. Letztere befolgt das Gesetz, daß, wenn der galvanische Strom von dem Nordpole des Magnetes bis zur Mitte desselben durch seine Masse geht, der Magnet in der Richtung von links nach rechts, und, wenn der Strom von der Mitte des Magnets zum Nordpol hinauf geleitet wird, umgekehrt von rechts nach links sich dreht, und läßt sich auf dem einfachsten Wege an dem im vorigen §. beschriebenen Faraday'schen Rotations-Apparate (Fig. 29.) beobachten, wenn man den Draht C kürzer macht, auf der obern Quersfläche des unten mit Platin beschwerten Magnetstäbchens M eine kleine mit Quecksilber ausgefüllte Vertiefung anbringt, und dem Magnet selbst eine solche Stellung giebt, daß die Spitze des Drahtes C in die Vertiefung desselben sich einsenkt, und so der von K zufließende galvanische Strom durch die Achse des Magnetes selbst entladen wird; oder auch, ebenso einfach, an einem von Lenz erfundenen kleinern Apparate, der in einer 3 Z. langen und 1 Z. weiten Glasröhre eingeschlossen ist. Es ist dieselbe an ihrem untern Ende mit einem Kork verschlossen, und durch diesen ein eiserner zugespitzter Draht aufwärts gesteckt, so daß die Spitze desselben über den Kork emporragt. Der übrige Raum der Röhre wird mit Quecksilber gefüllt, und nun von oben ein  $2\frac{1}{2}$  Z. langer und  $\frac{1}{2}$  Z. dicker cylindrischer und an seinen Polflächen halbkugelförmig abgerundeter Magnetstab in die Röhre so tief eingesenkt, bis er mit seinem untern Ende die Spitze des Eisendrahtes berührt, welche ihn alsbald durch Anziehung festhält. In dieser Lage schwimmt der Magnet, mit einem Theile seiner Länge über das Quecksilber und die obere Mündung der Glasröhre herausragend, vertikal in jenem, und zwar (da ihn der

Eisendraht nur in einem kleinen Punkte, der wegen der halbkugligen Gestalt seiner Polfläche in die Achse desselben fällt, berührt) mit leichtester Beweglichkeit. Die Röhre wird nun auf ein Brett mit einer Quecksilberrinne gestellt, so daß das untere Ende des Eisendrahtes in diese eintaucht, und auf das obere Ende des Magnets eine kleine Hülse von Papier enganschließend geschoben, die etwas über demselben emporsteht und ein Schälchen bildet, in der ein Tropfen Quecksilber ruhen kann. Der Magnet wirbelt sodann, je nachdem der Nord- oder Südpol desselben nach oben gerichtet ist, entweder rechts oder links — sobald man den einen Polardraht einer Volta-Kette in die Quecksilberrinne bringt, und das Ende des andern in den Quecksilbertropfen oben hält. — Figur 33 zeigt einen besondern Apparat, in welchem zwei kleine Säulen **A** und **B** zwei konische Pfannen tragen, in welchen horizontal ein cylindrischer Magnet **M** mit seinen Zapfen leicht beweglich ruht. Auf dem Fußgestelle stehen zwei kleine verschiebbare Räßchen **x** und **y**, mit Quecksilber gefüllt, in welchem zwei Drähte **E** und **F** stehen, die unten an einem Gelenke beweglich sind und mit ihren obern amalgamirten Enden sich an den Magnetstab anschmiegen. Leitet man in jedes der beiden Quecksilbergefäße den Polardraht eines Volta'schen Apparates, und legt man den Draht **E** an das eine Ende des Magnets, den Draht **F** aber so, daß er den Magnet in der Mitte berührt: so erfolgt auch eine Rotation desselben in der einen oder andern Richtung, je nach dem der + elektrische Strom dem Räßchen **x** oder **y** zufließt. Die Drehung ist um so stärker, je ungleicher der Abstand beider Drähte von der Mitte ist; lehnen sich beide in gleich weiter Entfernung von der Mitte an, so bleibt der Magnet in Ruhe.

Die Achsendrehungen eines beweglichen Leiters werden in einem von Ampère erfundenen Apparate hauptsächlich durch die diese begleitende Kreisbewegung des positiven Elementes der einfachen galvanischen Kette selbst, aus der die elektrischen Ströme dazu kommen, repräsentirt. **KK** (Fig. 34.), ein Kupfercylinder, dessen Boden aufwärts gedrückt ist, giebt den negativen Erreger dabei ab. Die dadurch in diesem entstandne Höhlung ruht auf dem Nordende eines senkrecht in einer Unterlage befestigten Magnetstabes. Auf dem Boden des Kupfergefäßes ist, durch Löthung befestigt, eine metallene Stütze **D** errichtet, welche oben ein kleines Quecksilberschälchen

trägt, in welchem der rechtwinklig gebogene Drahtbügel **ACB** mit einer feinen Stahlspitze im Gleichgewichte und so, daß er leicht sich dreht, hängt. Die untern Enden seiner beiden Schenkel **A** und **B** tragen den vorher äquilibrirten und zum Rotiren bestimmten, mit dem Kupfercylinder concentrischen Zinkstreifen **ZZ**. Der Kupfercylinder wird bei Anstellung des Versuches mit einer aciden Flüssigkeit angefüllt, in welcher nun der ringförmige Zinkstreifen mit freier Beweglichkeit schwebt. Sein Rotiren wird durch den von dem negativen Elemente der Kette, dem Kupfercylinder, ausfließenden positiv-elektrischen Strom effectuirt, der durch die Stütze **D** und den Bügel **ACB** zu dem positiven Gliede der Kette, dem Zinkringe **ZZ** hin und von da durch die leitende Flüssigkeit dem Kupfer wieder zufließt, und auf dieser Bahn mit den in gleicher Richtung sich bewegenden elektrischen Strömen des Magnetpols, auf deren Umkreisung nach Ampère die magnetische Kraft des Eisens beruht, in Conflict geräth. (S. 86. u. 91.) Es ist einleuchtend, daß, wenn statt des Nordendes das Südende des Magnetstabes in die Wölbung des Kupfergefäßes gesteckt wird, ein Umlauf des Drahtbügels und des Zinkreifes nach entgegengesetzter Richtung resultirt. Befestigt man daher statt des stabförmigen einen guten Hufeisenmagnet mit den Schenkeln aufwärts, und bringt auf jeden derselben eine Vorrichtung wie die oben beschriebene an, so kann man die entgegengesetzten Rotationen zu gleicher Zeit wahrnehmen. Eben so geschehen auch die Drehungen entgegengesetzt, wenn man die Einrichtung der galvanischen Kette dahin abändert, daß man an die Stelle des Kupfergefäßes eins von Zink aufsetzt, und an der Stelle des Zinkreifes einen Keil von Kupfer vermittelt des Drahtbügels in der Flüssigkeit schwimmen läßt.

Barlow machte die Beobachtung, daß ein von dem Schließungsdrahte einer thätigen Volta'schen Batterie in Quecksilber, das mit dem andern Pole der Batterie leitend verbunden war, herabhängender leicht beweglicher Draht alsobald aus dem Quecksilber geworfen wurde, wenn er den Pol eines Magnets in dasselbe tauchte — und daß dieses sich wiederholte, so oft der Draht wieder in das Quecksilber zurück fiel. Er entnahm aus dieser durch abwechselndes Schließen und Öffnen der galvanischen Kette erzeugten

Bewegung die Idee zu Einrichtung eines durch Elektromagnetismus um eine wagrecht liegende Achse sich drehenden Rades. Figur 35 macht dieses deutlich. Der auf irgend eine Art unbeweglich befestigte und gabelförmig gebogene Kupferdraht **DCE** steht mit seinem Ende **C** mit dem einen Pole eines starken Elektromotors in leitender Verbindung. Er ist an seinen beiden untern Enden horizontal einwärts umgebogen, und hat an den Spitzen dieser kleine pfannenartige Vertiefungen, die der bessern Leitung wegen mit Quecksilber ausgestrichen sind, und in welche die sehr feinen stählernen, zur Herstellung einer möglichst guten Leitung des elektrischen Stromes ebenfalls (mit in Salpetersäure aufgelöstem Quecksilber oder in Schwefelsäure aufgelöstem Kupfer) amalgamirten Spitzen, welche die Achse des aus dünnem Kupferbleche geschnittenen Rades vorstellen, eingehängt werden. Die ebenso amalgamirten Zacken des letztern tauchen in die mit Quecksilber angefüllte Aushöhlung **FG**, welche in der Brettunterlage **AB** eingegraben ist. Zu beiden Seiten des Quecksilbers ist ein stark magnetisches Hufeisen **NHS** angeschoben. Wird nun ein von dem andern Pole des elektrischen Apparates abgehender Leitungsdraht mit dem Quecksilber in **FG** in Berührung gebracht; so entladen sich die elektrischen Ströme durch dieses und die übrigen leitenden Theile der Vorrichtung, und es wird dann durch den gleichzeitigen Einfluß des Magnets eine Zacke des leicht beweglichen Rades nach der andern aus dem Quecksilber herausgeschleudert, und dadurch dasselbe in eine äußerst schnelle Drehung um seine Achse versetzt. Der Erfolg ist derselbe, wenn man statt des hufeisenförmigen Magnets den Pol eines stabförmigen Magnets neben dem Rade in das Quecksilber eintaucht. Eine Umtauschung der Leitungsdrähte oder der Pole des Magnets bringt die entgegengesetzte Rotation des Rades hervor. Erleichtert wird diese, wenn man das Quecksilber mit einer dünnen Lage verdünnter Salpetersäure bedeckt, um die Drydhaut, womit sich die Oberfläche desselben gewöhnlich überzieht und welche die Rotation hindert, fortzuschaffen.

Ein bloß der Form nach verbesserter und veränderter Ampère'scher Rotationsapparat ist der ebenfalls von Barlow (in der **Encyclopaed. Metr. p. 35.**) beschriebene Apparat, in welchem nicht wie bei jenem ein schmaler reifförmiger Streifen des einen Elements der Kette, sondern der ziemlich hohe Zinkcylinder, welcher den posit-

ven Erreger bildet, rotirt und der einer weitem Mittheilung um so mehr werth ist, als er sich durch leichte Ausführbarkeit vor andern elektromagnetischen Rotations-Maschinen empfiehlt. Eine Zeichnung von einem senkrechten Querschnitt desselben ist in Fig. 36. gegeben. Zwei 2½" hohe concentrische Cylinder von Kupfer **KK** sind unten mit einem Boden von Kupfer verbunden und bilden so die Kupferzelle des Apparates. In dem Zwischenraume zwischen beiden ist der Zinkcylinder **ZZ** mit Freiheit zur Bewegung befindlich. Zu diesem Ende geht von dem innern kupfernen Cylinder ein bogenförmiger Draht **FF** ab, der in der Mitte seines Bogens eine kleine Vertiefung von Stahl zur Aufnahme der Spitze **e** hat, die von dem Bogen eines zweiten von dem Zinkcylinder kommenden krummen Drahtes, **DD**, abwärts gerichtet ist. Mit Hülfe dieser Spitze, welche zugleich die metallische Verbindung zwischen den beiden galvanischen Metallen unterhält, schwebt der Zinkcylinder in der Kupferzelle. Gießt man eine leitende Flüssigkeit in diese, und bringt einen guten Magnetstab **N** in die Stellung, wie die Zeichnung besagt: so beginnt der Zinkcylinder eine Kreisbewegung in der Flüssigkeit mit großer Lebhaftigkeit, so daß wohl 120 Umdrehungen in einer Minute erfolgen. Marsh hat später durch eine nochmalige Abänderung des Apparates auch den Kupfercylinder zur Drehung nach einer der des Zinks entgegengesetzten Seite gezwungen, indem er von der Mitte des Drahtbogens **ff** eine nach unten gerichtete Spitze in einer auf dem Magnete eingesetzten kleinen Höhle von Achat spielen läßt. Kupfer und Zink drehen sich so gleichzeitig nach entgegengesetzter Richtung, nur ersteres seiner größern Schwere wegen langsamer als das Zink. Der Stabmagnet, welcher den Apparat trägt, kann entweder mit der Hand in senkrechter Stellung gehalten, oder besser in ein Fußgestell befestigt werden. Wird der Südpol des Magnets nach oben gerichtet, so geschehen alle Bewegungen des Apparates in entgegengesetztem Sinne. Gilb. Ann. Bd. 72, S. 223.

§. 85.

Rotation flüssiger Leiter durch Elektromagnetismus und durch Galvanismus allein. **Ritchie's** Maschine.

Nach derselben Regel, nach welcher ein beweglicher Schließungsdraht um einen fixirten Magnetpol, und selbst ein Element der ein-

fachen galvanischen Kette um das andere (§. 83.) kreiset, werden auch Quecksilber und geschmolzenes Zinn, wenn man sie der gleichzeitigen Einwirkung des elektrischen Stromes und eines Magnetes aussetzt, so wie die als flüssige Leiter in der galvanischen Kette gebrauchten Flüssigkeiten überhaupt, in eine rotirende Bewegung versetzt. Die Richtung dieser Kreisbewegung hängt nämlich, wie bei jenem, von der Richtung des elektrischen Stromes und von der Art des angewendeten Magnetpoles ab. Die meisten dieser Versuche sind von Humphry Davy angestellt und in den *Philos. Transact.* vom Jahre 1823 (Bd. 2, S. 153 u. f.) mitgetheilt. Sie erfordern zu ihrem Gelingen sehr starke elektromotorische Apparate. Als der genannte Physiker zwei Kupferdrähte, die mit den Polen eines solchen in leitender Verbindung waren, in einiger Entfernung von einander senkrecht in eine mehrere Linien dicke Schicht Quecksilber  $\frac{1}{10}$  bis  $\frac{1}{2}$  Zoll tief eintauchte: so gerieth, wenn der Pol eines guten Magnets über oder unter die Drähte (und noch mehr, wenn zugleich ein Magnetpol über und ein freundschaftlicher unter die Drähte) gehalten wurde, das Quecksilber in einen lebhaften Umlauf um die Drähte, der so lange währte, als der elektrische Apparat im Gange blieb und der Magnetismus einwirkte. Hielt er den Magnetpol zwischen den Drähten gegen das Quecksilber: so ließ das Drehen nach, und das Quecksilber kam dafür in eine strömende Bewegung rechts und links von dem Magnete abwärts. Ferner führte er durch den in einem Abstände von 3" von einander mit Löchern versehenen Boden einer flachen Glasschale zwei  $\frac{1}{2}$  Z. starke Kupferdrähte, die an ihren obern Enden gut polirt, übrigens aber mit Wachs oder Siegellack überzogen waren, und kittete sie hier fest, so daß sie einige Linien über den Boden der Schale emporragten. Hierauf goß er Quecksilber in die letztere, bis dieses  $\frac{1}{10}$  bis  $\frac{1}{2}$  Z. hoch über den Drahtenden stand, und entließ durch die Drähte die Elektrizität eines großen Plattenpaares; alsbald fing das Quecksilber sich zu bewegen an, und erhob sich über den Enden der Drähte in Gestalt kleiner, einige Linien hoher, Kegel, von deren Gipfeln aus nach allen Richtungen Wellen flossen, so daß nur der Punkt in der Mitte der beiden Drähte, wo sich die Wellen von beiden Kegeln begegneten, ruhig blieb. Näherte er einem dieser Kegel den Pol eines Magnets von oben her bis auf einige Zolle, so wurde der Kegel niedriger, dafür aber breiter und

die Wellenbewegung nahm ab; rückte er mit dem Magnete noch näher, so wurde die Oberfläche des Quecksilbers eben, die Undulation hörte ganz auf und es fing statt dessen um den Draht zu kreisen an. Diese Rotation wuchs an Schnelligkeit immer mehr, je näher der Magnet an das Quecksilber gerückt wurde, und es bildete sich zugleich an derselben Stelle, wo vorher der Kegel war, eine trichterförmige Vertiefung, in welcher die rotirende Bewegung mit wachsender Geschwindigkeit fortdauerte. —

Ähnliche Bewegungen, die noch der Erklärung bedürfen, sind im Entladungskreise der Volta'schen Säule, auch ohne Mitwirkung eines Magnetes, von Ermann und Herschel, dem jüngern, und später auch von Pfaff und Nobili beobachtet worden. Bedeckt man nämlich eine dünne Lage durch Destillation gereinigtes Quecksilber, die sich in einer flachen Schale, z. B. einem Uhrglas, befindet, mit einer dünnen Schicht einer gut leitenden Flüssigkeit, z. B. mit Schwefelsäure oder einer Lösung von Aeskali, und bringt die beiden Enden der Polardrähte (am besten von Platin) einer mäßig starken Säule (nach Pfaff ist dazu der Strom einer Säule von 24 zweizölligen Plattenpaaren schon stark genug) mit dieser, ohne das Quecksilber selbst zu berühren, oder auch den einen Draht mit dem Quecksilber und den andern mit der Flüssigkeit in leitende Verbindung: so entstehen strömende Bewegungen in dieser von einer gewissen Regelmäßigkeit, die sich theils nach der Natur der über dem Quecksilber stagnirenden Flüssigkeit, theils nach der Art, wie die Drähte eingelassen sind, richtet. Ist z. B. die Flüssigkeit alkalisch, und der zu dem positiven Pole führende Draht am Rande des Glases mit ihr, etwas entfernt von dem Quecksilber, in Berührung, während gegenüber der negative Polar Draht durch die Flüssigkeit hindurch in das Quecksilber eintaucht: so plattet sich dieses (der Capillardepression entgegen) ab, und es entsteht eine lebhafte Strömung vom positiven Drahte aus, die nach dem negativen Drahte zu gerichtet ist, sich aber hier theilt und nach beiden Seiten Wirbel bildet. Diese wirbelnde Bewegung, welche sich bei jeder Verrückung der eingetauchten Drähte anders gestaltet, dauert auch noch fort, wenn der negative Draht aus dem Quecksilber bis in die Flüssigkeit zurückgezogen wird, und zwar so lange, bis das durch den galvanischen Strom aus dem Kali reducirte Kaliummetall, welches sich bei seiner Abschei-



ding sogleich mit dem Quecksilber amalgamirte (S. 50.), wieder sich oxydirt und in Kali umgewandelt hat. Ist der negative Draht in die alkalische Flüssigkeit und der positive in das Quecksilber eingesenkt, so erfolgt dagegen eine Contraction des Quecksilbers, in Folge welcher es an seiner Oberfläche wieder seine convexe Form annimmt. Indem es aber mit dem am Rande des Glases eingetauchten positiven Drahte außer Berührung kommt, flacht es sich wieder ab, tritt dadurch wieder zum Drahte, und zeigt so eine abwechselnde Bewegung von Zusammenziehung und Ausdehnung. Dabei oxydirt sich das Quecksilber und wird an seiner Oberfläche braun und zähe. Diese Drydhaut verschwindet sogleich wieder, wenn das Verfahren umgekehrt und der positive Draht aus dem Quecksilber in die Flüssigkeit zurückgezogen, dagegen der negative Draht in dasselbe getaucht wird, wobei augenblicklich auch das Quecksilber seine convexe Gestalt wieder verliert. Im dritten Falle, wo beide Drähte in der Flüssigkeit stehen und das Quecksilber gar nicht berührt wird, entstehen den Drähten gegenüber Bewegungen, die ihrer Figur nach den Nobilischen Farbenkreisen ähnlich sind. (S. 50.) Wenn man eine Lage Quecksilber mit einer 1 Linie dicken Schicht gesättigter Kochsalzlösung bedeckt und einen kleinen Krystall von Kupfervitriol darauf legt, so verliert das Quecksilber seinen Spiegelglanz und wird mit einer Drydhaut überzogen; taucht man hierauf durch die Salzlauge einen blanken Eisendraht in dasselbe, so verliert sich die Haut wieder und es zeigen sich ebenfalls mannigfaltige Strömungen, die so lange anhalten, bis der Krystall verzehrt ist. — Alle diese Bewegungen stehen rücksichtlich ihrer Lebhaftigkeit, bei unveränderter Wirksamkeit des Electromotors, genau im Verhältnisse zu der Stärke der übergegossenen Säure oder Lauge. Bei starken Säuren oder Laugen lassen sie sich daher selbst, wie im letzten Versuche, mit einer ganz kleinen einfachen Kette erzeugen.

Einen eigenthümlichen Apparat, den flüssigen Leiter an einer galvanischen Kette durch Magnetismus in Rotation zu bringen, hat Ritchie angegeben. Zwei hohle Cylinder von Holz oder Glas, der eine  $2\frac{1}{2}$ , der andere  $1\frac{1}{2}$  Z. im Durchmesser, sind concentrisch in einander gestellt und durch einen hölzernen Boden wasserdicht geschlossen. Die Flüssigkeit, welche rotiren soll, steht in dem von beiden Cylindern eingeschlossenen Raume. Die Pole eines

Volta-Apparates werden in diese durch zwei Drähte entladen, von denen der eine durch den Holzboden in die Flüssigkeit aufwärts eintaucht, der andere aber auf der entgegengesetzten Seite von oben in dieselbe eingelassen ist. Wird nun der Pol eines Stabmagnetes in die Höhlung des innern Cylinders gesteckt, so fängt die Flüssigkeit im Kreise herum zu fließen an. Ritchie brachte, um dieses noch anschaulicher zu machen, zwei kleine Schaufeln in die Flüssigkeit, welche von einer hölzernen Querleiste in diese herunterhingen, welche letztere selbst mittels einer Spitze in einer Vertiefung auf der Quersfläche des unten hinauf in die Höhlung des innern Cylinders geschobenen Magnetpoles mit möglichster Leichtigkeit balancirte. — Einen sehr einfachen Apparat, die elektromagnetische Rotation einer Flüssigkeit zu verwirklichen, beschreibt auch Fechner (in Schweigg. J. Bd. 55, S. 15). Es wird auf den Pol eines aufrecht stehenden Magnetes eine kupferne Schale, deren Boden einwärts gedrückt ist, gesteckt und auf die Erhöhung des Bodens ein Zinkring gelegt. Gießt man eine Mischung von Salzsäure mit Salmiaklösung in die Schale, so daß der durch die Berührung der beiden Metalle mit der Flüssigkeit erzeugte elektrische Strom durch diese circulirt: so beginnt dieselbe in der Nähe des Zinkringes äußerst schnell zu rotiren, und reißt selbst hineingelegte kleine Papierschnittchen mit sich fort.

§. 86.

Wechselseitige Anziehung und Abstoßung zweier Rheophoren. Transversal-Magnetismus. **Roget's** automatische Drahtspirale. Die frei schwebende Magnetnadel der **Lady Sommerville**.

Aus dem wechselseitigen Einflusse der Schließungsdrähte auf den Magnet und umgekehrt des Magnetes auf jene, schloß Ampère richtig, daß auch zwei Schließungsdrähte (eines und desselben oder zweier verschiedener Volta-Apparate) durch Anziehung und Abstoßung gegenseitig auf einander wirken müßten und ersann zu diesen Versuchen mehrere complicirte Apparate. Gilb. Ann. 1821. Bd. 67, S. 113. Werden dem gemäß zwei geradlinig gebogene Leitungsdrähte, von denen wenigstens einer beweglich ist, parallel neben einander so ausgespannt, daß sich der bewegliche dem unbeweglichen nähern und von ihm entfernen kann, ohne aufzuhören,

demselben parallel zu seyn: so ziehen sie sich, wie Magnete, die mit ungleichnamigen Polen einander genähert werden, gegenseitig an, wenn die Elektricität nach derselben Richtung beide durchströmt, und stoßen sich ab, wenn sie nach entgegengesetzten Richtungen von der Elektricität durchströmt werden; — ein Gesetz, das mit der gewöhnlichen Regel, nach welcher nur Gleichartiges von Ungleichartigem angezogen, von Gleichartigem hingegen abgestoßen wird (S. 8. u. 60.), in scheinbarem Widerspruche steht, dessen Erklärung aber leicht wird, wenn man mit Ampère annimmt, daß durch den elektrischen Strom in den Leitungsdrähten eine Art von Transversal-Magnetismus erzeugt wird \*), dem zu Folge bei einerlei Richtung des Stromes in den neben einander liegenden Drähten die magnetischen Pole nach entgegengesetzten Richtungen, nämlich nicht an die Enden der Längensachsen der Drähte, sondern — wie bei einem Transversal-Magnet,

\*) Der Transversal-Magnetismus, eine Entdeckung Precht's, ist dem Longitudinal-Magnetismus, wie er bei der gewöhnlichen Art zu magnetisiren entsteht (S. 63.), entgegengesetzt, und wird bekanntlich durch eine eigne Art des Magnetisirens hervorgerufen, wobei die Magnetpole nicht wie bei einem Longitudinal-Magnete an den Enden der Längensaxe (eines Stabes), sondern an den diametral entgegengesetzten Seitenkanten (seiner ganzen Länge nach) entstehen. Ein solcher Transversalmagnetismus kann selbst an einem 4, 6 bis 12 kantigen Eisenprisma dargestellt werden, wo dann die diagonal gegenüber liegenden Längenkanten abwechselnd die entgegengesetzten Pole besitzen. Ein Drahtcylinder, den man dadurch bereitet, daß man einen stählernen Klavierdraht spiralförmig um eine Glasröhre windet, und so daß die einzelnen Windungen sich berühren, wird transversal polarisch, wenn man zwei diametral sich gegenüber liegende Stellen desselben in der Richtung der langen Achse mit dem Nord- und Südpole eines Magnetes von einem Ende zu dem andern streicht. Es wird dadurch ein Magnet erhalten, der in der Richtung seiner ganzen Länge auf der einen Seite nordpolar, auf der andern südpolar ist, und beide entgegengesetzte Magnetismen sind durch zwei Indifferenzlinien getrennt, die sich wiederum diametral gegenüber liegen. Beide Enden der Spirale zeigen aber durchaus keine besondern Pole, außer denen, welche jeder einzelne Punkt ihrer ganzen Länge hat. Streicht man einen solchen Quermagnet nach dem Laufe der Spirale mit dem Pole eines Magnetes, so wird sein Transversal-Magnetismus aufgehoben, und er in einen Longitudinal-Magnet mit zwei Polen an den Enden verwandelt.

der längs seiner Längsachse an seiner Peripherie eine Menge von ganz nahe an einander liegenden abwechselnden Nord- und Südpolen hat — an die Enden der Durchmesser ihrer Querschnitte, zu liegen kommen (S. 91.), und daß also bei der nämlichen Richtung des elektrischen Stromes die parallel neben einander liegenden Drähte in jedem Punkte ihrer Oberfläche mit ungleichnamigen Polen sich anziehen, bei entgegengesetzter Richtung desselben aber mit gleichnamigen Polen sich abstoßen. — Laufen zwei Ströme nicht parallel, sondern schräg neben einander hin: so ziehen sie sich, conform mit der vorhinigen Aussage, einander an, wenn beide entweder zum Scheitel des Winkels hin- oder von ihm weggehen; sie stoßen sich hingegen ab, wenn der eine hin-, der andere herfließt. — Zur Anstellung des Versuches über dieses anscheinend paradoxe Verhalten elektrischer Ströme in den Rheophoren ruhe ein im Rechteck gebogener Draht **BCDE** (Fig. 38.) mit seinen beiden Enden **A** und **F**, die mit feinen Stahlspitzen versehen sind, leicht beweglich in zwei mit Quecksilber angefüllten, irgendwie fest stehenden, Näpfchen, mit welchen die beiden Rheophoren eines elektrischen Apparates in Verbindung stehen, so daß der Draht um die vertikale Linie **NO** mit Leichtigkeit sich drehen kann. Tritt der galvanische Strom bei **A** von oben in das Rechteck ein: so hat er überall die Richtung, welche die beigezeichneten Pfeile anzeigen, und fließt also von **A** durch **BCDE** nach **F**, und von da durch das Quecksilber dem Zinkpole der Kette zu. Spannt man nun in der Nähe von **BC** einen andern Schließungsdraht **GH** senkrecht aus, so daß der elektrische Strom in ihm ebenfalls von oben nach unten sich bewegt, so wird die Seite **BC** des Rechtecks von diesem angezogen; dreht man hingegen die Seite **ED**, in welcher der Strom aufwärts fließt, dem Schließungsdrahte **GH** zu, so wird sie von diesem abgestoßen. Spannt man den Draht **GH** unterhalb der Seite **DC** aus, aber nicht parallel mit ihr: so dreht sich der bewegliche Leiter so lange, bis die Seite **CD** von ihm mit **HG** in parallele Lage kommt und der Strom in beiden gleiche Richtung hat. Um, wenn die Drähte bei der gegenseitigen Anziehung sich berühren, zu verhüten, daß die Ströme in einander übergehen, isolirt man sie vorher durch einen Ueberzug von Seide; und um die Wirkung der Ströme bei Anwendung einer

schwachen Kette zu verstärken und sich den Erfolg des Experimentes zu sichern, nimmt man den unbeweglichen Schließungsdraht **GH** etwas lang, biegt ihn bei **H** krumm, führt ihn (damit der aufwärts gerichtete Strom außer Spiele bleibe) in einiger Entfernung aufwärts, sodann dicht neben **GH** wieder herunter, und wiederholt diese Tour einigemal, wodurch die Wirkung des in der Richtung von **G** nach **H** fließenden Stromes so viel mal vervielfacht wird, als Lagen des ausgespannten Drahtes in dieser Richtung vorhanden sind. —

Wie ein beweglicher Schließungsdraht von einem festen Schließungsdrahte, wird auch eine nicht bloß um ihren Schwerpunkt drehbare (S. 71.), sondern im Ganzen frei bewegliche Magnetnadel von diesem angezogen und entfernt — was ebenfalls in der Annahme eines Transversal-Magnetismus in dem Schließungsdrahte, der sich in jedem Punkte des letztern nach entgegengesetzten transversellen Seiten nördlich und südlich polar ausspricht, seine Erklärung findet. Die ersten Versuche hierüber stammen von *Dove* ab. Eine Magnetnadel, über einen im magnetischen Meridiane horizontal ausgespannten Rheophor mittelst eines Seidensfadens horizontal an dem Arme einer empfindlichen Wage aufgehängt, wurde abgelenkt und bis zur Berührung ihres Indifferenzpunktes mit dem Rheophor zu diesem heruntergezogen. Die Richtung des elektrischen Stromes äußerte darauf keinen Einfluß. Um die Abstoßung des Rheophors gegen die Nadel nachzuweisen, befestigt *Dove* letztere horizontal an einem Hebelarm, der an dem andern Ende durch ein Gegengewicht äquilibrirt und an einem Faden aufgehängt ist, so daß die Nadel freie Beweglichkeit in einer Horizontalebene hat. Wird neben ihren Indifferenzpunkt ein Leitungsdraht senkrecht ausgespannt, so entfernt sich bei einer entsprechenden Richtung des Stromes die Nadel von diesem; bei der entgegengesetzten nähert sie sich ihm. Versuche ähnlicher Art sind auch von *Peltier* vorgenommen worden. *D. u. M. Repert.* Bd. 1, S. 259 u. 263 — wo auch ein sinniges Verfahren mitgetheilt ist, die Anziehung eines Magnetes auf eine galvanische Spirale darzustellen.

Ein gefälliger, auf obiges Gesetz der Anziehung parallel und gleich laufender elektrischer Ströme zurückzuführender Versuch ist die gegenseitige Anziehung der einzelnen Windungen einer Drahtspirale, durch die man die elektrische Batterie

sich entladen läßt, und welche zuerst von **Dr. Roget** — dem hiermit die, wie es scheint, vergessene Priorität des Experiments vindicirt seyn möge! — beobachtet worden ist. Hängt man nämlich eine schlaff gewundene Drahtspirale mit dem einen Ende, welches zugleich mit der einen Elektrode des galvanischen Apparates in leitender Verbindung ist, senkrecht auf, und läßt dann ihre untere Spitze in Quecksilber, welches mit der andern Elektrode des Apparates leitend verbunden ist, eintauchen: so verkürzt sie sich sogleich (vorausgesetzt, daß der zu der Spirale verwendete Draht hinreichend dünn und biegsam ist) in Folge der gegenseitigen Anziehung der ihre Windungen in gleicher Richtung durchfließenden Ströme, und die Spitze tritt aus dem Quecksilber heraus. Da hierdurch der Schluß der Kette wieder aufgehoben wird, so nimmt die Spirale durch die Schwere des Drahtes ihre erste Länge wieder an, wodurch sie wieder in das Quecksilber eingetaucht wird, und von Neuem die Kette schließt, wo dann ein abermaliges Verkürzen derselben erfolgt u.

In dieselbe Klasse von elektromagnetischen Erscheinungen gehört auch der wunderbare, schon S. 83.\* berührte Versuch der **Lady Somerville**, wo durch die magnetische Kraft einer galvanischen Spirale die Schwerkraft der Erde völlig überwunden und eine in die Höhlung der Spirale gelegte Magnetnadel ihrer Schwere entgegen in die Höhe geschneilt und zum Schweben in jener gebracht wird — ähnlich wie, der Sage nach, der eiserne Sarg **Mahomed's** in der Begräbnishalle zu Medina, oder das geheimnißvolle Bild der Priesterin **Arsinoë** in dem magnetischen Tempel des Königs **Ptolemäus**, (S. 87)\*).

\*) Die Statue der **Arsinoë**, des Priesters **Phlegens** Tochter und Gemahlin des **Almäon**, war, wie **Vitruvius** erzählt, von **Dinocrates** (**Dinochares** nach **Plinius**) einem berühmten Architekten in **Macedonien**, auf Befehl des Königs **Ptolemäus**, aus lauter Eisen gefertigt, und soll in einem aus Magnetstein gewölbten Tempel, der aber wegen des noch während seines Baues erfolgenden Todes des Königs nicht ganz vollendet wurde, sich schwebend befunden haben. **Vitruv.** Praef. c. 1, **Plin.** h. n. I, 1.

§. 87.

Einfluß des Erdmagnets auf den Rheophor. Die galvanische Boussole. Der mikroelektromagnetische Compaß **Masbig's**.

Wenn auch schon aus den bisher geschilderten elektromagnetischen Erscheinungen mit Evidenz der Schluß gezogen werden durfte, daß in dem Leitungsdrahte einer galvanischen Kette eine magnetische Kraft enthalten sey: so lieferte doch einen noch entscheidenderen Beweis dafür Ampère durch eine neue, im Bereiche des Elektromagnetismus gemachte Entdeckung, daß nämlich ein Schließungsdraht selbst von dem Magnetismus der Erde afficirt wird (§. 63.), und bei hinlänglicher Freiheit in der Bewegung einem wirklichen Magneten gleich (der auf irgend eine Art, z. B. durch Aufsetzen mit seinem Schwerpunkte auf eine senkrechte Spitze, frei beweglich gemacht ist) sich in den magnetischen Meridian richtet. Eine Andeutung dieses Einflusses des Erdmagnetismus auf einen von Elektrizität durchströmten Leitungsdraht wurde schon oben (§. 83.) gegeben. Am Leichtesten und Einfachsten wird derselbe durch die von Ampère selbst anempfohlene Verstärkung der magnetischen Kraft eines Schließungsdrahtes durch das Multiplikations-Princip (wie in dem Schweigger'schen Multiplikator) veranschaulicht. (§. 76.) **AFBG** (Fig. 37.) ist eine Pappscheibe, um deren Peripherie ein mit Seide überspommener Kupferdraht mehrmals gewunden ist, dessen Enden von Seide entblößt und blank gescheuert sind. Das eine dieser Enden ist in **B**, das andere in **A** an eine feine, mit Kupfer amalgamirte, Stahlspitze gelöthet, wovon die letzte in dem kleinen mit einem Tropfen Quecksilber gefüllten Becher **E** ruht, und die erstere durch den fein durchbohrten Boden einer kleinen, gleichfalls mit etwas Quecksilber ausgefüllten Vertiefung **D** des rechtwinklig gebogenen Trägers **I** geführt ist, so daß die Scheibe gleichsam um eine senkrechte, durch die punktirte Linie **HC** angedeutete, Achse beweglich ist. Besitzt jene bei dieser Einrichtung die hinreichende Beweglichkeit: so wird sie sich, sobald man die beiden Polardrähte einer Volta'schen Batterie mit dem Quecksilber in **E** und **D** in leitende Verbindung bringt, nach einigen Schwankungen von selbst in eine dem magnetischen Meridiane entsprechende Richtung stellen, jedoch nicht so, daß ihre Ebene mit der des Meri-

dians zusammenfällt, sondern daß sie auf dieser senkrecht steht. (S. 86.) Sind die Drahtwindungen um die Scheibe so aufgerollt, daß der bei **D** eingeleitete positive elektrische Strom in der Richtung von **BGHF** fließt, so kehrt sich **F** nach Westen; fließt er dagegen in der Richtung von **BFAG**, so kehrt sich **F** nach Osten. — Von ähnlicher Einrichtung ist der von de la Rive in gleicher Beziehung ausgedachte Apparat. Die polirten Enden eines mit Seide überspinnenen Messing- oder Kupferdrahtes (Fig. 39.), den man um eine 2<sup>'''</sup> weite Röhre so gewunden hat, daß, wenn man diese herauszieht, er eine Drahtspirale von etwa 6 Z. Länge bildet, sind auf beiden Seiten durch die Höhlung der Drahtspirale in gerader Richtung nach der Mitte **C** zurückgeführt, hier zur Seite herausgebogen, und das eine mit der Spitze eines schmalen Kupferstreifens **K**, das andere mit der Spitze eines ähnlichen Zinkstreifens **Z** zusammen gelöthet oder durch zwei bis dreimaliges Umwinden befestigt. Beide Streifen sind neben einander durch eine 1½'' breite Korfscheibe gesteckt, und zur Verstärkung der Wirkung der Kupferstreifen unten um den Zinkstreifen etwas aufwärts gebogen. (S. 74.) Wenn man diese kleine Vorrichtung, mit der Spirale nach oben, auf einer sauren Flüssigkeit (z. B. auf Salzwasser, dem man eine Säure beigemischt hat) in einem schicklichen und (damit die Adhäsion zwischen ihr und den Wänden keinen Einfluß auf sie ausübe) genugsam weiten Gefäße schwimmen läßt; so stellt sie sich sogleich in den magnetischen Meridian und wendet, je nachdem die Windungen rechte oder linke sind (S. 77.), entweder das Ende **A** oder das Ende **B** nach Norden. Vergleichen spiralenförmige Elektromagnete (deren Einrichtung auch auf die Art, wie Fig. 40 u. 41. es zeigen [wo die Enden der Drahtwindungen in kleinen, mit den beiden Polen eines galvanischen Apparates durch Drähte in Verbindung stehenden, Quecksilbernäpfschen leicht beweglich spielen] abgeändert werden kann) verhalten sich überhaupt ganz wie Schließungsdrähte starker galvanischer Batterien, und sind wie diese einem andern künstlichen Magnete in allen Eigenschaften ähnlich: denn nicht genug, daß sie in Folge des sie durchfließenden elektrischen Stromes magnetische Polarität (an dem einen Ende einen Nord- und an dem andern einen Südpol) erhalten, und sich unter die Herrschaft des Erd-Magnetismus stellen: so ziehen sie auch an ihren Pol-Enden Eisenseile, gleich einem andern Magnete, an und



ordnen diese, wenn sie mittelst einer Glasaafel in dünnen Lagen darüber gehalten wird, zu den bekannten magnetischen krummen Linien oder Curven. (§ 64.\* u. 81.) Ebenso ziehen sich auch die ungleichnamigen Pole zweier solcher schwebender magnetischer Spiralen einander an, so wie sich umgekehrt die gleichnamigen Pole derselben abstoßen. Dasselbe Verhalten ist auch zwischen einem einzelnen solchen Elektromagnete und einem natürlichen oder einem gewöhnlichen künstlichen Magnete erweislich, wenn man bald die gleichnamigen, bald die ungleichnamigen Pole derselben einander nähert \*).

Den Vorrichtungen Ampère's und de la Rive's nachgebildet ist Rashig's mikroelektromagnetischer Compaß, den Figur 42 vergegenwärtigt, und welcher (da er weder durch ein stark widerstehendes Mittel, wie bei den schwimmenden Apparaten dieser Art das Wasser, noch durch Friktion an seinem Stützpunkte in seinen Bewegungen gehemmt wird, sondern fast frei in der Luft spielt) die Traversirungen und Polaritätsercheinungen einer wirklichen Compaßnadel viel treuer nachahmt, als jene. Den galvanischen Strom erzeugt bei ihm dieselbe kleine Zellenkette (ein Schneiderfingerhut), deren kräftige thermische Wirkung wir schon oben in Volta'ston's galvanischem Fingerhutfeuerzeuge (§. 74.\*) zu bewundern Gelegenheit fanden. Ein dünn geschabter Federkiel **AB**, der an zwei, oben in Einen vereinigten, Fäden von feiner ungedrehter Seide **D** und **E**

\*) Von Poggendorff wird die völlige Identität einer von dem galvanischen Strom durchflossenen Drahtspirale mit einem gewöhnlichen Magnete in Abrede gestellt, und die Verschiedenheit beider durch ein Experiment bewiesen. Wird nämlich in einen senkrecht gehaltenen hohlen Magnetstab, der etwa 3" lang und dessen Höhlung einige Linien weit und mit einer dünnen Glasröhre ausgefüllt ist, eine leichte, etwa 9 Linien lange, Magnetnadel vorsichtig von oben (wenn der Nordpol des Magnetstabes nach oben gekehrt ist, mit dem Südpole voran) eingeschoben: so fällt diese nicht durch, sondern bleibt, dem eisernen Bilde der Arsinoe ähnlich (§. 86.), in der Luft schwebend, indem sie noch zum Theile aus dem Magnete hervorragt. Wird sie tiefer hinabgedrückt, so steigt sie, wenn der Druck aufhört, wieder in die Höhe in ihre vorige Stellung. Anders stellt sich eine Magnetnadel, die man in eine galvanische Drahtspirale bringt: es bleibt diese hier nicht am Ende schweben, sondern nimmt eine schwebende Stellung in der Mitte derselben ein. Pogg. Ann. 52, 386.

wagerecht aufgehängt ist und an zwei andern feinen Fäden **F** und **G** einen etwas platt gedrückten kupfernen oder silbernen Fingerhut **H** (statt dessen aber auch ein ähnlicher anderer Behälter genommen werden kann) trägt, ist spiralförmig, an den Enden **A** und **B** wenigstens 50 Mal, mit einem feinen überspinnenen Kupferdraht unwickelt, der bei **A** und **B** mit Seide angeknüpft ist, und dessen eines von Seide entblößtes Ende an den Fingerhut, das andere aber an eine kleine Zinkscheibe **C**, die in diesem senkrecht und isolirt steht, angelöthet oder sonst befestigt ist. Letztere wird zu diesem Zwecke entweder vor ihrer Einsenkung in den Fingerhut mit Löschpapier unwickelt, oder sie wird an ihren Kanten, die obere ausgenommen, mit Siegellack dünn überzogen, und in der Mitte des Fingerhutes zwischen zwei hervorstehenden Knöpfen Siegellack befestigt. Dadurch wird eines Theils die metallische Berührung zwischen ihr und den innern Wänden des Fingerhutes aufgehoben, ohne daß andererseits die Communication der einzugießenden Flüssigkeit von einer Fläche auf die andere behindert ist. Sobald man den Fingerhut mit der leitenden Flüssigkeit — wozu sich am besten eine schwefelsaure Zinksolution eignet, da diese die anhaltendste Wirkung äußert und weder das Zink noch die Seide angreift — anfällt: so erhält durch den eingeleiteten galvanischen Proceß die Drahtschraube magnetische Polarität, und stellt sich nach einigen Schwingungen mit ihren in **A** und **B** liegenden Polen, eine galvanische Magnetrudel darstellend, in die Richtung des magnetischen Meridians.

§. 88.

Die Reibungs- (Maschinen-) Electricität im Conflict mit dem Magnetismus.

Wie die galvanische, so tritt auch die durch Reibung oder durch gewöhnliche Elektrirmaschinen erregte Electricität in Gegenwirkung mit dem Magnetismus, worauf schon aus der Gleichartigkeit der beiden Electricitäten a priori geschlossen werden konnte. Da es aber bei Erzeugung von elektromagnetischen Erscheinungen hauptsächlich auf eine große Menge mit Einem Male frei werdender Electricität, und weniger auf eine große Spannung derselben ankommt (§. 46. u. 73.), letztere aber mehr als erstere bei der Maschinen- Electricität sich vorfindet (§. 44.): so zeigen

sich die meisten magnetischen Wirkungen unter dem Einflusse dieser Electricitätsquelle in viel schwächerem Grade, als unter dem der Contact-Electricität. Pfaff, der Elektromagnet. S. 184. Daher bringt selbst die Anwendung sehr starker Elektrisirmaschinen und Batterien nur schwache Abweichungen der Magnetnadel zu Wege. (S. 73.) Nach Muncke's Versuchen wurde z. B. eine Declinationsnadel selbst mit Hülfe eines Multiplikators von 120 Drahtwindungen kaum um  $5^{\circ}$  abgelenkt, als er in dieser Absicht das eine Ende des Multiplikators mit dem Knopfe einer geladenen Leidner Flasche von  $3\frac{1}{2}$  □ F. Belegung isolirt in Berührung brachte, während das andere Ende desselben mit der Wand des Zimmers leitend verbunden war (— also die angehäuften Electricität nur einseitig aus der Flasche an der Nadel hin abgeleitet wurde). Der volle elektrische Schlag bringt die Nadel gar nicht in Bewegung; wahrscheinlich weil der elektrische Strom den Entladungsdraht zu schnell durchläuft, um das Beharrungsvermögen der Nadel, dem sie nach dem Gesetze der Trägheit wie jeder Körper untergeben ist, überwinden zu können. Versuche, den Leitungsdraht des Conductors einer Elektrisirmaschine, durch welchen die Electricität in die Erde abgeleitet wird, oder den Entladungsdraht einer Leidner Flasche zur Anziehung von Eisenseile zu vermögen (S. 81.), sind bis jetzt vergeblich gewesen, selbst wenn man die Ausgleichung der entgegengesetzten Electricitäten durch Multiplikator-Drähte oder durch Unterbrechung des Leitungsdrahtes mit nassem Bindfaden verzögerte (S. 18. \*), und dadurch den Effect zu steigern suchte. Eben so fehlt es auch noch an Apparaten, durch welche der Leitungsdraht dem Einflusse des Erdmagnets unterworfen worden wäre. (S. 87.) Die glücklichsten Resultate werden noch bei den Versuchen gewonnen, Stahlnadeln oder Stahlstäben durch den elektrischen Funken oder Entladungsschlag Magneticität zu ertheilen (S. 78.); was nach denselben Gesetzen erfolgt, wie die Magnetisirung durch die Volta'sche Säule. Doch erlangen auf diesem Wege geschaffene Magnete nie die Stärke, wie solche, denen man die magnetische Polarität durch Entladung eines Volta-Apparates giebt. Elektrische Schläge, der Länge nach durch eine Stahlnadel geleitet, bleiben, den angezogenen Gesetzen zu Folge, ganz ohne magnetische Wirkung auf diese, oder bringen diese höchstens durch mechanische Erschütterung

hervor, wodurch sie den Einfluß des Erdmagnetismus begünstigen (S. 65.); sie äußern diese Wirkung aber um so besser, je mehr sie sich der senkrechten Richtung auf die Längsachse nähern. Auch sind die Schläge dann weniger wirksam, wenn sie quer durch die Nadel selbst gehen, als wenn sie in ihrer Nähe vorübergeführt werden. Von einer Anzahl kleiner unmagnetischer Nadeln, die auf einem Metallstreifen in verschiedenen Richtungen ausgebreitet sind, erlangen aus diesem Grunde, wenn man einige starke elektrische Schläge aus einer geladenen Flasche durch den Streifen leitet, diejenigen die stärkste magnetische Polarität, die sich mit der Richtung des elektrischen Stromes rechtwinklig durchkreuzen, alle andern um so weniger, je mehr ihre Lage von dieser abweicht; die mit der Richtung des elektrischen Schlags parallelen bleiben völlig unmagnetisch. Davy entlud dagegen eine Leidner Flasche durch einen über die Mitte einer Pappscheibe von 2½ 3. Durchmesser gespannten Draht, nachdem er vorher am Rande der erstern sechs kurze Stahlnadeln in Form eines Sechsecks mit Wachs aufgeklebt hatte, ohne daß sich jedoch die Enden der Nadeln berührten — und fand nach der Entladung alle sechs Nadeln mit einander zugekehrten freundschaftlichen Polen gleich stark magnetisch. Munké wand um eine Thermeterrohre von 1,5 Linie Durchmesser eine stählerne Clavierseite (von No. 1.), so daß aber die einzelnen Windungen sich nicht völlig berührten, und befestigte die Spitzen derselben an den Enden der Röhre mit gewichster Seide, und brachte, als er durch einen einfachen mäsig dicken Draht (den er mit der Achse der Glasröhre parallel über die Spirale spannte und darauf ebenfalls mit Seide an den Enden der Röhre festband) den starken Funken einer Batterie entlud, in der Spirale einen Transversalmagnetismus hervor.

Stärker magnetisch aber, als einfache gerade Leitungsdrähte, wirken auch bei der Reibungselektricität schraubenförmig gewundene Leitungsdrähte. Wenn daher Stahlnadeln bleibend magnetisch gemacht werden sollen, so bedient man sich mit mehr Vortheil der Drahtspiralen. — Man hüllt z. B. eine 4 bis 5" lange eiserne Nadel von der Stärke einer Linie in Papier oder Wachstaffet ein oder steckt sie in eine dünne Glasröhre, windet einen feinen Kupferdraht, in 1 bis 2 Linien von einander abstehenden Gängen, darum, befestigt den Draht an beiden Enden der Röhre mit einem gewichsten

Seidenfaden, so daß die Enden des Drahtes an beiden Seiten etwas hervorstecken, und läßt dann den einfachen Funken eines Conductors oder den Schlag einer Leidner Flasche durch ihn gehen. Es wird dadurch die Nadel in einen Magnet mit zwei Polen, die an ihren Enden liegen, verwandelt. Pfaff versetzte eine  $1\frac{1}{2}$  Z. lange Nadel, die er in die Höhlung einer Drahtspirale von 20 Windungen legte, durch einen einzigen schwachen Funken in den magnetischen Zustand. *Wib. Annal.* Bd. 69. S. 84. — Eine kleine Eisenplatte wird magnetisch, wenn man eine Leidner Flasche mehrere Mal hinter einander durch einen einfachen Messingdraht, der über sie gelegt ist, entladet — und bekommt zu beiden Seiten des Drahtes ihre Pole.

Wie durch Galvanismus, lassen sich auch durch den Entladungsschlag einer elektrischen Flasche, vermittelt einer Drahtspirale, sogenannte magnetische Folgepunkte in einer Stahlnadel hervorbringen. (S. 78.) Man erhält diese, wenn man eine etwas längere, nicht über 1 Linie dicke Stahlnadel in eine Glasröhre einschließt, um diese den Draht einige Zoll nach einer Richtung windet, dann fest bindet, ihn  $\frac{1}{2}$  Z. mit der Achse parallel fortführt, ihn von Neuem fest bindet, dann wieder nach entgegengesetzter Richtung fortwindet u. s. w. — und hierauf den Schlag der Flasche durch die Windungen leitet. —

#### §. 89.

Der Magnetismus unter dem Einflusse der thierischen Electricität und anderweitiger elektrischer Proceffe.

Faraday, dessen neueste Untersuchungen an einem Zitteraal (*Gymnotus electricus*), die er zu London in Gegenwart mehrerer Gelehrten vornahm, schlagende Beweise für die Identität der Electricität der elektrischen Fische mit der auf andre Weise erregten liefern (S. 26.), wies durch gewählte Versuche auch den Einfluß dieser Art von thierischer Electricität auf die Richtung der Magnetenadel und überhaupt ihr elektromagnetisches Vermögen nach. Er bediente sich zu diesen Versuchen, um den Zustand der elektrischen Organe des Fisches untersuchen zu können, ohne diesen aus dem Wasser zu nehmen und dadurch abzumatten, einer besondern Art von Collectoren oder Conductoren, die in zwei 8'' langen und  $2\frac{1}{2}$ '' breiten, sattelförmig gebogenen, Kupferplatten bestanden, an deren

jede ein (der Isolirung von dem Wasser halber mit Firniß überzogener) dicker Kupferdraht, zur Fortleitung der Elektrizität von dem Fische, angelöthet war. Jede dieser Kupferplatten war mit einer eben so geformten Decke von Federharzpappe bedeckt, die größer als die Platte selbst und an ihren Rändern einwärts gebogen war, so daß sie sich mit diesen fest an den Fisch anschmiegte. Eine in einem eben nicht sehr empfindlichen Schweigger'schen Multiplikator schwebende Magnetnadel wurde um 30—40° aus ihrer Richtung abgezogen, wenn die Enden der Drahtwindungen mit den beiden, aus dem Wasser hervorragenden, Drähten der beiden, in einigem Abstände von einander auf den Rücken des Fisches gehängten Sattelkollektoren in Verbindung gebracht wurden. Eine stählerne Nadel wurde magnetisch, als sie in eine, um einen Federkiel gewundene, Drahtspirale von 22 Fußes überspannenem Kupferdraht gelegt wurde, deren freie Enden mit den Kupferdrähten der beiden Sattelkollektoren communicirten \*). N. Notizen, Febr. 1838, No.

\*) Denselben Apparat benutzte Faraday, um Funken aus dem elektrischen Fische zu ziehen. An das Ende einer Drahtspirale mit einem Kern von weichem Eisendrahte, die mit ihrem andern Ende an dem einen Sattelkollektor hing, war eine neue Stahlfeile befestigt und eine gleiche an dem andern Sattelkollektor. Sobald die Spitze der einen Feile an der Fläche der andern gerieben wurde, während die beiden Kollektoren auf dem Rücken des Fisches lagen und dieser zu einer elektrischen Entladung gereizt wurde, entstanden helle Funken, indem durch dieses Aneinanderreiben einerseits der richtige Moment der elektrischen Strömung von dem Fische durch den Draht und den Multiplikator erfaßt und anderseits durch die dabei statt findende Unterbrechung des Kontakts der Funke sichtbar wurde. Ähnlicher Art ist die Armatur, die Faraday anwendet, um elektrische Schläge aus dem Fische zu locken. An das eine Ende eines 15" langen Kupferstabes ist eine 1½" breite Kupferscheibe und an das andere ein Kupfercylinder angelöthet, der der Hand als Griffel dient und dieser eine möglichst große Berührungsfläche darbieten soll. Um beim Auflegen der Scheibe auf den Fisch den Kupferdraht von dem Wasser zu isoliren, ist dieser mit einer dicken Röhre von Federharz umgeben. Mit Hülfe zweier solcher Scheiben-Kollektoren konnte er ganz bequem die Wirkung des elektrischen Schlages des Fisches auf den Körper wahrnehmen, wenn er die Scheiben in einiger Entfernung von einander auf den Fisch aufsetzte und die Cylindergriffe derselben mit nassen Händen faßte. (S. 26.) — Von Schönbein sind die Faraday'schen Kollektoren auch zur

100 u. flg. und Decemb. 1839, No. 259 u. flg. Aus der Richtung, in welcher in Faraday's Versuchen die Nadel in dem Galvanometer abweicht, und aus der Lage der Pole, welche die von der Elektricität des elektrischen Fisches magnetisch gemachten Eisennadeln annehmen, erhellt, daß die Richtung des elektrischen Stromes in dem Fische stets von dem Kopfteile desselben nach dem Schwanz geht. Hiervon überzeugen auch die Beobachtungen über das elektrochemische Vermögen des Fisches. Faraday zerlegte eine Lösung von Jodkalium, indem er damit benäßtes Papier mehrfach zusammenlegte und dieses zwischen eine Platte von Platin und das Ende eines Drahtes von demselben Metalle brachte, die beide zu den auf den Rücken des Fisches gehängten Sattel-Collektoren gingen. Die Lösung wurde zerlegt und an dem Platindrahtende Jod ausgeschieden, aber nur dann, wenn der Draht mit dem auf dem Vordertheile des Fisches liegenden Collector communicirte; mit dem hintern Collector in Verbindung, zeigte er kein Jod. M. vergl. Schönbein in der unten angef. Schrift S. 40. Matteucci bemuht, bei Versuchen über die Kraft und die Richtung der elektrischen Entladung der Fische, ausser dem Galvanometer auch Froschpräparate als Elektroskope, deren Reaktionsvermögen für die leisesten elektrischen Ströme wir in S. 31. u. 33. kennen lernten. Man schneidet nach ihm den Frosch an der Stelle quer durch, wo die beiden Schenkel sich ansetzen, und läßt dann den elektrischen Strom des Fisches von einem Fuße zu dem andern streichen, wo derjenige, welcher sich zusammenzieht, die Eintrittsstelle des Stromes bezeichnet. Das Galvanometer, dessen Matteucci zu dem genannten Zwecke sich bedient, hat einen Multiplikator von 600 Windungen aus  $\frac{1}{8}$  Linie dicken und doppelt mit Seide umhüllten

---

Darstellung der elektroskopischen Wirkung des Zitteraals angewendet worden. Der untersuchte Fisch war 40 Z. lang. Auf Kopf und Schwanz desselben wurde ein Kupfersattel gesetzt und die beiden langen Drähte derselben mit zwei metallenen Stiften in Verbindung gebracht, welche, isolirt von einander, in eine Glasglocke herabreichten und an ihren untern Enden mit zwei frei schwebenden Goldblättchen versehen waren. Die Goldblättchen zeigten Divergenz, und es sprang ein Funke zwischen ihnen über, durch den sie verbrannt wurden. Schönbein, Beobachtungen über die elektrischen Wirkungen des Zitteraals. Basel, 1841. S. 11.

und dann noch mit einem Firniß von Lackgummi überzogenen Kupferdraht. Die Nadel ist astatisch, und an die Enden der Drahtspirale sind Platinplättchen angelöthet, mit welchen, wenn damit die Richtung des Stromes ermittelt werden soll, über die verschiedenen Punkte des elektrischen Organes des Fisches hingefahren wird. Verlangt man noch genauere Resultate: so setzt man, um eine Störung der Untersuchung durch die gleichzeitige Entladung beider Organe zu beseitigen, das eine Organ außer Thätigkeit, indem man es durch Zerschneidung seiner Nerven zerstört, und experimentirt dann an dem unverletzten allein. *Bibliothèque universelle* 1837. XII. p. 174. *Poggend. Annal.* Bd. 38, S. 291.

Am Einfachsten ist das Verfahren, welches John Davy bei der Prüfung des Zitterrochenes auf seine Fähigkeit, unparteiischem Eisen Magnetieität zu ertheilen, einschlug. Er machte eine unmagnetische Nadel magnetisch, so daß sie Eisenfeilicht anzog u. s. w., dadurch, daß er sie in einen von 180 Schraubenwindungen eines feinen Kupferdrahtes (von nur  $\frac{1}{3}$  Linie Dichte) gebildeten Cylinder von möglichst kleinem Durchmesser steckte, und das eine Ende der Spirale (nachdem er dieses mit einem dickern Drahte, womit er den Fisch zur Entladung reizen konnte, verbunden hatte) ohne weitere Armatur, mit der obern Fläche (dem Zink- oder positiven Pole der elektrischen Säule des Fisches), das andere mit der untern Fläche (dem Kupferpole) des Thieres berührte und diese Berührung einige Mal repetirte. Mit eben so wenig Umständen brachte er auch einen Ausschlag des Galvanometers zu Stande; — und diese Wirkungen traten selbst ein, wenn nur das eine Ende des (mit Siegellack überzogenen) Multiplikator-Drahtes unmittelbar an den Fisch und das andere 2 bis 3 Z. von ihm entfernt in das Wasser getaucht wurde. *Philos. Transact. for* 1832. Part. 2. u. for 1834. Part. 1. —

Nächst diesen offenbaren sich auch elektromagnetische Erscheinungen unter dem Einflusse natürlicher Elektricitäts-Erregung in der übrigen Thier- und in der Pflanzenwelt. So z. B. in dem von de la Rive beobachteten Magnetischen werden seiner Stahlnadeln, die in den thierischen Muskel in dem Augenblicke seiner Zusammenziehung eingestochen werden; ferner in der von Donné wahrgenommenen Ablenkung der Multiplikatornadel,



wenn die Enden der Drahtwindungen mit der äußern Hautbedeckung des thierischen Körpers und zugleich mit der Schleimhaut der Mundhöhle in Verbindung gesetzt, oder in zwei sich diametral entgegengesetzte Stellen (das Kelch- und Stielende) einer Kern- oder Steinfrucht gesteckt werden. (S. 27.) Weber sah, wie selbst durch die, die Contraction eines Muskels begleitende thierisch-elektrische Strömung, wenn diese an einem aus weichem Eisen bestehenden Stabe nahe hingeleitet wurde, eine in der Nähe des letztern befindliche Magnetnadel in Bewegung gesetzt wurde; und bahnte durch Experimente dieser Art den Weg zu einer neuen und zuverlässigern Untersuchungsmethode der in dem lebenden Körper vorhandenen elektrischen Strömungen, bei welcher die thermoelektrischen Erscheinungen ausgeschlossen bleiben, welche durch die Erwärmung der mit den thierischen Theilen in Verührung gebrachten Metalle des Galvanometers, in den dahin einschlagenden Versuchen Donné's und Auderer (S. 27.) leicht entstehen, und die Wichtigkeit der Wahrnehmung verwirren können.

**Quaestiones physiologicae de phaenomenis galvano-magneticis in corpore humano observatis. Auct. Ed. Weber, Lips. 1836.** Ob die von dem Prof. Folchi (zu Rom) in dem Rückenmarke frisch geschlachteter Thiere wahrgenommenen elektrischen Ströme hierher zu zählen, oder nicht vielmehr thermo- oder hydro-elektrischen Ursprungs sind, muß so lange bezweifelt werden, als nicht auf anderm Wege gewonnene unlängbare Beweise für die Existenz solcher Ströme in den thierischen Nerven aufgefunden werden. Folchi theilte seine Entdeckung in einem Schreiben an Esquirol mit. Er ließ ein großes Kalb dadurch tödten, daß demselben mit einem zwischen das Hinterhaupt und den Atlas eingestochenen Messer der Kopf abgeschnitten wurde; und brachte das eine mit einer kleinen spitzen Scheibe von Silber versehene Ende des Silberdrahtes eines Galvanometers an die weiße Substanz des Rückenmarkes, und das mit einem eben so beschaffenen Scheibchen versehene andere Ende des Drahtes in den Mittelpunkt oder in die graue Substanz desselben. Die Nadel wich, einen schwachen Strom, der von dem äußern Theile des Rückenmarkes nach dessen Innern ging, anzeigend, um  $6^{\circ}$  nach Westen ab und blieb hier stehen; wurde der Draht von dem Rückenmarke entfernt, so fiel sie in ihre Lage zurück, die sie aber sogleich wieder verließ, wenn der Draht auf's

Neue angelegt wurde. Das Experiment gab bei Amaliger Wiederholung immer dasselbe Resultat, nur daß beim letzten Versuche die Nadel nicht um  $6^\circ$  sondern nur um  $5^\circ$  ausschlug. —

Daß magnetische Wirkungen von den schwachen Elektricitäten, wie sie im Kleinen bei chemischen Umänderungen in der Natur der Körper zu entstehen pflegen (S. 22.), ausgehen, davon hat die Bekanntschaft mit dem Galvanometer uns ebenfalls überzeugt. (S. 76.) Wir sehen dieselben wiederkehren, wenn in der großen chemischen Werkstätte, in dem Luftmeere, in welchem wir leben und welches wir einathmen, chemische Prozesse eingeleitet und Elektrometeore hervorgerufen werden. (S. 23.) So wird durch Blitze, die in Schiffe schlagen, der Compaß in seiner Richtung verändert oder wohl gar eine Umkehrung der Pole seiner Nadel bewirkt, und dadurch seine Brauchbarkeit als Führer in der pfadlosen Wüste des offenen Meeres für den Schiffer vereitelt. So haben Gewitter und Nordlichter stets Schwankungen der Magnetnadel im Gefolge u. s. w. Bringt man bei dem Herannahen einer Gewitterwolke eine hochstehende isolirte metallene Spitze mit dem einen Ende eines Galvanometers in Verbindung, während das andre Drahtende mit der Erde leitend verbunden ist: so macht sich der Conflict der atmosphärischen Elektricität mit dem Magnetismus durch Ablenkung der Nadel des Galvanometers offenbar. Peltier ermittelte so durch Versuche auch bei heiterm Himmel mittels eines Drachen, mit dessen 460 Meter langen Leine ein Multiplikator von 3000 Windungen in Verbindung stand, daß an heitern trockenen Tagen die atmosphärische Elektricität bis zu 100 Meter von der Erde nur langsam zunahm, daß aber von da an die + Elektricität mit großer Schnelligkeit sich bis zum Maximum der erreichbaren Höhe steigerte. Dr. Colladon untersuchte (zu Genf) die Elektricität einer vorüberziehenden Gewitterwolke, während sie sich entlud, mit einem Nobilischen Galvanometer, zu welchem er sie durch eine über den höchsten Blitzableiter des Observatoriums, wo er arbeitete, noch um einen Meter hinausragende Metallleitung (eine Auffangestange mit zwei Spitzen) geführt hatte, und fand in der durch die Ablenkung des Nadelpaares angezeigten elektrischen Strömung, daß die eingesaugte Elektricität negativ war.

Die eigenthümlichen elektro-magnetischen Phänomene, welche aus der Elektricitäts-Errregung durch Temperatur-Diffe-

renzen und durch Induktion elektrischer Ströme hervor-  
gehen, werden an einem andern Orte abgehandelt. (III, S. 97. V,  
S. 103. u. 109.)

§. 90.

Anwendung des Elektro-Magnetismus als Maschinen-  
kraft. **Jakobi's** Maschine. **Störer's** und **Wagner's**  
deßfallige Bemühungen. **Bachhoffener's** elektro-  
magnetische Eisenbahnfahrts-Contrôle.

Die Bequemlichkeit, mit der durch galvanische Apparate in Eisen-  
stäben die stärkste magnetische Kraft erweckt werden kann (§. 79.)  
und die Möglichkeit, den so erzeugten Magnetismus eben so schnell  
wieder aufheben oder in den entgegengesetzten umkehren zu können,  
führten zu der Idee, die durch Elektromagnetismus im  
Kleinen hervorgebrachten Rotationen im Großen in  
der Technik anzuwenden, und statt der Dampfkraft und anderer  
bewegender Kräfte zum Betriebe von Maschinen zu benutzen. Die in  
dieser Beziehung im Laufe des letzten Decenniums von mehreren Phy-  
sikern und Mechanikern unternommenen Versuche haben auch den  
Erwartungen, die man von den Kraftäusserungen elektromagne-  
tischer Bewegungsmaschinen hegte, in einer Weise entsprochen,  
daß wir unstreitig die Einführung der elektromagnetischen Triebkraft  
ins praktische Leben als eine der größten und bewundernswertheften  
Erfindungen unsers Jahrhunderts und als den Anfang einer neuen  
Ära in der Mechanik bezeichnen, und uns der Hoffnung überlassen  
dürfen, daß durch dieselbe die Anwendung der eben so kostspieligen  
als gefährlichen Dampfkraft, als der jetzt gebräuchlichsten Maschinen-  
kraft, immer mehr eingeschränkt und endlich ganz verlassen werden  
wird.

Der erste Versuch einer gelungenen praktischen Anwendung  
des Elektromagnetismus als Bewegungskraft ist von dem  
Professor **Jakobi** (in Petersburg), dem Erfinder der Galvanoplastik,  
ausgegangen. Die Einrichtung seines Apparates, den er in einem  
besondern Werke: „*Mémoire sur l'application de l'Electromag-  
nétisme au mouvement des machines* (Potsd. 1835)“ beschreibt,  
gründet sich, wie die aller nachherigen, auf das Gesetz der wechselseitigen  
Anziehung und Abstoßung zweier Eisenstäbe, die durch einen

galvanischen Strom abwechselnd mit positiver und negativer Elektrizität umflossen, und dadurch in demselben Wechsel nord- und südpolar magnetisch gemacht werden. Figur 43, a und b giebt eine Vorstellung von ihm. Auf der hölzernen vertikal stehenden Scheibe **AB** (Fig. 43. a), die mittels einer horizontal liegenden hölzernen Welle **CC**, welche mit einer durch sie gehenden eisernen Achse zwischen zwei Ständern **GH** in eisernen Pfannen spielt, beweglich ist, sind seitwärts und senkrecht auf ihre Ebene an der Peripherie vier hufeisenförmige Stäbe von weichem Eisen (jeder der 8 Schenkel 7" lang und 1" dick) symmetrisch aufgestellt und durch Schrauben befestigt. Vier andere eben solche Hufeisen sind ihnen gegenüber, ebenfalls in horizontaler Lage und in gleicher Ordnung, auf einem dauerhaften Gestelle **DE** angeschraubt, so daß die Quersflächen ihrer Schenkel die der erstern fast berühren, und nur so viel Zwischenraum zwischen ihnen bleibt, daß bei der Rotation der Holzscheibe **AB** jene vor diesen vorbei sich bewegen können. An dem andern Ende der Welle **CC** ist ein besonderer Leitungsapparat, einer der wesentlichsten Theile der Maschine, nämlich ein Commutator oder Stromumkehrer befestigt, der, um seine Theile im Einzelnen besser übersehen zu können, in größerem Maasstabe, als in welchem die übrige Maschine gezeichnet ist, in Fig. 43. b sich darstellt, und der sich zugleich mit der Welle **CC** und dem Leitungsdrahte, in welchem er den Strom umkehren soll, undreht. Es besteht dieser Commutator aus vier an der Welle in angemessener Entfernung von einander befestigten, in der Mitte durchbrochenen, Scheiben von Kupfer (jede 5" im Durchmesser und 1½" dick), wovon die erste und zweite durch eine kupferne Röhre, welche zwischen ihnen auf die Welle geschoben ist, und eben so die dritte und vierte mit einander in metallischer Berührung sind. Beide Scheibenpaare sind aber durch den zwischen ihnen liegenden Theil der hölzernen Welle, welcher überdies überfurnist ist, von einander isolirt. Der Umfang einer jeden Scheibe ist in 4 gleiche Theile getheilt, ein Theil von diesen um den andern ausgeschnitten und dafür ein Stück von einer nicht leitenden Substanz, z. B. von Elfenbein, Glas oder Ebenholz, eingesetzt — was durch die schattirten Stellen in der Figur bezeichnet wird. Die Eintheilung und die Befestigung der Scheiben an der Welle ist dabei so getroffen, daß die isolirenden Einsatzstücke in der ersten und dritten Scheibe und die

in der zweiten und vierten Scheibe sich entsprechen, und folglich, wenn bei der Umdrehung der Achse ein Einsatzstück der ersten nach oben gerichtet ist, auch ein Einsatzstück der dritten diese Richtung hat, während die zweite und vierte Scheibe einen unbelegten (metallischen) Theil ihrer Peripherie nach oben kehrt. Auf dem Rande einer jeden Scheibe ruht das umgebogene scharfe Ende eines schmalen Kupferstreifens, dessen anderes, rechtwinklig nach unten gebogenes, Ende in ein kleines Gefäß mit Quecksilber reicht, über welchem jeder der vier Kupferhebel an einer quer durch das Knie desselben gehenden Achse leicht beweglich ist. Hierdurch wird bezweckt, daß, wenn die Welle mit den Kupferscheiben gedreht wird, die Hebel mit ihren scharfen Enden mit genauer Berührung auf den Rändern der Scheiben hin- und hergleiten. Die Quecksilbernapfe *b* und *c* sind durch einen in das Quecksilber derselben eintauchenden Draht leitend mit einander verbunden; eben so die äußern *a* und *d*. Alle vier Napfe haben mit ihrer Unterlage ihren Platz in *F* der Maschine. Sämmtliche Hufeisen sind mit einem 320 Fuß langen und  $\frac{1}{4}$  Linien dicken Kupferdraht umwunden, mit welchem die galvanische Batterie geschlossen wird. Letztere selbst, die sich bei *K* befindet, in der Figur aber als überflüssig weggelassen ist, besteht aus 4 Kupfertrögen, in welche eben so viele amalgamirte Zinkplatten (jede von 2 □ Fuß Oberfläche) isolirt eingesenkt sind. Durch den elektrischen Strom, der in den Drahtwindungen circulirt, werden die Eisenstäbe zu Elektromagneten in der Weise, daß im Kreise herum Nord- und Südpol mit einander alterniren. Die beiden Enden der Drahtwindungen nämlich, welche um die Stäbe der beweglichen Scheibe liegen, laufen längs der Achse *CC* zu dem Commutator, mit dem sie durch Löthung verknüpft sind, das eine Ende *O* zu dem nächsten Scheibenpaar desselben, das andere *N* zu dem entferntern. Die Drähte *Q* und *R* dagegen, welche in die Quecksilbergefäße *a* und *c* des Commutators eintauchen, gehen zu der galvanischen Batterie, und zwar *Q*, nachdem er spiralförmig die Stäbe der vier festen Hufeisen umgeben hat, *R* aber auf direktem Wege, so daß folglich auf diese Art die Drahtwindungen um die sechzehn Schenkel der Hufeisen, durch Vermittelung des Commutators, einen einzigen Leitungsdraht ausmachen.

Um die Wirkung der ganzen Maschine zu überschauen, denke man sich zuvörderst die Schenkel der beweglichen Hufeisen zwischen denen

der festen stehend. Sobald der elektrische Strom die Spiralen durchkreuzt und den Eisenstäben ihren Magnetismus giebt, so ziehen sich die ungleichnamigen Pole der beweglichen und festen Magnete gegenseitig an und stellen sich einander gegenüber. In dieser Lage würden die Magnete nach einigen Traversirungen stehen bleiben; allein in dem Momente, wo die Holzscheibe diese kurze Kreisbewegung vollbringt, wird auch der an derselben Achse sitzende Commutator mit umgedreht, und, indem die hammerförmig gebogenen Enden der auf ihm spielenden Kupferstreifen über die isolirenden Einsatzstücke der Kupferscheiben desselben hinstreichen, die Verbindung der elektrischen Batterie mit den Eisenstäben einen Augenblick aufgehoben, gleich darauf aber, sobald die Kupferstreifen wieder mit den metallischen Theilen der Scheiben in Berührung kommen, umgekehrt wieder hergestellt, so daß die beweglichen Magnete den entgegengesetzten Magnetismus bekommen, von den feststehenden daher abgestoßen werden, und ihre vorhinige Bewegung mit der erhaltenen Geschwindigkeit weiter fortsetzen. Auf diese Art wird (indem bei neuem Begegnen der Pole der Commutator wiederum seine Wirkung durch die Veränderung ihrer Beschaffenheit vollzieht, und so die Maschine selbst die nöthigen Bedingungen zu der stäten Fortbewegung der Holzscheibe erfüllt) eine anhaltende Kreisbewegung erzeugt, deren praktische Anwendung zur Bewegung von Schiffen, Wagen und andern Maschinen leicht gedacht werden kann. Jakobi selbst setzte (im J. 1838) auf der Nawa eine kleine Kriegsschaluppe von 28 F. Länge und  $7\frac{1}{2}$  F. Breite, die mit 14 Personen bemannt und nach Art der Dampfschiffe mit (8) Ruderrädern ausgerüstet war, mit einer Geschwindigkeit von 3 F. in einer Sekunde stromaufwärts in Bewegung, wozu er einen Volta'schen Apparat aus 320 Plattenpaaren benutzte, jede Platte von 36 □" Oberfläche, so daß die ganze Bewegungsmaschine auf dem Boote einen Raum von  $12\frac{1}{2}$  F. Breite und  $2\frac{1}{2}$  F. Länge einnahm, — und steigerte späterhin die Kraft seiner Maschine durch eine zweckmäßige Abänderung in der Anordnung der magnetisirten Stäbe und durch Benutzung einer Grove'schen Zinkplatinbatterie von 64 Plattenpaaren (jede Platte von 36 □ F. Oberfläche) so, daß dasselbe Boot mit der Geschwindigkeit eines auf der Nawa gegen den Strom segelnden Dampfschiffes (welches in 1 St.  $2\frac{3}{4}$  Engl. Meilen zurücklegt) mit derselben Last sich vorwärts bewegte. —

Der Maschine Jakobi's wegen des Gebrauches von Commutatorscheiben ähnlich, in ihrer übrigen Einrichtung aber von ihr in manchen Stücken verschieden, ist die von Callot zu New-York erfundene magnetische Maschine, auf die der Verfertiger ein Patent erhielt. Der Haupttheil an dieser ist ein Balancier, wie er an Dampfmaschinen gebraucht wird, von dem zu beiden Seiten Verbindungsstangen herabhängen, welche unten mit starken Eisenstäben verbunden sind, die jederseits in elektromagnetische Drahtspiralen herabreichen. Von einem andern Punkte des Balancier's geht eine Communicationsstange nach dem Krümmzapfen einer horizontal liegenden Schwungradwelle ab, an welcher ein dem Jakobischen nachgeahmter Commutator angefügt ist, welcher den von einer Volta'schen Batterie erregten elektrischen Strom nach den Drahtwindungen leitet und zugleich in der oben angegebenen Weise regulirt. Durch die elektrische Kraft der Drahtspiralen wird abwechselnd bald die eine, bald die andere der von dem Wagebalken herabhängenden Stangen tiefer in die Spirale herabgezogen, und so ein Kolbenspiel erzeugt, welches, auf die Schwungradwelle sich fortpflanzend, die mit dieser in Verbindung gesetzte Maschine antreibt. An einer andern von Davidson erfundenen Maschine, mit welcher eine Drehbank und ein kleiner Wagen in Bewegung versetzt werden, wird diese nicht durch Umlegen der Magnetpole, sondern durch bloßes momentanes Aufheben des Magnetismus hervorgebracht. Die galvanische Kette daran hat nur 1 □ Z. Zinkoberfläche \*).

\*) Von den verschiedenen elektromagnetischen Maschinen, welche durch den Kunstfleiß und die Bestrebungen gelehrter Physiker und denkender Mechaniker in den letzten Jahren ins Leben gerufen wurden, verdienen hier noch genannt zu werden: Eine durch ihre Wirksamkeit und die Einfachheit ihrer Einrichtung sich empfehlende Maschine von Davenport, und eine gleiche von Callan in Amerika, welche letztere mit 40 Elektromagneten und einer Batterie von 6 □ Z. Zink einen mit 13 Centner Last befrachteten Wagen 7—8 Engl. Meilen in Einer Stunde fort zu bewegen die Kraft hat; Wecker's elektromagnetische Paspel, die aus dem rühmlich bekannten Atelier des Mechanikus Dr. Körner in Jena hervorgegangenen elektromagnetischen Modelle (mit Bunsen'scher Kette); die von dem Mechanikus Bauer in Nürnberg hergestellte elektromagnetische Brettschneidemaschine, deren Kraft so stark sich äußert, daß durch sie das

Mit ausgezeichnetem Erfolge haben in der neuesten Zeit auch in Deutschland zwei scharfsinnige Techniker, der Mechanikus Emil Störer (in Leipzig) und Joh. Phil. Wagner (in Frankfurt a. M.) ganz unabhängig von einander die Lösung der schwierigen Aufgabe übernommen, den Elektromagnetismus als Maschinenkraft einzuführen. Beide haben auf besonderm Wege das Ziel, den Maschinen die größte Vollkommenheit bei möglichster Einfachheit und Wohlfeilheit zu geben, zu erreichen gesucht. Nachdem Wagner schon vor einigen Jahren kleinere elektromagnetische Rotations-Apparate, im Kreise von Freunden und Bekannten und später in einer Versammlung des Gewerbevereins zu Frankfurt in Gegenwart des Professors Neeff, aufgestellt hatte, in denen die durch den Elektromagnetismus erregte Kreisbewegung als Lokomotive auf einen kleinen Wagen

Triebrad des Schneidzeugs 100 — 150 Umdrehungen in einer Minute vollendet; die in Philadelphia und in mehreren andern Orten Amerika's durch Elektromagnetismus unterhaltenen Buchdrucker Schnellpressen und die von daher bereits nach verschiedenen Gegenden Europa's herübergekommenen Lokomotiven, zu deren Konstruktion Jakobi's Apparat das Schema gab u. m. a. An einer zu Mühlheim am Rheine benutzten Lokomotive dieser Art macht das Schwungrad in 1 Sekunde 3 Umdrehungen, und es sind an dieser bei größerer Wohlfeilheit sowohl die Kräfte als alle übrigen Vortheile der Dampfmaschinen vereinigt, da die geringen Mengen Zink, Kupfer und Säure, welche zu Unterhaltung des Apparates erfordert werden, und sich während seines Gebrauchs verzehren, eine Ausbeute von neuen Stoffen geben, die noch höher im Preise stehen, als die genannten. Professor Wheatstone legte der Londoner Akademie der Wissenschaften die Beschreibung einer von ihm erfundenen elektromagnetischen Uhr vor, die so eingerichtet ist, daß mittelst einer einzigen Uhr an verschiedenen noch so weit entfernten Stellen die genauesten Zeitangaben erhalten werden können. Durch diese Erfindung Wheatstone's wird in Sternwarten und großen Gebäuden die Aufstellung mehrerer Uhren überflüssig, da es in jedem Zimmer nur eines in seinem Bau ganz einfachen und wohlfeilen Instruments bedarf, das, wenn es mit der Normaluhr des Hauses in Verbindung ist, die Zeitskunden dort wie hier übereinstimmend anzeigt. — Eine sinnreiche Art, den Einfluß des Erdmagnetismus zu Erzeugung einer continuirlichen Rotationsbewegung zu benutzen, ist von Kramer (in Mailand) angegeben in Pogg. Ann. Bd. 43, S. 304.



wirkte, bewies er im vorigen Jahre die Möglichkeit, dieselbe auch zur Bewegung größerer Lasten anzuwenden, an einem größern Modelle, das ebenfalls einen Wagen trieb. Die Einrichtung der galvanischen Batterie, und die Methode, wie die Electricität in den Verbindungsdrähten fortgeleitet und ihr Strom regulirt wird, bewahrt er als Geheimniß \*). Nach der gewissenhaften Versicherung des Erfinders sind aber an der Maschine die Schwierigkeiten, die bisher der technischen Anwendung des Elektromagnetismus im Großen entgegen standen, und an welchen vor zwei Jahren auch die dasselbe bezweckenden Versuche Cook's und Davenport's scheiterten, vollkommen beseitigt; indem durch die Einfachheit ihrer Construction, durch die Bequemlichkeit, mit der sie sich an die zu bewegenden Lasten anschließen läßt, durch die geringe Abnutzung bei ihrem Gebrauche, durch den mäßigen Kostenaufwand, der zu ihrer Unterhaltung nöthig ist, durch die Stätigkeit und Schnelligkeit, mit der sie ihre Wirkung leistet, und durch den Umstand, daß wegen der eigenthümlichen Combination des die Electricität hergebenden Elektromotors keine der Gesundheit nachtheiligen oder feuergefährlichen Gasarten sich entwickeln — die Einwürfe entfernt werden, die bisher gegen die Nuzbarkeit elektromagnetischer Maschinen in der Mechanik zur Sprache kamen. Allgemeines Organ für Handel und Gewerbe, vom Jahre 1841, Oktob. No. 123. Frankfurter Gewerbsfreund, Jahrgang 3, No. 23. — Störker erbaute bereits mehrere Modelle magnetischer Maschinen für technische Zwecke, von denen unter andern eins eine kleine Drehbank zum Messingdrehen in Bewegung setzt \*\*). Der Volta'sche

\*) Durch einen Beschluß der deutschen Bundesversammlung vom 22. April 1841 ist dem Künstler ein Honorar von 100,000 Gulden für die Mittheilung seines Geheimnisses zugesichert worden, wenn er auf seine Kosten eine elektromagnetische Maschine in so großem Maaßstabe, wie sie für eine Lokomotive erforderlich ist, und so herstellt, daß sie die Prüfung der dazu ernannten sachverständigen Commission besteht; und er ist gegenwärtig damit beschäftigt, die Lösung seiner Aufgabe auszuführen, wozu ihm, dem Vernehmen nach, von dem Fürsten von Fürstenberg außer den nöthigen Räumlichkeiten 7000 Gulden zur Verfügung gestellt sind.

\*\*\*) Wie die Wagner's, haben auch die verdienstlichen Bemühungen Störker's Anerkennung von Seiten der Regierung gefunden, indem ihm laut einer K. S. Ministerialbekanntmachung (vom 30. April 1841) ein fünfjähriges

Apparat zu diesem besteht aus vier verbundenen Zinkkupferketten, jede Kette aus einem mit einer Auflösung von Kupfervitriol gefüllten Kupfercylinder, in welchen ein Zinkcylinder eingepaßt ist. Der Eisenstäbe, welche zur Aufnahme des elektrischen Stromes mit den gewöhnlichen Leitungsdrähten spiralförmig umgeben sind, sind 24, und diese (verschieden von der Art, wie sie in der Jakob'schen Maschine einander gegenüber stehen) auf zwei concentrischen Kreisen, von denen der äußere fest steht und der innere die Peripherie eines beweglichen Schwungrades bildet, so geordnet, daß die zwölf einzelnen Stäbe, welche auf jedem Kreise sich befinden, 3" von einander entfernt sind, die des äußern Kreises aber von denen des innern Kreises knapp  $\frac{1}{2}$ " abstecken. Die Enden der Drahtspiralen sind mit der galvanischen Batterie leitend so vereinigt, daß durch die Thätigkeit der letztern zuerst die Stäbe des einen Kreises von positiver, die des andern von negativer Elektrizität umströmt werden, hierauf aber schnell durch den vorhandenen Stromverleger (Inversor) der eine Strom gewechselt wird, und dadurch die gleichnamige Elektrizität in

Privilegium, auf die ausschließliche Anfertigung und Anwendung von elektromagnetischen Bewegungsmaschinen und den dazu gehörigen galvanischen Batterien nach der von ihm dargelegten eigenthümlichen Einrichtung, für den Bereich des Königreichs Sachsen in der Weise ertheilt worden ist, daß Niemand dergleichen Maschinen fertigen oder sich deren bedienen darf, der nicht das Recht dazu von dem Inhaber des Privilegiums erlangte, oder nachzuweisen im Stande ist, daß ihm dessen Geheimniß schon vor seiner Privilegirung bekannt war. Als Grundbedingung dieses Privilegiums ist festgestellt, daß die Konstruktion der genannten Maschinen so wie des dazu gehörigen galvanischen Apparates innerhalb der Zollvereinsstaaten in der eigenthümlichen Art, wie Störner sie erfand, weder schon von jemandem ausgeführt, noch gangbar oder irgend wie schon bekannt, oder in öffentlichen Blättern des In- oder Auslandes in irgend einer Sprache so durch Beschreibung oder Abbildung dargestellt seyn darf, daß darnach dessen Ausführung durch jeden Techniker erfolgen kann. Eben so soll auch das Privilegium für erloschen betrachtet werden, wenn der Künstler nicht vor Ablauf eines Jahres seine Erfindung im Großen aufstellt und in Gang bringt, oder nach dem Bekanntwerden der von dem Frankfurter Bürger Wagner bis jetzt angewendeten Konstruktionsart von magnetischen Umtriebsmaschinen und der dazu nöthigen galvanischen Batterien sich ergibt, daß die privilegirte Konstruktionsart Störner's von der Wagner'schen sich nicht wesentlich unterscheidet. —

den die Stäbe beider Kreise umgebenden Spiralen circulirt. Die Stäbe selbst erhalten hierdurch abwechselnd die der Art der einströmenden Electricität entsprechende Magneticität: die des einen Kreises daher anfangs Nordpolarität, und die des andern die entgegengesetzte, sodann aber bei dem Wechsel des elektrischen Stromes jene wie diese entweder Nord- oder Südpolarität. Die entgegenstehenden Stäbe ziehen sich dem gemäß erst an, stoßen sich aber, sobald der Magnetismus ihrer Pole wechselt, einander ab. Durch diesen sich regelmäßig wiederholenden Wechsel von Anziehung und Abstoßung wird nach und nach jeder Stab des innern beweglichen Kreises von allen Stäben des äußern feststehenden angezogen, und wieder fort-, gleichsam dem nächsten zugeschoben, und dadurch in der beweglichen Scheibe eine gleichmäßige Bewegung im Kreise vermittelt. Die übrige Einrichtung und die sonstigen Vorzüge der Maschine, deren Beschreibung von ihrem Erfinder in dem polytechnischen Centralblatt mitgetheilt wurde, sollen in Bezug auf ihre Anwendung in der Technik darin bestehen: daß die Bewegung derselben alsbald aufhört, wenn der Verbindungsdraht ausgehoben wird; daß der galvanische Apparat gleichmäßig fortwirkt und des Tages nur Ein Mal Kupfervitriol eingelegt zu werden braucht; daß die Kupfervitriollösung in den Kupfercylindern stehen bleiben kann und fortwährend gesättigt bleibt — was den Vortheil gewährt, daß die Maschine augenblicklich durch Einsetzen der Zinkcylinder in Bewegung versetzt werden kann, ohne erst die Flüssigkeit zu erneuern; daß die galvanische Batterie keine übelriechenden, oder sonst zu fürchtenden Lustarten entwickelt und die Maschine daher selbst in Wohnzimmern benützt werden kann; daß das bei dem Gebrauche der Maschine in den Kupfergefäßen sich niederschlagende und als Nebenprodukt gewonnene metallische Kupfer bequem daraus sich entfernen läßt; daß, wenn die Maschine in Ruhe gebracht wird, die Zinkcylinder nicht gescheuert, sondern nur herausgehoben und über der Batterie aufgehängt zu werden brauchen; und daß sie ein viel geringeres Capital zu ihrer Anlage erfordert und viel mäßigere Reparaturkosten verursacht, als jede andere im Großen angewendete Maschinenkraft — da, nach Störers's Berechnungen, die Kosten für eine als Locomotive taugliche Maschine nur 1400 bis 1600 Thaler betragen, während die für eine Dampfmaschine mindestens auf 10,000 Thaler sich belaufen. — Was den mechanischen

Effekt betrifft, der durch die Maschine erreicht wird, so hat Störker durch Berechnung und Versuche heraus gefunden, daß, wenn auch die Kraft derselben nicht ganz im geraden Verhältnisse mit der Zahl der dazu verwendeten galvanischen Elemente wächst, doch durch die Anwendung einer Batterie von 50 Ketten, wenn die übrigen Dimensionen der Maschine um das 26fache größer als in seinem Modell genommen werden, die Wirkung derselben bis zu der von 12 Pferdekraften erhoben wird. Dabei sind die Unterhaltungskosten verhältnismäßig viel geringer als bei Dampfmaschinen, indem sie bei dem Gebrauche von 4 Elementen (durch Zerstörung des Zinks in der Säure) innerhalb 24 Stunden nur 8 Groschen betragen, dieser Aufwand aber um die Hälfte sich mindert, da das bei dem Gange der Maschine in derselben Zeit ausgeschiedene reine Kupfer eben so viel Werth hat. Die nächste Zukunft wird darüber entscheiden, ob die numerischen Angaben über das günstige Verhältniß der Betriebskosten der Maschine zu deren Kraftäußerung bei einer Ausföhrung im Großen sich als richtig bewähren werden, und ob die von dem Künstler beabsichtigte Herstellung einer Maschine (von 100 galvanischen Elementen) mit so viel Wirkungskraft, als nöthig ist, um 3 Personenwagen mit einer angemessenen Zahl von Passagieren auf der Eisenbahn von Leipzig nach Dresden in Bewegung zu setzen, für den mäßigen Preis von Einem Thaler für jede Fahrt, ausführbar seyn, oder wegen unvorhergesehener Umstände, die der genügenden Lösung der Aufgabe hindernd in den Weg treten, als eine solche Ungereimtheit sich ausweisen wird, als dieselbe, so wie überhaupt alle Projekte \*) über die technische Benützung des Elektromagnetismus im Großen, manche Mechaniker ausgegeben haben.

\*) Von Dr. Bachhoffener ist dem polytechnischen Institute zu London unter dem etwas schwerfälligen Namen einer elektro-magnetischen Eisenbahnfahrts-Controle eine Erfindung vorgelegt worden, auf die demselben von der Königl. Regierung ein Patent erwirkt wurde, und welche zum Zwecke hat, die Unfälle zu verhüten, welche auf Trains vorzukommen pflegen. Der Haupttheil davon ist eine der Locomotive eine Strecke voraus fahrende ganz leichte und kleine Steuer- oder Pilotmaschine mit einem Elektromagneten, die mit der nachfolgenden Locomotive, durch einen auf dieser befindlichen galvanischen Apparat und einen zwischen den Schienen der Eisenbahn der Länge nach ausgespannten Eisendraht, dadurch

**Dersted's und Ampère's Theorie der elektromagnetischen Erscheinungen. Barlow's ingenioser Beweis für letztere.**

Durch die Entdeckung der mannigfaltigen elektromagnetischen Erscheinungen ist der innige Zusammenhang zwischen Electricität und Magnetismus außer allen Zweifel gesetzt, ob aber beide ihrem Wesen nach für ganz identisch genommen werden dürfen — mit Gewißheit noch nicht entschieden. Eine genügende Theorie der elektromagnetischen Vorgänge und ein gemeinsames Princip, aus welchem sich dieselben im Einklange mit allen bekannten Gesetzen des Magnetismus und der Electricität erklären ließen, besitzen wir daher noch nicht; ob schon seit der Entdeckung Dersted's, durch die Neuheit des Stoffes und die Mannigfaltigkeit seiner Verhältnisse und Beziehungen zu andern Kräften der Natur angezogen, die vorzüglichsten Naturforscher des In- und Auslandes dem Elektromagnetismus mehr als irgend einem andern Zweige der Naturwissenschaften ihre Aufmerksamkeit zugewendet haben. Das, was wir mit Bestimmtheit wissen, beschränkt sich darauf, daß die elektrische Materie, wenn sie in Bewegung ist, magnetische Erscheinungen hervorruft — so wie umgekehrt auch der Magnetismus in Bewegung elektrische Erscheinungen zu Tage fördert. (III. §. 92.)

Dersted nimmt an, daß die elektromagnetischen Erscheinungen aus einer progressiven schraubenförmigen Kreisbewegung der beiden

---

in elektrischer Verbindung steht, daß von beiden Maschinen herabreichende gebogene Federn den Eisendraht bei ihrer Fortbewegung immer berühren. Wird der Pilot von einem unerwarteten Hindernisse aufgehalten, so hört augenblicklich die elektrische Verbindung desselben mit der Locomotive auf, was, wenn es unter die Wahrnehmung des Führers der letztern kommt, diesen in den Stand setzt, seine Maßregeln zur Vermeidung einer Gefahr in der Zeit zu treffen. Gewahrte dieser davon nichts, so setzt die Unterbrechung des elektrischen Stromes von selbst einen Mechanismus in Bewegung, welcher den Dampf absperrt und die Maschine zum Stillstehen bringt. —

Die Anwendung des Elektromagnetismus in der Fernschreibekunst hat schicklicher Berücksichtigung weiter unten gefunden. (§. 99.)

Elektricitäten in entgegengesetzter Richtung längs des Schließungsdrabtes entspringen, und daß sie als die Aeußerungen der so bewegten elektrischen Kräfte in magnetischer Form angesehen werden könnten. Nach Ampère, der die Identität der Elektricität und des Magnetismus vertheidigt und die Annahme zweier entgegengesetzter Magnetismen ganz verwirft, tritt die Elektricität in dem Schließungsdrabte dadurch unter der magnetischen Wirkungsform in Aktivität, daß dieser, wie schon (S. 82.) ausgesagt wurde, einen vielfach polarisirten Transversal-Magnet darstellt, während in den gewöhnlichen Magneten ein Längen-Magnetismus herrschend ist. Bei dieser Hypothese, deren Grund Ampère aus der Erfahrung nahm, daß ein schraubenförmig gewundener Draht sich wie ein bipolarer Magnet verhält (S. 86.\*), wird der Magnetismus in dem Drahte nicht erst durch die ihn durchströmende Elektricität oder durch Umwandlung dieser in Magnetismus erweckt, sondern durch die Elektricität, die selbst Magnetismus ist, dieser unmittelbar in ihm erzeugt. Auch die Polarität der gewöhnlichen Magnete sieht Ampère hiernach für die Wirkung von parallelen elektrischen Strömen an, die in senkrechter Richtung auf die Achse die kleinsten Elementartheile jener umkreisen. Wenn zwei Magnete durch Anziehung oder Abstößung einander beunruhigen, soll dieses nur durch Wechselwirkung der sie umkreisenden elektrischen Ströme geschehen. Die durch die elektrische Strömung vermittelte bestimmte Lage der Pole wird durch eine den magnetischen Körpern inwohnende Coercitivkraft unterhalten. Selbst der Magnetismus der Erde wird ebenso durch elektrische, unter dem Einflusse der Sonne erregte, Strömungen bedingt, welche, mit dem magnetischen Aequator parallel, in der Richtung von Osten gegen Westen, also mit dem (scheinbaren) Laufe der Sonne, um den Erdball gehen. Aus der letzten Vorstellung erklärt sich unter anderm ganz gezwanglos der merkwürdige Einfluß, den der Magnetismus der Erde auf den in frei beweglichen Drahtspiralen kreisenden elektrischen Strom durch die Richtung dieser in den magnetischen Meridian ausübt; und zur Unterstützung dient ihr ein sinniger Versuch Barlow's, in welchem die Erscheinungen der magnetischen Inklination ziemlich treu auf künstlichem Wege durch einen Magnetstab nachgeahmt werden, welcher über mehreren Stellen einer hohlen Kugel

aufgehängt ist, um welche letztere, den Breitengraden entsprechend, galvanisch-electrische Ströme durch Kupferdrähte circuliren. Philos. Transact. 1831. p. 99. Pfaff, der Electrom. u. f. w. S. 28. Darstellung d. n. Entd. über El. u. M. u. f. w. S. 148. R. Gehler, Bd. 3, S. 594 u. f. Fechner, Elementarbuch des Electrom. Leipz. 1830. S. 70. v. Althaus, über den Electrom., Heidelberg. 1821, S. 22. Brandes, Vorlesungen über die Naturk., Leipz. 1832, Bd. 3, S. 514. Romershausen, in Kästners Archiv für Naturkunde, Bd. 7, H. 2; — wo Electricität und Magnetismus als gesonderte und störend auf einander einwirkende Kräfte betrachtet werden, und den bis jetzt bekannten Theorien entgegen zur Erklärung der Dersted'schen Erscheinungen ein elektromagnetischer Antagonismus statuirt wird.