

Die
Erscheinungen
der
Elektricität und des Magnetismus
in ihrer Verbindung mit einander.

Nach den neuesten Entdeckungen
im Gebiete des Elektro-Magnetismus und der
Induktions-Elektricität

für
**Freunde der Naturwissenschaften und besonders
für Aerzte**

ausführlich dargestellt
von

Dr. S. Eydam.

Mit 60 Abbildungen.

W e i m a r,
bei Wilhelm Hoffmann.
1843.

Benz

In meinem Verlage sind ferner erschienen:

Die innern Hals- und Brustkrankheiten der Kinder,

dargestellt von Aug. Höcker. Fol. Tabellenform. 1 Thlr. 20 Sgr.

Wir machen bei Anzeige dieses Werks, des dem ärztlichen Publikum bereits durch seine in unserm Verlage erschienene und mit allgemeinem Beifalle aufgenommene Schrift: Die Geschäftsführung der Stadt- u. Arznei-Wissenschaft u. rühmlichst bekannten Herrn Verfassers, besonders auf das leicht Uebersichtliche der Tabellenform aufmerksam, in welcher dasselbe bearbeitet ist. Nach dem uns zugekommenen Urtheile Sachkundiger sind die einzelnen in dasselbe aufgenommenen Krankheitsformen, selbst in ihren individuellen Verhältnissen mit seltener Sorgfalt und der genauesten Sachkenntniß dargestellt und mit Hervorhebung der charakteristischen Merkmale, durch welche sie sich von einander unterscheiden, so schön einander gereiht, daß die bei den Krankheiten der Kinder so äußerst schwierige Kunst der Diagnose auf das Wesentlichste erleichtert wird. Wir haben deshalb die Schrift, die eine fühlbare Lücke in der medizinischen Literatur ausfüllt, als eine Bereicherung derselben den Herren Ärzten mit Recht empfehlen zu können.

Heilung der Bauchwassersucht.

Krankengeschichte des seligen Herrn Dr. Christian von Hellfeld, Professors der Medizin in Jena, welcher, 53 Jahre alt vom Schlag getroffen, die hartnäckigste Wassersucht bekam, sich durch ein ganz einfaches Mittel selbst kurirte, und, gänzlich hergestellt, 83 Jahre alt wurde.

Vor seinem Ableben von ihm selbst niedergeschrieben, und, als Trost und Hülf für alle Bauchwassersüchtigen, als ein Vermächtniß seinem Sohne hinterlassen und von diesem herausgegeben. Preis: 10 Sgr.

W e i m a r.

Ein Führer für Fremde und Einheimische durch die Stadt und ihre Umgebungen. Von Ferd. Freih. von Biedenfeld. Mit einem vollständigen Plane der Stadt und einer speciellen Karte der Umgegend, von C. B. Weiland. In Taschenformat gebunden 1 Thlr. 25 Sgr. Ohne Plan 1 Thlr. 10 Sgr. Der Plan apart 25 Sgr.

Dieser Führer durch Weimar giebt einen sichern Wegweiser durch die Stadt und Umgegend für Fremde, so wie für auswärts lebende Weimarer einen treuen Abriss der jetzigen Verhältnisse, Vergrößerung und Verschönerung ihrer Vaterstadt und ihrer Geschichte. Für den Fremden enthält es alle mögliche örtliche Notizen und die Biographien von 89 jetzt hier lebenden Literaten und Künstlern. Unter diesen Biographien zeichnen sich besonders folgende aus: Herzog Bernhard von Sachsen-Weimar, Dr. Göttemann, Graf Fredro, von Frovrip, Genast, Frau von Groß, (Amalie Winter), Frau von Ahlesfeld (Erna), von Maltitz, F. v. Müller, Peucer, Wintermer, Röhr, von Schorn, Schulrath Schweizer, von Ungern-Strenberg u. A. Der Plan der Stadt, von Weiland, ist sehr richtig und vortreflich.

A. 2

1376

Die
Erscheinungen
der
Elektricität und des Magnetismus
in ihrer Verbindung mit einander.

Nach den neuesten Entdeckungen
im Gebiete des Elektro-Magnetismus und der
Induktions-Elektricität

für
**Freunde der Naturwissenschaften und besonders
für Aerzte**

ausführlich dargestellt

von
Dr. S. C y d a m.



Mit 60 Abbildungen.

Weimar,
bei Wilhelm Hoffmann.
1843.

Benz. 1376
28



Druck von S. J. Ufermann in Grefurt.

4. 28

V o r r e d e .

Nicht leicht hat ein Theil der Naturwissenschaften ein so allgemeines und lebhaftes Interesse erweckt und in kurzer Zeit so bedeutende Fortschritte in seiner Ausbildung gemacht, als in der Experimental-Physik die Lehre von der Elektricität und dem Magnetismus, namentlich in Hinsicht auf die eigenthümlichen Beziehungen, in welchen diese beiden polaren Naturkräfte zu einander stehen. Seit dem Jahre 1820, wo der als Begründer des Elektromagnetismus gefeierte Professor der Physik, Christian Dersted, zu Copenhagen die ersten Versuche über die magnetische Aktion des galvanischen Schließungsdrahtes, durch Versendung seiner kleinen Schrift: „*Experimenta circa efficaciam conflictus electrici in acum magneticam (Hafniae 1820)*“ zur Kenntniß des Publikums brachte, und sich vorerst begnügte, die Lagenveränderungen der Magnetnadel in der Nähe des schließenden Leiters (*filus conjungens*) aus dem Zusammentreffen (*impetus*) zweier streitenden Kräfte, dem elektrischen Conflict (*conflictus electricus*) und dem Widerstande, den die magnetischen Theilchen der Nadel dem Hindurchgange dieses Conflictos entgegensetzen, zu erklären — gleich dem großen Lichtfreund Isaac Newton, der, als er das wundervolle Spiel seiner Farbenkreise aus Anwandlungen der leichteren Zurück-

werfung und des leichtern Durchganges des Lichtes (*ex vicibus facillioris reflexionis et transmissionis*) erklärte, nicht ahnete, welchen tiefen Sinn die Nachwelt aus dieser Erklärungsart herausfinden, und zu welchen glänzenden Entdeckungen über Licht-Interferenz er durch seine Wahrnehmungen Bahn brechen würde, — ohne Ahnung von den wichtigen und interessanten Folgerungen über die weiteren Beziehungen der magnetischen und elektrischen Kräfte zu einander, zu denen er durch seinen Fund Veranlassung gegeben hat: — haben sich nicht allein die berühmtesten Physiker des In- und Auslandes, sondern auch eine fast eben so große Anzahl gebildeter Laien und denkender Künstler mit der Erforschung des geheimnißvollen Zusammenhanges zwischen Electricität und Magnetismus eifrigst beschäftigt, und sind so zahlreiche Versuche über diesen Gegenstand angestellt worden, daß kaum noch das Feld zu übersehen ist, auf dessen Raume sich die Erfahrungen ausdehnen, welche in dem Verlaufe von nur zwei Decennien in dieser Hinsicht gewonnen worden sind. Nicht nur der von Dersted während seiner akademischen Vorlesungen durch einen glücklichen Zufall, die Mutter der meisten großen Entdeckungen, wahrgenommene Einfluß des galvanischen Leiters auf die Richtung der Compagnadel wurde noch genauer nachgewiesen und in seinen Modifikationen näher erörtert: sondern die schon längst vermuthete Verwandtschaft zwischen Electricität und Magnetismus anderweit durch die Entdeckung verificirt, daß der Schließungsdraht der galvanischen Kette selbst magnetisch ist, und jedem andern Magnete gleich Eisen an sich zieht, in dieser magnetische Kraft entwickelt und, vermöge seiner magnetischen Polarität, selbst der Herrschaft des Erdmagnets sich unterwirft; indem er, frei beweglich wie eine Magnetenadel hergerichtet, eine bestimmte Lage in dem Welt- raume annimmt, und sich in den magnetischen Meridian einstellt. Was an Zweifel gegen den Connerus zwischen Elek-

tricität und Magnetismus noch übrig blieb, wurde durch Michael Faraday — der, hiermit selbst auf die Identität beider Naturkräfte hinweisend, dem Magnetismus die Kraft vindicirte, Electricität zu erregen, und dadurch ein Hauptargument gegen jene, daß noch keine elektrischen Erscheinungen von Magneten beobachtet werden konnten, zu nichte machte — vollends beseitigt. Noch gegenwärtig rastet der Eifer nicht, mit welchem man das beziehungsreiche Wechselverhältniß zwischen beiden Imponderabilien auf dem Wege des Experiments zu ergründen beflissen war; und erfreulich ist es, zu gewahren, wie der Geist dieser Experimental-Untersuchungen eine Richtung genommen hat, welche zu der sichern Hoffnung berechtigt, daß dieselben auch auf das außerswissenschaftliche Leben, auf Künste und Gewerbe, einen wohlthätigen und nachhaltigen Einfluß ausüben werden. Ist auch noch Manches hierin zu wünschen übrig, so sind doch schon die durch Reeff's Erfindung des Blitzrades und durch v. Ettingshausens verbesserte Einrichtung der magnet-elektrischen Rotationsmaschine für die Heilkunst errungenen Vortheile, so wie die Vervollkommnungen, welche die elektrische Telegraphie durch Steinheil, Gauß, Wheatstone u. A. erhielt, und die sich immermehr befestigende Aussicht, den Elektromagnetismus als Maschinenkraft benutzt zu sehen, sprechende Beweise dafür; und mit Vergnügen liest man bereits, wie der Frankfurter Bürger Wagner aus seinem Atelier berichtet, daß es ihm gelungen sei, die Schwierigkeiten, welche bisher seinem Bestreben, die Eisenbahnzüge durch elektromagnetische Kraft in Bewegung zu setzen, entgegen traten, glücklich zu überwinden. — Eben so mannigfaltig und von nicht minder reellem Werthe, als die durch Dersted's Entdeckung veranlaßten Erweiterungen der Wissenschaft, sind die in diese Periode fallenden Entdeckungen und Beobachtungen, die man in anderer Beziehung auf diesem Gebiete sammelte. Wie Umgehung einer de-

taillirten Schilderung derselben genüge es hier, außer vielen andern, nur kurz an die neuen, auf den verschiedensten Orten des Erdballs angestellten Beobachtungen über Abweichung und Neigung der Compagnadel, und die Richtung, Ab- und Zunahme der überall gegenwärtigen Kraft des Erdmagnetismus durch von Humboldt, Ermann, Hansteen, Arago, Kupffer, zu erinnern; desgleichen an die gegen den störenden Einfluß des Eisens in Schiffen auf den Stand der Magnetnadel von Barlow, Schmidt u. A. erfundenen neutralisirenden Vorrichtungen; an die Vervollkommnung der verschiedenen Methoden, Magnetismus in Eisen und Stahl zu erregen, durch Mohr und Hoffer, die durch Morichini's und der Lady Sommerville Entdeckung der magnetischen Kraft des Sonnenlichtes einen so merkwürdigen und unverhofften Zuwachs bekamen; an die vielfachen Bereicherungen, welche der Electricitätslehre durch die experimentellen Forschungen eines Faraday, Rieß, Poggendorff zu Theil geworden sind; an die Vermehrung und Verbesserung der elektroskopischen Apparate, durch Becquerel, Schweigger, Bohnenberger; an Wheatstone's sinnreiches Verfahren, die Geschwindigkeit der Electricität zu messen; an Ohm's und Marianini's neue Methode, die Leitungsfähigkeit der Metalle durch die Ablenkung der Magnetnadel zu bestimmen; an die Nachweisung der elektrischen Ströme in Metallen mit ungleich erwärmten Stellen durch Seebeck und von Melin, in Pflanzen und Thieren (vorzüglich in den elektrischen Fischen), als Begleiter des Lebensprozesses, durch Pouillet, Faraday, Weber, Matteucci u. A.; und endlich an die Wunder der galvanischen Säule (Volta's künstlichen Zitterrochen), welche (besonders seit die magnetischen Wirkungen derselben bekannt geworden sind, und von Ohm das so fruchtbar gewordene Gesetz für die Intensität des elektrischen Stromes aufgefunden wurde) mehr als je ein rei-

zender Gegenstand des Studiums für den Physiker, sich zu einer Bedeutung erhob, welche die kühnsten Hoffnungen ihres Erfinders, des greisen Bewohners von Como, überstiegen hat, und — nachdem sie durch die verschiedenen, von Wollaston, Hare, Faraday (der eine neue Terminologie derselben einfuhrte), Becquerel, Daniell, Grove, Roberts, Bunsen u. A. ausgedachten galvanischen Combinationen in Form und Beschaffenheit ihrer Elemente Veränderungen erfuhr, die kaum ihre ursprüngliche Constructionsart wieder erkennen lassen — (abgesehen von ihrer magnetischen Kraft) nicht nur in Davy's Protektoren und in Jacobi's galvanoplastischen Unternehmungen, die eklatantesten Zeugnisse von ihrer Wichtigkeit für das praktische Leben ablegte, sondern auch in den von Ermann entdeckten und von Herschel, Pfaff und Runge weiter verfolgten symmetrischen Bewegungen der die Säule schließenden Flüssigkeiten, in den von Faraday zuerst beachteten Induktions-Phänomenen bei Oeffnung ihres Entladungskreises, in der durch Schönbein aufs neue in Anregung gebrachten Polarisirung der Schließungsdrähte, in Nobili's schön geordneten Figurengruppen, und in den meisten der übrigen Effekte, welche die neueste Zeit mit ihr hervor zu zaubern wußte, Erscheinungen darbietet, die den unterhaltendsten und lehrreichsten zugezählt werden müssen, welche je in diesem Gebiete der Naturlehre unter die Wahrnehmung des Auges traten, und die uns mit gerechtem Erstaunen darüber erfüllen; was bei gemeinsamen Streben der menschliche Forschungsgeist zu leisten im Stande ist, wenn er, ohne sich in das unwirthbare Feld der Spekulation zu vertiefen, an der Hand der Erfahrung seine Einsicht in die Natur der Dinge zu befördern trachtet. Sind wir doch — wenn auch der einstige ironische Ausspruch Tobias Meyer's, daß die Volta'sche Säule in der Meinung der Physiker sich noch als ein lebendes Geschöpf geltend machen und vermöge der Polarität ihrer

Glieder in der Reihe der Tanten Platz nehmen würde, nicht wahr geworden ist — jüngst selbst nahe daran gewesen, von England herüber (durch den Physiker Croß) die Behauptung bewiesen zu bekommen*), daß der elektromotorische Apparat zwar nicht selbst organisch ist, aber doch durch seine Thätigkeit lebendigen Wesen (einer Art von Milben, *Acarus galvanicus?*) das Dasein zu geben vermag.

Bei so regem und allseitigem Interesse für diesen Lehrzweig der Experimental-Physik, und bei der anerkannten Wichtigkeit desselben für das wissenschaftliche und praktische Leben, in letzter Beziehung besonders für Techniker und Ärzte, dürfte vorliegende Schrift, in welcher nach dem, durch die schätzbaren (den Anforderungen der Gegenwart aber nicht mehr nach jeder Richtung hin genügenden) Monographien eines Fechner, Pfaff, Althaus, Ermann u. A. gegebenem Vorbilde, die aus dem Konflikte der elektrischen Kraft mit der magnetischen hervorgehenden Erscheinungen, wie sie in dem Vorhergehenden nur rhapsodisch und in einzelnen Nüancen angedeutet wurden, ausführlich und mit möglichst bequemer Uebersichtlichkeit, dem neuesten Zustande der Wissenschaft gemäß darzustellen versucht wurde, keine unwillkommene Er-

*) Nach den neuesten Untersuchungen Turpin's (in Paris), die durch spätere noch nicht gründlich widerlegt sind, ist die von Croß im Kreise seiner großen galvanischen Apparate beobachtete Milbengattung die Borstenmilbe (*Acarus horridus*) gewesen; welche in dem chemisch veränderten Wasser der Elektromotore, mit welchen der genannte Physiker operirte, eine ähnliche begünstigende Bedingung für ihre Entstehung und Vermehrung fand, wie die Essig-Melchen (*Vibrio Aceti*) in ihrem Elemente, dem Essig, und die Kleister-Melchen (*Vibrio Anguillula*), in dem Kleister der Buchbin-der. M. J. die kleine gehaltreiche Schrift: „Das unsichtbar wirkende organische Leben. Eine Vorlesung von E. G. Ehrenberg. Leipzig 1842.“

scheinung sein. Mußte auch bei dem Entwurfe derselben wegen der fortschreitenden Ausbildung, in der die genannten beiden Doctrinen begriffen sind, und wegen der Vielfältigkeit der Phänomene, welche das zwischen denselben obwaltende räthselhafte Verhältniß individualisiren, auf die Hoffnung, ein in sich abgeschlossenes Ganze zu vollenden, verzichtet werden: so glaubt der Verfasser doch — bei der Beharrlichkeit seines Bestrebens, das Vollkommene wenigstens annäherungsweise zu erreichen — erwarten zu dürfen, daß das Gemälde, welches er aufstellte, auch in der durch die Nothwendigkeit beschränkten Ausföhrung und der compendiosen Anlage, die er ihm zu geben für gut hielt, eine freundliche Aufnahme finden werde. Da zum Verständniß der die Verbindung zwischen Elektrizität und Magnetismus markirenden Erscheinungen eine genaue Bekanntschaft mit den Elementen dieser Wissenschaften unerläßlich ist: so konnte zugleich eine die wichtigsten Lehrsätze derselben umfassende Schilderung nicht umgangen werden, und ist daher eine solche, dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft entsprechend, vorausgeschickt worden. Dieselbe ist zwar ihrer Anlage nach zunächst für den weniger Eingeweihten bestimmt; indessen schmeichelt sich doch der Verfasser (wenn er auch den Vorwurf nicht ganz von sich abzuweisen vermag, einer Seits vielleicht zu viel und anderer Seits zu wenig gegeben zu haben), daß, da außer größern physikalischen Werken auch sonst die reichhaltigen Borräthe der physikalischen Literatur, die wir in Monographien und Zeitschriften besitzen, mit prüfender Aufmerksamkeit bei Verfolgung seines Zweckes von ihm benutzt worden sind, auch mancher erfahrenere Freund der Wissenschaft in dem Gegebenen eine nicht unwillkommene Gelegenheit erkennen werde, die Lehre von der Elektrizität und dem Magnetismus in ihren Grundzügen und nach den glänzenden Entdeckungen, welche ihre neueste Epoche aus-

zeichnen, zu überblicken, und Einzelnes daraus sich in das Gedächtniß zurück zu rufen.

Rücksichtlich der Anordnung des Ganzen erschien es, bei der Reichhaltigkeit des Materials und der Menge aufgehäufter Thatsachen, zweckmäßiger, von strenger systematischer Folge abzugehen und das Vorhandene so zu ordnen, wie es unter den Bestrebungen experimentirender Physiker allmählich sich entwickelte, oder sonst für den Zweck einer leichten Uebersichtlichkeit am zugänglichsten wurde. Daher denn z. B. vorgezogen worden ist, den Thermo-Magnetismus isolirt für sich zu betrachten und aus der Reihe der elektrischen Erregungsmittel, wohin er eigentlich gehört, zu entfernen. Eben so den Photo-Magnetismus; und den Rotations-Magnetismus, dieses so fruchtbare Gefilde für den Fleiß des genialen Faraday. Obgleich die Rotation nicht das Wesentliche desselben ausmacht, und, wie Faraday überzeugend dargethan hat, die Arago'schen Erscheinungen (nicht, wie Babbage und Arago wollen, magnetisch, sondern) elektrisch vermittelt werden und einen integrirenden Theil der Induktions-, oder, genauer bezeichnet, der Magnet-Electricität bilden: so ist ihm doch ein besonderer Abschnitt unter dieser Aufschrift gewidmet, und derselbe geschieden von den übrigen Erscheinungen der elektrischen Induktion abgehandelt worden; einmal weil die Kreisbewegung die auffallendste Form ist, unter welcher diese Art von elektrischer Erregung zur Erscheinung kommt, und sodann, weil die Erscheinungen derselben so vieles Individuelle bieten, daß der Vortheil einer bequemen Uebersicht bei ihrer Schilderung verloren gegangen wäre, wenn sie nicht abgesondert von jenem Abschnitte, dem sie ihrem Wesen nach zugehören, in Betracht gezogen wurden.

Was die Experimente betrifft, so sind, so weit die Verständlichkeit nicht darunter litt, nur solche aufgenommen worden, die ohne zu complicirte und kostspielige Apparate und

nach des Verfassers eigener Prüfung — wenigstens gilt dieses von einem namhaften Theile derselben — mit Leichtigkeit und ohne allzugroße technische Fertigkeit angestellt werden können.

Wo es nöthig geschienen, ist mit Treue die Literatur des behandelten Gegenstandes und die Quelle, aus der geschöpft wurde, angegeben; und so, indem hierbei die besten neueren Lehrbücher und Monographien und die in Journalen oft sehr zerstreut liegenden Abhandlungen hilfreiche Hand leisteten, denjenigen Lesern die nöthige Rücksicht geschenkt worden, welchen daran gelegen ist, sich ausführlicher über denselben zu belehren, oder über die Anwendung der höheren Mathematik auf die Erklärung desselben, deren Aufnahme aus Gründen unterblieb, sich zu informiren.

In das Geschichtliche des Magnetismus und der Electricität besonders einzugehen, wurde, als der Tendenz der Schrift fremd, für überflüssig gehalten; dagegen aber nicht unterlassen, bei den einzelnen Thatsachen die Namen ihrer ersten Begründer gewissenhaft anzuführen, und so in dankbarer Anerkennung ihrer Verdienste um die Wissenschaft dazu beitragen, daß über dem Anziehenden der Sache das Persönliche nicht vergessen werde.

Einen besondern Fleiß glaubte der Verfasser auf die Darstellung der Lehre von der Berührungs-Electricität, da diese vorzugsweise mit dem Magnetismus in Relation ist, und daher auch auf die Beschreibung der galvanischen Apparate verwenden zu müssen, deren in neuester Zeit so verschiedenartige erfunden worden sind. Es ist daher keiner von Bedeutung unberücksichtigt geblieben, dessen Einrichtung die Probe der Zweckmäßigkeit bei gleichzeitiger Wohlfeilheit durch Versuche bestanden hat, und namentlich als tauglich zu Anstellung electromagnetischer Experimente sich bewährte.

Ob im Uebrigen die Lösung des Problems, eine zweckmäßige und bequem übersichtliche Zusammenstellung der wichtigsten neuern und neuesten, durch Experimente begründeten, Fortschritte in dem fraglichen Zweige der Naturlehre, zwar mit Ausschluß weitläufiger theoretischer Untersuchungen, aber mit treuer Festhaltung ihres wissenschaftlichen Charakters, in möglichst klaren und faßlichen Umriß auszuführen, dem Verfasser gelungen, und damit seine Absicht, einen nützlichen Beitrag zur Belehrung und Unterhaltung in einem der beziehungsreichsten und interessantesten Theile des menschlichen Wissens zu liefern, erreicht worden sei, ist dem Urtheile des sachkundigen Lesers anheim gegeben.

Berka an der Jlm, im October 1842.

Dr. Cydam.

Inhalt.

I.

Elektricität und Magnetismus für sich betrachtet.

A. Elektricität.

Seite.

§. 1. Begriff der Elektricität	1
§. 2. Verschiedene Erregungsmittel und Arten der Elektricität	2
1. Die gemeine oder Reibungs = Elektricität. (Ma- schinen = Elektricität.)	
§. 3. Entstehungsart derselben. — Page's Elektrisirmaschine	3
§. 4. Verbreitung und Mittheilung der Elektricitäts = Leiter (Condukto- ren) und Nichtleiter (Isolatoren). Halbleiter	6
§. 5. Schnelligkeit ihrer Bewegung	9
§. 6. Einfluß der Gestalt der Leiter auf die Mittheilung der Elektrici- tät. Spannung (Tension) derselben	10
§. 7. Der elektrische Funke. Elektrische Schlagweite	11
§. 8. Entgegengesetzte Elektricitäten. Positive und negative oder Harz- und Glas = Elektricität. Gesetz der elektrischen Anziehung und Ab- stoßung. Elektrische Pausen	13
§. 9. Gleichzeitiges Auftreten beider Elektricitäten	15
§. 10. Fernere Eigenthümlichkeiten der positiven und negativen Elektrici- tät. Ckmarr's Versuch	16
§. 11. Das Elektrometer und Elektroskop. Bennet's Goldblatt-Elek- trometer. Coulomb's Drehwage. Der elektrische Multiplika- tor und der präparirte Froschschenkel	18
§. 12. Bohnenberger's Elektrophant. Becquerel's Verbesse- rung desselben	20
§. 13. Theorie der elektrischen Erscheinungen. Unitarier und Du- alisten	22

	Seite.
§. 14. Trennung der elektrischen Indifferenz durch Wirkung aus der Ferne. Gesetz der elektrischen Vertheilung oder Induktion (Influenz). Elektrische Zonen	25
§. 15. Capacität und Tenacität vertheilend (inducirend) wirkender Körper	28
§. 16. Anwendung des Gesetzes der Vertheilung auf die Erklärung elektrischer Erscheinungen	29
§. 17. Die elektrische Verstärkungsplatte oder Franklin'sche Tafel. Der elektrische Verstärkungsfunke	30
§. 18. Die elektr. Verstärkungsflasche und Batterie. Lane's Auslade-Elektrometer	33
§. 19. Der Elektrophor. Natürliche Elektrophore	38
§. 20. Der Condensator. Bennet's condensirendes Elektrometer	42
§. 21. Wirkungen der Reibungs-Elektricität. Anwendung derselben in der Heilkunde	44
2. Die durch Veränderungen in dem Aggregatzustande und in der chemischen Constitution der Körper erzeugte Elektricität. Atmosphärische Elektricität.	
§. 22. Entstehungsart. — Electrochemie	50
§. 23. Luft-Elektricität. Prüfungsmittel derselben. Elektro-Meteore	55
§. 24. Das Gewitter. Blüßröhren (Fulguriten), Herenringe. Der Blüßableiter	57
§. 25. Das Wetterleuchten. Das St. Elmsfeuer und das Nordlicht. Tromben	64
3. Die durch besondere thierische Organe und den animalischen Lebensprozeß überhaupt erregte Elektricität. — Pflanzen-Elektricität.	
§. 26. Elektrische Fische	66
§. 27. Elektricität in dem Thier- und Pflanzenleben überhaupt	69
4. Die Elektricität durch Druck und mechanische Trennung der Theile fester Körper.	
§. 28. Elektricität durch Druck und Pressung	74
§. 29. Elektricität durch mechanische Trennung	76
5. Die Elektricität durch wechselseitige Berührung verschiedenartiger Körper (Contact-) oder Galvanische Elektricität. Der Galvanismus; Voltaismus.	
§. 30. Entdeckung und Begriff derselben	77
§. 31. Fundamental-Versuch Volta's über die elektro-motorische Kraft der Metalle im gegenseitigen Contacte	79

	Seite.
§. 32. Geringe Intensität einfacher galvanisch=elektrischer Zustände. Mikro=Galvanometer	80
§. 33. Elektroskopische Empfindlichkeit der Magnetnadel und der Sinnesorgane für den Galvanismus. Der Sulzer'sche Versuch	81
§. 34. Elektroskopische Empfindlichkeit der Bewegungsnerven für galvanische Elektrizität. Galvani's Versuche. Cuthbert's galvanisches Schutzmittel der Pflanzen gegen Würmer	84
§. 35. Die einfache galvanische Kette. Der galvanische Strom	87
§. 36. Verschiedene einfache Ketten. Ketten der ersten und zweiten Art. Zwei= und viergliedrige Ketten. Becquerel's einfache Kette	89
§. 37. Bedingungen der Stärke der galvanischen Kette. Elektrische Spannungserie der Metalle. Einfluß des feuchten Leiters. Das Wozen der Kraft der Kette. Hülfsmittel dagegen. Ohm's Fundamentalsatz für die Intensität des elektrischen Stromes	94
§. 38. Unipolare Leiter. Ohm's Bedenken gegen diese	100
§. 39. Die zusammengesetzte galvanische Kette. Die Volta=Säule. Die beiden Elektroden. Der Rheophor	101
§. 40. Geschwindigkeit der Ladung in der Volta=Säule	104
§. 41. Contact=Theorie und chemische Theorie der Säule. Die elektrochemische Kette	105
§. 42. Galvanische Trog=, Becher= und Zellen=Apparate. Daniel's und Grove's constante einfache Zellenkette. Hare's Deflagrator	108
§. 43. Trockene (Zambonische) Säulen	112
§. 44. Wirkungen des verstärkten Galvanismus im Allgemeinen	114
§. 45. Verschiedenheit der Wirkungen der galvanischen Säule nach der Art ihrer Isolirung und Schließung	115
§. 46. Verschiedenheit der Wirkungen der Säule nach der Zahl und Größe ihrer Elemente	116
§. 47. Physiologische Wirkungen der Säule. Anwendung derselben in der Heilkunde. Neeff's Wligrad	118
§. 48. Mechanische, elektrische Wirkungen der Säule. Ritter's Ladungssäulen. Polarisation der Schließungsdrähte	122
§. 49. Erzeugung von Licht und Wärme durch die Säule (Thermische Wirkungen). Wollaston's Fingerhutfeuerzeug. Der Schließungsfunke	126
§. 50. Bewirkung chemischer Prozesse durch die Säule. Das Volta=Elektrometer	129
§. 51. Fernere desoxydirende Wirkungen der Säule. Nobili's Figu=	

	Seite.
ren. Elektrolyten. Ionen (Anionen und Kationen). Sekun- däre Prozesse. Davy's Protektoren	132
§. 52. Technische Benutzung des Galvanismus bei Metallfällungen. Gal- vanoplastik (Elektrotypie)	137
§. 53. Magnetische Wirkungen der galvanischen Säule. Elektro-Mag- netismus	143

B. Magnetismus.

§. 54. Begriff des Magnetismus (Magnetische Felsen)	144
§. 55. Polarität des Magnets. Magnetometer. Anomalische Mag- nete	145
§. 56. Stärke der Magnete	147
§. 57. Bewaffung der Magnete	148
§. 58. Veränderungen der magnetischen Ziehkraft. Gaussure's Mag- netometer	ebb.
§. 59. Permeabilität der Körper für den Magnetismus	149
§. 60. Gesetz der magnetischen Anziehung und Abstoßung. Der magne- tische Wirkungskreis	150
§. 61. Abnahme der magnetischen Kraft mit der Entfernung	151
§. 62. Gesetz der magnetischen Vertheilung	ebb.
§. 63. Magnetismus der Erde	152
§. 64. Erweckung des Magnetismus durch Mittheilung. Künstliche Mag- nete. Magnetische Magazine. Magnetische Curven	154
§. 65. Erregung des Magnetismus durch den Magnetismus der Erde. Magnetismus der Lage	160
§. 66. Erregung des Magnetismus durch besondere physische Prozesse und (scheinbar) durch Rotation	161
§. 67. Die Magnetnadel. Vierarmige Magnetnadeln. Anwendung der Magnetnadel als Galvanometer	163
§. 68. Abweichung (Deklination) des Magnets	165
§. 69. Neigung (Inklination) des Magnets	167
§. 70. Chemische, physiologische und elektrische Wirkungen des Magne- tismus. Heilliche Anwendung desselben	168
§. 71. Hypothesen über den Magnetismus. Ampère	170

—————

II.

Der Elektro-Magnetismus.

	Seite.
§. 72. Begriff des Elektro-Magnetismus. Dersted	173
§. 73. Dersted's Fundamental-Versuch. Ablenkung der Magnetnadel durch den galvanischen Strom	174
§. 74. Galvanische Apparate für Dersted's Versuche und zu Darstellung elektro-magnetischer Erscheinungen überhaupt. Die neuesten Zellenketten von Daniell, Grove, Roberts, Spencer und Bunsen	177
§. 75. Ablenkung einer astatischen Nadel durch den galvanischen Strom	188
§. 76. Gesteigerte Ablenkung der Nadel durch Vervielfältigung des elektrischen Stroms. Der elektro-magnetische Multiplikator. Das magnetische Galvanometer	190
§. 77. Verschiedene Multiplikatoren	196
§. 78. Erzeugung von magnetischer Polarität in Eisen durch den galvanischen Strom. Elektromagnetische Folgepunkte	200
§. 79. Verschiedene Elektromagnete. Verhältnisse, welche auf die Kraft derselben Einfluß haben. Elektromagnetische Töne. Hohle Elektromagnete. Soule's neuester, besonders gestalteter Magnet mit Zink-Cußeisenkette. Der kleinste Elektromagnet	202
§. 80. Magnetisirung mit Elektromagneten	212
§. 81. Anziehung von Eisenfeilicht durch den Rheophor	214
§. 82. Bewegung des Rheophors um einen ruhenden Magneten	216
§. 83. Faraday's, Sturgeon's und Schweigger's Apparate zur Darstellung der Kreisbewegung des Magnets um den ruhenden Rheophor, und des Rheophors um den ruhenden Magneten	217
§. 84. Rotation des Rheophors und des Magnets um seine eigene Achse. Barlow's Rad	222
§. 85. Rotation flüssiger Leiter durch Elektromagnetismus und durch Galvanismus allein. Ritchie's Maschine	226
§. 86. Wechselseitige Anziehung und Abstosung zweier Rheophoren. Transversal-Magnetismus. Die freischwebende Magnetnadel der Lady Sommerville. Roget's automatische Drahtspirale	230
§. 87. Einfluß des Erdmagnetismus auf den Rheophor. Die galvanische Boussole. Ashig's mikro-elektromagnetischer Compaß	235

**

	Seite.
§. 88. Die Reibungs- (Maschinen-) Elektrizität im Konflikte mit dem Magnetismus	238
§. 89. Der Magnetismus unter dem Einflusse der thierischen Elektrizität und anderweitiger elektrischer Prozesse	241
§. 90. Anwendung des Elektro-Magnetismus als Maschinenkraft. Fa- kobi's Maschine. Störers und Wagners beifällige Be- mühungen. Bachhoffners elektromotorische Eisenbahnfahrts- Controle	247
§. 91. Dersted's und Ampère's Theorie der elektro-magnetischen Erscheinungen. Barlow's ingeniofer Beweis für letztere	257

III.

Die Magnet- und Induktions-Elektrizität. Die Elektrizität durch Induktion.

§. 92. Durch gewöhnlichen Magnetismus inducirte Ströme. Faraday	260
§. 93. Durch Elektro-Magnetismus inducirte Ströme. Leichte Erreg- barkeit derselben. Der magnet-elektrische Ring.	263
§. 94. Durch den Magnetismus der Erde und der Lage inducirte Ströme	265
§. 95. Durch Elektrizität unmittelbar erzeugte inducirte Ströme. Extra- oder sekundäre Ströme. Induktions-Phänomene beim Öffnen der galvanischen Kette. Drahtbündel statt des massiven Eisen- kerns. Induktions-Erscheinungen bei Entladung der Leidner Flasche	267
§. 96. Funkenströme, durch Magnet-Elektrizität erzeugt. — Verschie- dene magneto-elektrische Funken-Apparate. Pixii'scher magneto- elektrischer Rotations-Apparat. Pohl's elektromagnet-elektri- sche Maschine	275
§. 97. Physiologische, chemische, thermische, magnetische und elektrische Wirkungen der Magnet-Elektrizität. Der Gyrotrop oder Com- mutator. Neff's Wägrab. Medicinische Anwendung der In- duktions-Elektrizität	279
§. 98. Stärkers magneto-elektrischer Rotations-Apparat v. Ettings- hausens. Rief's, Cartons und Clarke's Maschinen.	

Ulmähliche Kraftverminderung der magnet = elektrischen Apparate.
Mittel, ihr wieder aufzuhelfen 286

§. 99. Telegraphie mittels elektro = magnetischer und magnet = elektrischer
Ströme. Physiologischer Telegraph 293

IV.

Der Rotations-Magnetismus.

§. 100. Rotation einer Magnetnadel über einer in Drehung versetzten
Metallscheibe. Arago 300

§. 101. Rotation einer Metallscheibe über einem in Drehung versetzten
Magnetsabe. Radiale Ströme. Faraday's Rotations- und
andere Versuche zur Erklärung des Rotations-Magnetismus.
Erdmagnet = elektrische Ströme 305

V.

**Der Thermo-Magnetismus. Die Thermo-
Elektricität.**

§. 102. Begriff des Thermo-Magnetismus. Seebeck. v. Helin. . 314

§. 103. Die thermo-magnetische Kette und der thermo-magnetische Mul-
tiplikator 316

§. 104. Rotation der thermo = elektrischen Kette unter dem Einflusse des
Magnetismus. Thermo-magnetische Rotations-Apparate . . 319

§. 105. Thermo = elektrische Spannungsreihe der Metalle. Westliches und
östliches Endglied derselben 320

§. 106. Thermo = elektr. Kettenkette (Thermo = Säule). Weitere Wirkun-
gen der thermo = elektrischen Ströme. Induktions = Phänomene
beim Deffnen der Thermo = Säule. 322

§. 107. Anwendung der Thermo = Säule als Wärmemesser. Das magne-
tische Thermometer und Pyrometer. Becquerel's und Du-
rochet's Magneto-Thermometer zu Erforschung der Eigen-
wärme kaltblütiger Thiere und Pflanzen 329

§. 108. Gegenwirkung des Thermo-Magnetismus mit dem Galvanismus.
Das thermo-magnetische Kreuz Peltier's 335

	Seite.
§. 109. Thermo=elektr. Ströme in einem einzigen Metalle. Thermo=elektr. Ringe und Stäbe. Thermo=Elektricität in einzelnen, dehnsamen, Metallen. Becquerell's Ansicht über die Entstehungsart der thermo=elektr. Erregung. Wirkung der einfachen Thermolette auf das Elektrometer	336
§. 110. Thermo=Elektricität Krystallisirter Fossilien (elektrischer Nichtleiter). Krystall=Elektricität	343
§. 111. Elektricitäts=Erregung durch Erwärmung unkrystallinischer Nichtleiter der Elektricität	346

VI.

Der Photo=Magnetismus.

§. 112. Erregung und Verstärkung des Magnetismus durch das Sonnenlicht. Morichini	349
Nachweisung der Figuren	358

be
w
le
m
te
tu
de
G
el
in
de
m
el
el
di
ve
se
be

I. Electricität und Magnetismus

für sich betrachtet.

A. Electricität.

§. 1.

Begriff der Electricität.

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

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

§. 2.

Verschiedene Erregungsmittel und Arten der Elektricität.

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

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

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

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

§. 3.

Entstehungsart derselben. Page's Elektrisirmaschine.

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

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

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

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

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

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

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

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

§. 4.

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

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

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

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

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

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

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

§. 5.

Schnelligkeit ihrer Bewegung.

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

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

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

§. 6.

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

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

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

§. 7.

Der elektrische Funke. Elektrische Schlagweite.

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

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

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

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

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

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

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

§. 8.

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

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

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

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

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

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

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

§. 9.

Gleichzeitiges Auftreten beider Elektrizitäten.

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

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

§. 10.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

§. 11.

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

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

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

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

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

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

§. 12.

Bohnenberger's Elektrophant. Becquerel's Verbesserung desselben.

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

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

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

§. 13.

Theorie der elektrischen Erscheinungen. Unitarier und Dualisten.

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

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

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

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

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

§. 14.

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

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

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

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

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

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

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

§. 15.

Capacität und Tenacität vertheilend (inducirend) wirkender Körper.

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

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

§. 16.

Anwendung des Gesetzes der Vertheilung auf die Erklärung elektrischer Erscheinungen.

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

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

§. 17.

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

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

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

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

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

§. 18.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

§. 19.

Der Elektrophor. Natürliche Elektrophore.

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

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

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

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

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

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

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

§. 20.

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

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

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

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

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

§. 21.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

§. 22.

Entstehungsart. Elektro-Chemie.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

§. 23.

Luft-Electricität. Prüfungsmittel derselben. Elektro-Meteore.

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

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

Erforscht werden die elektrischen Zustände der Atmosphäre:

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

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

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

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

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

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

§. 24.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

§. 25.

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

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

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

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

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

§. 26.

Elektrische Fische.

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

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

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

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

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

§. 27.

Elektricität in dem Thier- und Pflanzenleben überhaupt.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

§. 28.

Electricität durch Druck und Pressung.

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

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

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

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

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

§. 29.

Elektricität durch mechanische Trennung.

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

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

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

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

§. 30.

Entdeckung und Begriff derselben.

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

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

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

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

§. 31.

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

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

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

§. 32.

Geringe Intensität einfacher galvanisch-elektrischer Zustände.

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

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

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

§. 33.

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

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

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

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

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

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

§. 34.

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

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

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

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

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

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

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

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

§. 35.

Die einfache galvanische Kette. Der galvanische Strom.

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

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

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

§. 36.

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

Beccquerel's einfache Kette.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

§. 37.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

§. 38.

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

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

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

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

§. 39.

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

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

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

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

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

§. 40.

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

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

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

§. 41.

Contacts-Theorie und chemische Theorie der Säule.

Die elektro-chemische Kette.

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

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

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

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

§. 42.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

§. 43.

Trockene (**Zamboni'sche**) Säulen.

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

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

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

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

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

§. 44.

Wirkungen des verstärkten Galvanismus im Allgemeinen.

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

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

§. 45.

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

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

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

§. 46.

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

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

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

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

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

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

§. 47.

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

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

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

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

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

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

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

§. 48.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

§. 49.

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

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

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

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

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

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

§. 50.

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

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

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

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

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

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

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

§. 51.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

§. 52.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

§. 53.

Magnetische Wirkungen der galvanischen Säule.
Elektro-Magnetismus.

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

B. Magnetismus.

§. 54.

Begriff des Magnetismus. (Magnetische Felsen).

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

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

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

§. 55.

Polarität des Magnets. Magnetometer. Anomalische Magnete.

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

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

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

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

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

§. 56.

Stärke der Magnete.

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

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

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

§. 57.

Bewaffnung der Magnete.

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

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

§. 58.

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

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

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

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

§. 59.

Permeabilität der Körper für den Magnetismus.

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

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

§. 60.

Gesetz der magnetischen Anziehung und Abstoßung.
Der magnetische Wirkungskreis.

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

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

§. 61.

Abnahme der magnetischen Kraft mit der Entfernung.

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

§. 62.

Gesetz der magnetischen Vertheilung.

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

kreis eines elektrisirten Körpers gebrachter Leiter durch Vertheilung seines natürlichen $\pm E$ elektrisch wird, und durch Anziehung des Ungleichartigen an seinem vordern Ende die entgegengesetzte, an seinem abgewendeten Ende dagegen durch Abstosung des Gleichartigen die gleichnamige Elektrizität des elektrischen Körpers annimmt (§. 14.): so wird auch in dem Eisen, wenn es dem Magnete genähert wird, durch die Einwirkung des letztern das natürliche Gleichgewicht des in ihm in gebundenem Zustande vorhanden gedachten Magnetstoffs, den man sich wieder aus einem $\pm M$ und $- M$ zusammengesetzt denkt (§. 71.), gestört, und durch Zerlegung desselben in seine ungleichartigen Elemente magnetische Polarität in ihm hervorgerufen. Ist es z. B. der \pm Pol eines Magnets, in dessen Wirkungskreise ein Eisenstab schwebt, so wird nicht eigentlich der Eisenstab, sondern das $- M$ des Stabes von dem $\pm M$ des Magnetes angezogen, und dieser erhält daher an seinem vordern Ende die ungleichnamige (freundschaftliche) Magnetizität des Magnetes; das $\pm M$ des Stabes wird hingegen an das abgekehrte Ende zurückgedrängt und dieses nimmt daher die gleichnamige (feindliche) Magnetizität des Magnetes an. Wenn der Eisenstab aus der Atmosphäre des Magnetes entfernt wird, so vereinigen sich das $\pm M$ und $- M$ desselben wieder zu 0 oder $\pm M$, und er zeigt daher keine magnetische Polarität weiter. — Aber nicht allein die magnetische Anziehung, sondern auch die Mittheilung des Magnetismus beim Magnetisiren eines Eisens, und andere magnetische Erscheinungen finden in einer solchen Vertheilung der zur Indifferenz verbundenen entgegengesetzten Magnetismen eine geschmeidige Erklärung.

§. 63.

Magnetismus der Erde.

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

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

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

§. 64.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

§. 65.

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

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

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

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

§. 66.

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

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

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

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

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

§. 67.

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

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

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

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

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

§. 68.

Abweichung (Deklination) des Magnetes.

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

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

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

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

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

§. 69.

Neigung (Inklination) des Magnetes.

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

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

§. 70.

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

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

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

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

§. 71.

Hypothesen über den Magnetismus. Ampère.

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

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

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

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

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

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

II. Der Elektro-Magnetismus.

§. 72.

Begriff des Elektro-Magnetismus. *Dersted.*

Die ungewöhnliche Aehnlichkeit in den Gesetzen, nach welchen Electricität 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 Electricität 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 Ueberumstände 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. Hermann. 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 Nordpole 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° 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 Contactes 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 Deflagrator, dem er diesen Namen deshalb gegeben hat, weil er mit ihm viel größere Hitzegrade erzeugen konnte, als mit jedem andern Trogapparate *).

*) Dem Deflagrator 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 Troge 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 einklemmt. Man taucht sodann die Kette in einen Glaseylinder 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 kürzern 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 Salzs- 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 Cylindersform 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 Neoppor 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 salpetrigen 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 excitirenden 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 $\frac{3}{4}$ 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 Strom's bestimmt wird (§. 72.): so kann die ablenkende Kraft eines sehr schwachen Strom's 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 Strom's 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 Strom's 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° 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 Fliesspapier 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

*) Munkle (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 V-förmige 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, Heft 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° 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 §§. 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 überspinnener 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, hingleitet. Die dadurch den Nadeln ertheilte magnetische Kraft, welche in ihnen eben so durch Zerfegung 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 Zersüchtung 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 Lagenveränderung 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 Eisenern 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 convexen Seite des Magnetes, sind in angemessener Entfernung von einander drei Häfen 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 Häfen 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 aufs 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 südpolariß, 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 Desagrator'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 Hülslung, 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 Hülslung 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 magnetisiertes Eisenstäbchen, z. B. eine kleine Magnetenadel, ersetzt werden, wo es dann nicht erst eines andern Magnetes zum Magnetisiren desselben bedarf. Eben so ist leicht einzusehen, daß in derselben Röhre die Magnetenadel 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 Elektromotors 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 anderm 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 verzehret 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 (§. 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 (§. 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 übersponnener Kupferdraht mehrmals gewunden ist, dessen Enden von Seide entblößt und blank geschleert 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^{'''} 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 1 $\frac{1}{2}$ '' 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, Quecksilbernäpfchen 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 Vollaftons galvanischem Fingerhutfenerzeuge (§. 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 Elektrifizirmaschinen 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 Elektrizitätsquelle in viel schwächerem Grade, als unter dem der Kontaktelektricität. Pfaff, der Elektromagnet. S. 184. Daher bringt selbst die Anwendung sehr starker Elektrifizirmaschinen und Batterien nur schwache Abweichungen der Magnetnadel zu Wege. (S. 73.) Nach Muncke's Versuchen wurde z. B. eine Deklinationsnadel selbst mit Hülfe eines Multiplikators von 120 Drahtwindungen kaum um 5° 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 Elektrizität 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 Elektrifizirmaschine, durch welchen die Elektrizität in die Erde abgeleitet wird, oder den Entladungsdraht einer Leidner Flasche zur Anziehung von Eisenfeile zu vermögen (S. 81.), sind bis jetzt vergeblich gewesen, selbst wenn man die Ausgleichung der entgegengesetzten Elektrizitäten 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 Stahlmadel hervorbringen. (S. 78.) Man erhält diese, wenn man eine etwas längere, nicht über 1 Linie dicke Stahlmadel 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 Magnetmadel 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. *Bibliothèq. universelle 1837. XII. p. 174. Poggend. Annal. Bd. 38, S. 291.*

Am Einfachsten ist das Verfahren, welches John Davy bei der Prüfung des Zitterrochen auf seine Fähigkeit, unparteiischem Eisen Magneticität 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° 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° sondern nur um 5° 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 bewundernswerthesten
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 Gallet 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 angefest 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 Kolbenpiel 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 Gallan 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 Störner (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 kontinuierlichen 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 $\frac{1}{2}$ " abstehen. 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 privilegierte 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 ingeniöser 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 Eisenbraut 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 Abstoßung 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.

III.

Die Magnet- und Induktions-Elektricität. Die Elektricität durch Induktion.

§. 92.

Durch gewöhnlichen Magnetismus inducirte Ströme.
Faraday.

Faraday, ein Schüler des berühmten Englischen Chemikers Davy, bereicherte im Jahre 1832 die Physik durch die folgenreiche und wahrhaft glänzende Entdeckung, daß auf gleiche Art, wie durch die, die Windungen eines Multiplikators durchströmende Elektricität, in dessen Innern Magnetismus erregt wird (S. 76), sich auch umgekehrt durch Einwirkung des Magnetismus in den Windungen eines Multiplikators **Elektricität** erzeugen lasse; und lieferte dadurch nicht allein einen sprechenden Beweis mehr für die bis zu Dersted's Zeit nur geahnete nahe Verbindung zwischen Magnetismus und Elektricität, sondern verschaffte zugleich der geistreichen, zu Ende des vorigen Abschnittes nur im Umriss wiedergegebenen Ansicht Ampère's über das Wesen des Magnetismus (nach welcher dieses in elektrischen, jedes kleinste Element eines Magnets umkreisenden, Strömen zu suchen ist) eine neue gewichtige Stütze; indem, durch Nachweisung elektrischer Wirkungen der Magnete, der bis dahin noch nicht widerlegte Haupteinwurf gegen diese Theorie, daß noch keine elektrischen Erscheinungen an Magneten wahrgenommen werden konnten, aus dem Wege geräumt wurde. Faraday nennt die auf die bezeichnete Art erregten elektrischen Ströme magneto-elektrische oder, weil sie gewissermaßen, wie

aus dem Folgenden näher sich ergeben wird, durch die magnetische Kraft in die Drahtspirale eingeführt (inducirt, von inducere) werden, inducirte Ströme, und die Art der Electricität selbst Magneto-Electricität oder Electricität durch Induktion. Es verhalten sich diese Ströme in jeder Beziehung wie die auf gewöhnliche Art durch Reibung oder Berührung erzeugten; unterscheiden sich aber dadurch wesentlich von diesen, daß sie nicht, wenn auch die sie veranlassende Ursache anhält, fortdauernd sich wahrnehmbar machen, sondern nur momentan im Augenblicke, wo der sie erregende Magnetismus seine Einwirkung auf den Multiplikator anhebt, sich wirksam äußern, und erst dann wieder sich erneuern, wenn die Einwirkung des Magnetismus (durch Entfernung des Magnets) wieder aufgehoben wird — daß sie, mit Einem Worte, nur dann entstehen, wenn der Magnetismus in Bewegung ist. Die Richtungen der zu Anfange und zu Ende der magnetischen Einwirkung hervortretenden elektrischen Strömungen sind sich dabei jederzeit entgegengesetzt. —

Man bringe die (mit salpetersaurem Quecksilber bestrichenen und wieder abgewaschen, etwa 1 Z. weit) von Seide entblößten und (um den Verdacht eines etwaigen unmittelbaren Einflusses des angewendenden Magnets zu entfernen) mehrere Fuß weit fortgeführten, Endstücken einer Drahtspirale aus übersponnenem Kupferdraht, die man über einen 2 bis 3 Z. weiten und 5 bis 6 Z. hohen ausgehöhlten Cylinder von Pappe nach Einer Richtung aufgerollt hat, und die aus 6 bis 800 neben und über einander liegenden Windungen besteht — mit den ebenfalls amalgamirten Enden eines (am besten Nobili'schen) Multiplikators in genaue Verbindung, z. B. durch Zusammenlöthen oder Uebereinanderbinden: so wird sogleich, wenn man in die Höhlung des Cylinders den Pol eines etwa 12 Z. langen kräftigen Magnetstabes schnell hineinschiebt, durch Induktion ein elektrischer Strom in der um den Cylinder liegenden Drahtschraube rege werden, der das astatiche Nadelpaar in dem Multiplikator (nach Verschiedenheit des eingeschobenen Magnetpoles östlich oder westlich) ablenkt. Läßt man den Stab nach diesem ruhig in der Höhlung liegen, so kehrt die Nadel wieder in ihre ursprüngliche Lage zurück. Dagegen wird dieselbe von neuem nach entgegengesetzter Seite

abgezogen, wenn der Magnetstab wieder aus der Drahtspirale herausgenommen wird. Schließt man die Endstücken der letztern durch die Gliedmaßen eines jüngst getödteten (kaltblütigen) Thieres, z. B. durch einen abgehäuteten Froschschenkel: so macht sich der inducirte Strom derselben durch Zuckungen in diesem wahrnehmbar, wie sie in dem Versuche Galvani's durch den galvanischen Strom entstehen. (S. 34.) Ueberhaupt äußert dieser Strom alle diejenigen Wirkungen, die der Reibungs- und Berührungs-Electricität auch sonst noch eigen sind. (S. 97.)

Daß diese Erscheinungen der Induktion nur durch die Bewegung des Magnetismus erfolgen, erhellt auch daraus, daß sie noch eintreten, wenn nur die magnetische Kraft sich bewegt, z. B. wenn man, statt des Magnetstabes, einen unmagnetischen weichen Eisenstab in die Spirale steckt, und diesen durch Berührung mit dem Pole eines wirklichen Magnetes (oder auch, nachdem man ihn mit einer Drahtspirale umgeben hat, durch Verbindung dieser mit einer galvanischen Kette, S. 93.) erst magnetisirt, und durch die hiermit verbundene magnetische Vertheilung die magnetische Kraft in dem Eisen in Bewegung bringt, oder wenn man eine Lagenveränderung des Magnetstoffes dadurch veranlaßt, daß man dem Magnetismus des in der Drahtspirale schon befindlichen fertigen Magnetstabes, nachdem seine inducirende Wirkung vorüber ist, und die Nadel in dem Multiplikator ihre natürliche Stellung wieder gefunden hat, eine Verstärkung giebt, entweder durch die Annäherung eines Stückes Eisen oder auch des freundschaftlichen Poles eines andern Magnetstabes an den einen seiner Pole. (S. 58.) M. f. Ermann in Poggend. Bd. 27. S. 471 „über Erzeugung von Elektromagnetismus durch bloße Modification der Vertheilung der Polarität in einem unbeweglichen Magneten;“ wo eine Reihe lehrreicher mit Hülfe des Fechner'schen Multiplikators ausgeführter Versuche dieser Art mitgetheilt ist.

Daß aber in dem obigen Versuche die wahrgenommene Abweichung der Multiplikator-Nadel wirklich durch einen elektrischen Strom und nicht durch den direkten gewöhnlichen Einfluß des Magnets verursacht wird, geht außer dem, daß bei der beträchtlichen Länge des Verbindungsdrahtes zwischen dem Träger des inducirten Stromes und dem Multiplikatorendraht die direkte Einwirkung des Magnets nicht wohl möglich ist, auch daraus hervor, daß die Nadel

nicht bewegt wird, wenn die fortgeführten Drähte nicht durch Ueber-
spinnen mit Seide isolirt sind, oder in ihrem Laufe an irgend einer
Stelle sich berühren, und dadurch die Circulation des Stromes durch
die Schlinge des Multiplikators unterbrechen.

§. 93.

Durch Elektromagnetismus inducirte Ströme. Leichte
Erregbarkeit derselben. Der magnet-elektrische
Ring.

Da ein durch elektrische Strömung erzeugter Magnet in nichts
von einem gewöhnlichen Magnete abweicht, so kann die Stelle des
zur Hervorbringung eines inducirten Stromes angewandten Magnetes
auch durch einen Elektromagneten ersetzt werden. In dieser
Hinsicht verdient, unter den zur Darstellung magneto-elektrischer Er-
scheinungen erfundenen Apparaten, der magneto-elektrische Ring
seiner Einfachheit wegen einer besondern Beachtung. Es besteht die-
ser aus einem 1 Z. dicken und 3 Z. im Durchmesser haltenden Ringe
von weichem Eisen (Fig. 44.), dessen eine Hälfte **A** mit einer oder
mehrern Schichten von überspinnem Kupferdrahte umwunden ist,
dessen beide blanke oder amalgamirte und 5 bis 6 Z. weit fortgeführte
Enden **C** und **D** mit den Drahtenden eines Multiplikators zusamen-
gelöthet oder fest verschlungen sind. Die andere Hälfte **B** des Rin-
ges ist eben so mit Kupferdraht umwickelt, so daß aber zwischen den
Drahtwindungen der einen Hälfte und denen der andern ein $\frac{1}{2}$ Z.
breiter Zwischenraum des Eisenringes **G** und **H** frei, und das Eisen
sichtbar bleibt. Werden die freien Drahtenden **EF** der zweiten Um-
wicklung mit den Polen eines galvanischen Apparates in metallische
Berührung gebracht: so wird diese Hälfte des Ringes zu einem Elek-
tromagneten, welcher durch die andere Hälfte desselben, die hier gleich-
sam den Anker vorstellt, auf die Drahtwindung inducirend wirkt und
das Galvanometer durch den erregten elektrischen Strom aus seiner
Richtung zieht. Wird die Kette wieder geöffnet, so erfolgt durch die
Bewegung des Magnetstoffes eine Abweichung der Nadel nach der
andern Seite. Eben so kunstlos wird die Erzeugung inducirter Ströme
durch Elektromagnetismus bewirkt, wenn man in den im vorigen
§. beschriebenen mit isolirten Drahtwindungen umgebenen Cylinder
von Pappe oder auch in einen kürzern, wie Figur 46, der mit vielen

über einander liegenden Windungen umkleidet ist, deren Abgleitung durch hervorstehende Ränder **AB**, verhütet wird — statt eines Stabmagnets einen unmagnetischen runden Eisenstab, der mit übersponnenem Drahte umgeben ist, bringt, und mit den Enden des Drahtes eine Volta'sche Kette abwechselnd schließt und wieder öffnet.

Nach Faraday sind die magnet=elektrischen Ströme so leicht erregbar, daß sie selbst durch Rückwirkung erfolgen. Wenn man daher die galvanische Kette, vermittelt welcher man einen mit Draht umspinnenen Stab von weichem Eisen zu einem temporären Magnet gemacht hat, schnell trennt: so entsteht durch die inducirende Wirkung dieses Elektromagnets ein rückwärts gehender Strom in der Drahtspirale, der, wenn die übrigen Bedingungen dazu vorhanden sind, selbst Funken hervorbringen kann. (S. 95.) So werden auch die Schwingungen eines in einem Schweigger'schen Multiplikator, dessen Enden mit einander verbunden sind, aufgehängten und aus seiner Directions-Ruhe gebrachten starken Magnetstabes verzögert; indem dieser, so wie er bei seinem Traversiren aus der Vertikal-Ebene des Multiplikators heraus- und wieder in sie zurückgeht, zwei Mal inducirend wirkt und durch den dadurch in dem Multiplikator erregten magnet=elektrischen Strom afficirt wird. Stellt **AB** (Fig. 45.) einen Multiplikator=Draht vor, der bei **C** zusammengelöthet ist, und in dessen beiden Windungen **A** und **B** zwei gute Magnetstäbe **NS** und **ns** leicht beweglich in ihren Schwerpunkten auf Spitzen balanciren, so entsteht, wenn die ganze Vorrichtung in den magnetischen Meridian gestellt und der eine Magnet, z. B. **NS**, aus seiner Ruhelinie herausbewegt und zum Traversiren genöthigt wird, durch die Bewegung des Magnets momentan ein inducirter Strom in dem Multiplikator, der wiederum auf den Magnet **ns** wirkt und diesen zur Traversirung nach entgegengesetzter Seite anregt. Dieselbe Erscheinung zeigt sich, wenn man nur über den einen Pol einer leicht beweglich aufgehängten schweren Magnetnadel eine hohle Drahtspirale von feinem übersponnenen Kupferdrahte schiebt, deren Höhlungsdurchmesser so groß ist, daß die Nadel in ihr kleine Oscillationen machen kann, ohne mit den Drahtwänden in Berührung zu kommen, und man die beiden weit fortgeführten Drahtenden der Spirale mit den Enden einer ihr ganz gleichen, in der ebenfalls eine Magnetnadel von obiger Beschaffenheit schwebt, wie im vorigen Versuche, innig verbindet.

Sobald die Nadel in der einen in Schwingungen versetzt wird, fällt auch durch die Wirkung der elektrischen Induktion die Nadel in der andern Spirale in Schwingungen von derselben Amplitude. Es ist leicht denkbar, daß, wenn die eine Nadel entfernt und statt ihrer der Pol eines Magnets in die Spirale gehalten wird, dieselben Resultate sich ergeben werden. Es erstreckt sich diese Wirkung inducirter Ströme in die weitesten irdischen Fernen hin, so daß mit ihnen ein eben so bequemes als einfaches Mittel an die Hand gegeben ist, durch Uebereinkunft in der Bedeutung der zwei Richtungen der Ablenkung der Magnetnadel, welche diese unter der Einwirkung derselben erfährt, Gedanken auf eine für Andere, die mit der Deutung dieser Signale nicht vertraut sind, geheime Weise von einem Orte zu einem weit entfernten andern mitzutheilen. (S. 99.) —

Die Leichtigkeit, mit der sich inducirte Ströme von gleicher Stärke erhalten lassen, hat auch Veranlassung gegeben, sich ihrer zu Erforschung der Leitungsfähigkeit der Metalle für die Electricität zu bedienen. Man schließt auf die größere Leitungsfähigkeit eines Drahtes von einem bestimmten Metalle, wenn er bei gleicher Länge und Stärke mit einem andern, zu einer Spirale gewunden, eine in dieser schwebende Magnetnadel weiter ablenkt als dieser. Die Naturf. von Baumgartner u. s. w. 1839, S. 568 u. ff.

§. 94.

Durch den Magnetismus der Erde und der Lage
inducirte Ströme.

Nach den Versuchen der Physiker Antinori und Nobili (zu Florenz) lassen sich inducirte Ströme selbst durch den Magnetismus erwecken, der dem Eisen durch den Einfluß des tellurischen Magnetismus ertheilt wird. (S. 65.) Steckt man in die Höhlung der oben (S. 92.) beschriebenen Drahtspirale statt des magnetischen Stahles einen starken unmagnetischen Stab von weichem Eisen *): so wird in dem Augenblicke die neutralisirte Nadel

*) Möglichst weiches und geschmeidiges Eisen, welches bekanntlich auch zu Elektromagneten das geeignetste ist, ist zum Gelingen dieses Experimentes am besten, da solches sowohl durch Streichen mit einem Magnete als

des damit verbundenen Multiplikators abgelenkt, wo die Spirale mit ihrer Achse in dem magnetischen Meridiane in die Richtung der magnetischen Inklination gehalten oder wieder aus dieser entfernt wird. Faraday wiederholte diese Versuche mit der Abänderung, daß er erst die (mit einem 300 F. langen und $\frac{1}{20}$ Z. dicken Kupferdraht umwundene) Pappröhre in die Richtung der magnetischen Inklination stellte, und dann den Eisenstab, nachdem er diesen zur Entfernung jeder Spur von Magnetismus bis zum Rothglühen erhitzt und dann wieder hatte erkalten lassen, in sie steckte; wobei er dieselben Resultate erlangte, als ob er von oben her die Nordhälfte eines Magnets oder von unten her die Südhälfte in die Spirale geschoben hätte. Bewegt man, während der Eisenstab in ihr fest liegen bleibt, die Röhre schwingend auf und ab, so daß das eine Ende des Stabes in der Inklinations-Ebene abwechselnd nach oben und nach unten gerichtet ist: so kann, wenn diese Bewegungen mit den Oscillationen der Multiplikator-Nadel zusammenfallen, die Ablenkung derselben bis zu einem Bogen von 150—160° erweitert werden. Die bei diesen Versuchen erweckten Ströme stellen sich so unzweideutig dar, daß selbst in Uebereinstimmung mit der Erfahrung, daß auf der nördlichen Erdhälfte der Nordmagnetismus vor dem Südmagnetismus prävalirt, von dem abwärts geführten Nordpole ein intensiverer Strom beobachtet wird, als von dem aufwärts geführten Südpole. (S. 56.) — Nach Faraday wird selbst unmittelbar durch die inducirende Wirkung des Erdmagnets ein schwacher Grad von Magneto-Elektricität in der Spirale excitirt (S. 65.) und eine Ablenkung der Nadel veranlaßt, wenn man jene (ohne daß ein Eisenstab hineingeschoben ist) in der Richtung der Neigungsnadel hält, und dann schnell umkehrt und in die entgegengesetzte Stellung bringt. Näheres über derlei erdmagnetische Ströme später. (S. 101.)

auch durch den Einfluß des in dem Erdballe wirkenden Magnets leichter magnetisch wird, als sprödes und dem Stahle in seiner Beschaffenheit näher liegendes, welches zwar die einmal angenommene magnetische Kraft länger und fester an sich bindet, als weiches, aber nicht so leicht Magnetismus annimmt, als dieses.

§. 95.

Durch Elektricität (unmittelbar) erzeugte inducirte Ströme. Extra- oder sekundäre Ströme. Induktions-Phänomene beim Deffnen der galvanischen Kette. Drahtbündel statt des massiven Eisenkern's. Induktions-Erscheinungen bei Entladung der Leidner Flasche.

Aber nicht blos durch Magnetismus werden inducirte Ströme hervorgebracht, sondern auch direkt durch Elektricität, ohne vorher durch diese erregten Magnetismus. (S. 93.) Es bedarf nur der nahen Lage eines isolirten Leiters an den von einem elektrischen Strom durchzogenen Leiter, um jenen durch Induktion elektrisch zu machen. Zum Beweise dessen umwicke man einen Cylinder mit einem langen mit Seide übersponnenen oder überfirnisten Kupferdraht in schraubenförmigen Windungen, die nicht dicht an einander liegen; winde dann in die frei gebliebenen Zwischenräume in entgegengesetzter Richtung einen andern eben so beschaffenen und vorbereiteten Draht ein, so daß der Cylinder von zwei parallel laufenden Spiralen umgeben ist. Hierauf verbinde man die amalgamirten Endstücken der einen Spirale mit den beiden Elementen einer einfachen galvanischen Kette: so wird, durch den die so geschlossene Spirale durchströmenden elektrischen Strom, in der neben ihr eingewundenen andern Spirale ebenfalls ein elektrischer Strom eingeleitet (inducirt), der, wenn die Spirale durch Verbindung ihrer Enden mit den Nerven eines präparirten Froschschenkels oder mit den Drahtenden eines Multiplikators geschlossen ist, sich durch Zuckungen in jenen oder durch Ablenkung der Magnetnadel in diesem (beim Wiederöffnen der galvanischen Kette nach entgegengesetzter Seite) und überhaupt durch dieselben Erscheinungen sich ausweist, welche in S. 92. u. 97. als Wirkungen inducirter Ströme aufgezählet sind. Die Einrichtung der Apparate zu Erregung von derlei inducirten Strömen läßt die verschiedensten Abänderungen zu. Nach Faraday werden selbst durch Annäherung eines Drahtes an einen Rheophor inducirte Ströme in jenem hervorgerufen, wenn die beiden Drähte nur im Zickzack oder in Form eines W oder überhaupt so neben einander gebracht werden, daß sie eine Strecke lang neben einander hinlaufen.

Man pflegt diese inducirten Ströme auch Extra- oder sekundäre Ströme zu nennen; eine Bezeichnung, die auch für die durch Magnetismus erregten (magnetoelektrischen) paßt, wenn man mit Ampère den Magnetismus seinem Wesen nach als das Resultat elektrischer Ströme ansieht. (S. 63, 71 u. 86.) Im Gegensatz zu diesen heißen dann die ursprünglichen elektrischen Ströme, durch deren inducirende Wirkung sie erregt werden, primäre Ströme.

Faraday hat auch zuerst gezeigt, daß nicht nur ein Strom während seines Verschwindens einen Strom von gleicher Richtung in einer jeden in seiner Nähe befindlichen und einen geschlossenen Leiter bildenden Metallmasse, sondern auch in dem Schließungsdrahte selbst erzeugt, durch den er floß — und daß er sich dadurch in seiner Wirkung verstärkt. Aus dieser Selbstverstärkung eines Stromes ist die Erklärung zu der ebenfalls von Faraday gemachten Entdeckung zu entnehmen, daß man, den bisherigen Erfahrungen entgegen, nach welchen Erschütterungen des menschlichen Körpers (physiologische Wirkungen) nur mit einer Volta'schen Säule, die aus vielen Plattenpaaren besteht, bewirkt werden können (S. 47.), diese Wirkung auch durch Anwendung einer einfachen Kette erzielen kann, wenn diese geöffnet wird und der Schließungsdraht sehr lang ist. Noch intensiver werden diese Wirkungen, wenn der lange Schließungsdraht zu einer Spirale aufgewunden ist; indem dann bei dem Öffnen der Kette das damit verbundene Verschwinden des elektrischen Stromes aus jeder einzelnen Windung des Drahtes auf die nebenliegenden Windungen inducirend wirkt, und dadurch eine neue Verstärkung des Stromes vermittelt — und noch intensiver, wenn in der Spirale ein weiches Eisen liegt, das durch die Umkreisung des Stromes magnetisch wird, wo dann durch das bei der Unterbrechung des Stromes erfolgende Verschwinden desselben in der Drahtspirale auch die elektrischen Ströme in dem Eisen (welche nach Ampère den Magnetismus in diesem bedingen) aufhören, und dadurch eine abermalige Verstärkung des Stromes bei seiner Unterbrechung herbeigeführt wird. Magnus hat in sehr instruktiven und umfassenden Versuchen die Verhältnisse erforscht, durch welche diese Verstärkungen durch Induktion von Strömen modificirt werden. Sein Apparat dazu ist eine Hare'sche Zinkkupferkette, in welcher jede Platten-

spirale 1 □ F. Oberfläche hat. In jede der Platten ist ein Quecksilbernapfchen zur Aufnahme der beiden Schließungsdrähte gelöthet, und neben jedem dieser Napfchen eine messingene cylinderförmige 5" lange und 1¼" dicke Handhabe. Als leitende Flüssigkeit dient verdünnte Schwefelsäure. Dazu gehört ein Elektromagnet (von 140 Pf. Ziehkraft) in Hufeisenform, 14" lang und etwas mehr als 1" dick; auf dessen Schenkel beiderseits eine Messinghülse (Fig. 46.) geschoben ist, um welche etwa 1400 F. umspinnener dünner Kupferdraht gewickelt sind, so daß auf jede Hülse die Hälfte kommt. Faßt man mit benehten Händen die beiden Handhaben des galvanischen Apparates, während der Elektromagnet mit ihm in Berührung ist, und hebt man durch Herausnehmen der einen Platte den Schluß der Kette auf: so empfindet man Zuckungen in den Handgelenken, die nach Belieben verstärkt und geschwächt werden können. Verstärkt werden sie, wenn der elektrische Strom der Kette langsam — vermindert, wenn er schnell abgebrochen wird. Um diese Verschiedenheit zu gewahren, öffnet man die Kette nicht durch Ausheben des einen oder andern Erregers, sondern stellt zu diesem Behufe zwei etwas weite Quecksilbernapfe auf, welche mit dem elektrischen Apparate in Verbindung stehen, und in welche die Drahtenden des Elektromagnetes anderseits eingetaucht sind. Wird bei Unterbrechung der Kette der eine der Drähte aus dem Quecksilber rasch und senkrecht herausgehoben, so erscheinen die Zuckungen nur schwach; sehr stark dagegen werden sie empfunden, wenn man den Draht allmählig und in schräger Richtung herausnimmt und dadurch seine Trennung von der Oberfläche des Quecksilbers verlangsamt. Der Schlüssel zu dieser Erscheinung liegt darin, daß, wenn die Unterbrechung der Kette sehr schnell geschieht, keine Leitung mehr für den durch das Verschwinden des elektrischen Stromes inducirten Strom mehr zugegen, und sein Entstehen daher unmöglich ist; während auf der andern Seite durch ein langsames Entfernen des Drahtes seine vollkommene Bildung in der ganzen Masse des Drahtes möglich gemacht wird. Wenn während dieses Versuches die Pole des Elektromagnetes mit einem Anker geschlossen sind, so werden die Zuckungen äußerst schwach empfunden, wovon Magnus als Grund bezeichnet, daß der Anker, sobald er an den Magneten angelegt wird, mit entgegengesetzten Polen selbst magnetisch wird, und dadurch die Wirkung des erstern und seine in-

ducirende Kraft auf die Drahtspirale aufhebt, so daß nur derjenige Strom allein zur Wirksamkeit kommt, den der Leitungsdraht durch Induktion auf sich selbst erregt.

„Wenn — bemerkt Magnus — der Schließungsdraht allein, ohne alles Eisen, angewendet wird, zu welchem Ende die Schenkel des Magnetes aus den Drahtspiralen herausgenommen werden: so bekommt man ungleich stärkere Zuckungen, als diejenigen, welche bei eingebrachtem Eisen mit angelegtem Anker erfolgten. Hieraus geht hervor, daß die Wirkung des Ankers nicht allein darin besteht, die Wirkung der Induktion aufzuheben, sondern daß derselbe noch eine andere Wirkung ausübt, welche der Induktion des Drahtes auf sich selbst entgegen wirkt. Es darf übrigens nicht unerwähnt bleiben, daß die Zuckungen, die bei Anwendung des spiralförmigen Schließungsdrahtes allein erhalten werden, nur wenig schwächer sind, als die, welche nach Einführung des Eisens ohne Anker erfolgen. Ohne Zweifel rührt die geringe Verstärkung durch das Eisen davon her, daß bei dem angewandten Elektromagneten die Masse des Drahtes sehr bedeutend ist zu der des Eisens, und daß deshalb die inducirende Wirkung des Drahtes auf sich selbst ebenfalls so bedeutend ist, im Vergleich zu der des Eisens auf den Draht, daß diese letztere kaum in Betracht kommt. Wird ferner, um auch die inducirende Wirkung des Eisens auf den Draht allein zu erhalten, der Magnet wieder in die Drahtspiralen gesteckt, hierauf der Anker angelegt und nun die Leitung unterbrochen, so bleibt der letztere an dem ersten hängen; ein Zeichen, daß das Eisen noch magnetisch ist, was aber, da der Draht geöffnet ist, nicht von einem in diesem vorhandenen Strome kommen kann. Werden nun die Handhaben, welche an den Enden des Drahtes befestigt sind, in den befeuchteten Händen gehalten, und dadurch eine leitende Verbindung zwischen den Enden des Drahtes mittels des Körpers hergestellt, und alsdann der Anker abgerissen; so erhält man eine Zuckung, die stärker oder schwächer ist, je nachdem der Anker plötzlich abgerissen oder nur abgeschoben wird. Diese Zuckungen sind offenbar nur eine Wirkung der Induktion des Eisens auf den Draht. So lange der Anker an dem Eisen haftet, hebt er die magnetische Wirkung desselben auf. Werden aber beide getrennt, so verschwindet der Magnetismus und es entsteht durch Induktion ein Strom in dem Draht, der von gleicher Richtung ist, als der,

welcher den Magnetismus in dem Eisen erzeugt hat. Wenn der eben erwähnte Versuch so abgeändert wird, daß, während man die Handhaben in den befeuchteten Händen hält, zugleich eine metallische Verbindung zwischen den Enden des Drahtes Statt findet, die in dem Augenblicke unterbrochen wird, wo man den Anker von dem Eisen trennt: so erhält man eine außerordentlich heftige Zuckung, eben so stark, als von einer mäßig geladenen Leidner Flasche. Diese starke Wirkung scheint davon herzufließen, daß für das Entstehen des inducirten Stromes beim Abreißen des Ankers ein geschlossener Leiter vorhanden seyn muß. Besteht dieser, auch nur theilweise, aus einem schlechten Leiter, wie der menschliche Körper ist: so wird kein so starker Strom entstehen können, als bei Anwendung eines vollkommenen metallenen Leiters. Wird ein solcher vollkommener metallischer Leiter in dem Augenblicke unterbrochen, wo der Strom schon in ihm entstanden ist, und tritt dabei, statt der metallischen Verbindung, die Verbindung durch den Körper ein: so wird der nun in dem metallischen Leiter gebildete stärkere Strom durch den Körper gehen, und also eine stärkere Zuckung veranlassen, als wenn bei dem Entstehen des Stromes die Leitung nicht vollkommen metallisch ist. Besonders auffallend aber ist es, daß in diesem Falle die Zuckung, welche allein von der inducirenden Wirkung des Eisens herrührt, ungleich stärker ist, als die Zuckungen, welche, durch Anwendung eines Elektromagneten ohne Anker, beim Öffnen der Kette erhalten werden, wiewohl bei diesen nicht nur das Eisen, sondern auch der Schließungsdraht selbst inducirend wirkt. Hiervon liegt der Grund darin, daß eine Volta'sche Kette zwar ein in sich geschlossener Leiter ist, der aber zum Theil aus einem vollkommenen Leiter, dem metallischen Schließungsdraht, zum Theil aus einem weniger vollkommenen, nämlich der Flüssigkeit, besteht, die zwischen den Platten steht. In einem so beschaffenen geschlossenen Leiter wird niemals ein eben so starker Strom durch Induction entstehen können, als in einem durchgängig metallischen. Es wird deshalb die inducirende Kraft des Eisens beim Abreißen des Ankers in dem durchgängig metallischen Leiter einen viel stärkeren Strom erzeugen, als die inducirende Kraft des Eisens und des Schließungsdrahtes in dem unvollkommenen Leiter, den die Kette darbietet. Es ist überhaupt denkbar, daß die Wirkung eines galvanischen Stromes viel stärker seyn würde, wenn bei seiner Er-

zeugung kein feuchter Leiter angewendet zu werden brauchte, so daß der Schließungsdraht durch eine metallische Leitung in sich zurückkehren könnte; gerade so, wie dieß bei den durch Induktion erregten Strömen der Fall ist.“ *Pog. Ann.* Bd. 35, S. 413. Bd. 38, S. 417.

Neuff hat mit Hülfe seines unter dem Namen eines „Bligrades“ bekannten Apparates (S. 97.) die durch Magnet-Electricität bewirkte Verstärkung des Entladungsschlages einer einfachen Volta'schen Kette so modificirt, daß er eine rasche Reihenfolge von kräftigen magnet-elektrischen Entladungsschlägen hervorzubringen im Stande ist. Es ist hierzu eine einzige um einen Eisenern gewundene Spirale erforderlich. Man setzt das eine Ende derselben mit dem einen Pole der Kette in Verbindung, das andere aber mit dem vertikalen Entladungstreifen, welcher mit seinem obern umgebogenen Ende auf den isolirenden Einsatzstücken des Bligrades liegt, welches letztere wiederum mit dem andern Pole der Kette in Verbindung steht. Verbindet man sodann Quecksilbergefäße mit den Enden der Spirale, und taucht die mit kupfernen Cylindern bewaffneten Hände in diese ein: so empfindet man, wenn das Blihrad gedreht wird, durch den hiermit verbundenen raschen Wechsel im Öffnen und Schließen der Kette, fortdauernde heftige Zuckungen in den Armen, die nicht minder unangenehm für das Gefühl sind, als wenn die Kupfer- und Zinkmasse der einfachen Kette in vielen kleinen Platten zu einer Volta'schen Säule über einander geschichtet wäre.

Von Munké ist die Verstärkung eines ursprünglichen elektrischen Stromes durch die Wirkung eines Induktions-Multiplikators auch sehr schön beim Öffnen einer Thermo-Säule gezeigt, und damit zugleich ein evidenter Beweis für die Identität des thermo-elektrischen mit dem hydro-elektrischen Stromes geliefert worden. (S. 106.)

Nach einer zuerst von Sturgeon und Bachhoffner gemachten Wahrnehmung werden die beim Öffnen einer einfachen galvanischen Kette entstehenden Zuckungen ausnehmend verstärkt, wenn man statt eines einfachen massiven Eisens ein Bündel von Eisendrähten, z. B. Stricknadeln, in den mit der Kette verbundenen Induktions-Multiplikator (am Besten gerade in die Mitte der Spirale) bringt; wobei es gleichgültig ist, ob die angewendeten Drähte von weichem Eisen oder gut gehärtete Stahldrähte, wie z. B.

die englischen Stricknadeln, sind, wohl aber der Effekt noch vergrößert wird, wenn die Drähte durch Ueberspinnen mit Seide von einander isolirt und so lang sind, daß sie zu beiden Seiten aus der Spirale etwas herausragen. In gleicher Weise werden nach Magnus, der die Erklärung dieses sonderbaren Phänomens sich zum eifrigen Studium machte, die Zuckungen auch verstärkt, wenn, statt des vorher in der Spirale liegenden cylindrischen Eisenkerns, ein Rohr von dünnem verzinnem Eisenblech, von demselben Umfange als der massive Cylinder, oder auch ein Rohr mit dickern Wänden, z. B. das Fragment eines Flintenlaufes, das aber seiner Länge nach aufgeschlitt ist, eingeschoben wird. Pogg. Ann. Bd. 48, S. 95. Wiederholungen dieser Versuche in dem Induktions-Multiplikator thermo-elektrischer Apparate geben gleiche Resultate.

Bisher war hauptsächlich von der durch Galvanismus erzeugten elektrischen Induktion die Rede. Durch Rieß, Henry, Matteucci, und andere Physiker ist aber verificirt, daß auch in einem dem Schließungsdrahte einer Leidner Flasche nahe stehenden geschlossenen Leiter während der Entladung jener, ein Nebenstrom von einer gewissen Richtung erweckt wird, der, wenn der Leiter an irgend einer Stelle eine Unterbrechung hat, in der Gestalt eines Funkens sichtbar wird und außerdem, wie jeder andere sekundäre Strom, durch physiologische, thermische, magnetische und elektrische Wirkungen, ja! selbst durch Rückwirkung auf den primären Strom, sich bemerkbar macht. Rieß in Dove's Repert. 1842. Bd. 6. S. 206 u. fg. und in P's. Ann. Bd. 47. S. 55., Bd. 50. S. 1., Bd. 51. S. 177 und 751. Henry und Rieß empfanden Erschütterungsschläge, als sie die mit Handhaben versehenen Enden eines Knäuels von 3800 Fuß überspannenem Kupferdraht, der in einer, von außen mit 60 F. eines (mit Band isolirten) Kupferstreifens umwickelten, Glasglocke lag, mit beiden Händen faßten, und mit den Enden jenes Kupferstreifens eine Leidner Flasche entluden. Die erwärmende Wirkung des Nebenstromes gewahrte Rieß mit Hülfe zweier über einander gelegter durch eine Glasröhre getrennter Drahtspiralen, von 8 und bezüglich 16 Fuß Länge. In die, den sekundären Strom leitende Spirale waren 12 Zoll Platindraht eingeschaltet, der in die Kugel eines kleinen Luftthermometers ging, und durch den leisesten Strom so erwärmt wurde, daß die Flüssigkeit des Thermometers sich bewegte. Der

magnetisirenden Eigenschaft des Nebenstromes kam Rieß durch Hilfe zweier Drahtspiralen auf die Spur, von denen die eine, aus $7\frac{1}{2}$ F. Kupferdraht bestehend, um eine $5\frac{1}{2}$ Zoll lange und $7\frac{1}{2}$ Linien dicke Glasröhre in 81 Touren, und die andere 10 F. lange über eine größere zweite Glasröhre von 4 Zoll 9 Linien Länge und $4\frac{1}{2}$ Linien Weite, gelegt war. Die weitere Röhre war über die engere gestülpt. Als er die Enden der äußern Spirale mit einer kleinen Spirale, in der eine Nähnadel lag, leitend verband und mit der innern Spirale eine elektrische Batterie entlud, fand er, daß die Nadel magnetisch geworden war. Henry versicherte sich von derselben Wirkung durch ein ähnliches Verfahren. Er befestigte einen 30 F. langen schmalen Streifen Zinnfolie spiralförmig auf der innern Seite eines hohlen 6 Z. weiten Glaszylinders, und einen ähnlichen Streifen, mit jenem parallel, auf der äußern Seite. Die Enden des erstern setzte er mit einer kleinen Drahtspirale in Verbindung, in welche er eine noch nicht magnetisirte Compagnadel gelegt hatte. Diese wurde magnetisch, sobald er eine geladene Flasche durch die äußere Spirale entlud. Marianini beobachtete das Magnetischwerden eines weichen Eisendrahtes an der Bewegung einer über diesem balancirenden Magnetnadel, als er den sekundären Strom durch eine Schraube von Kupferdraht leitete, die um den Eisendraht aufgerollt war. Um den elektrischen Effect des Nebenstromes wahrzunehmen, darf die ihn aufnehmende Spirale nicht geschlossen seyn, sondern sie muß eine Unterbrechung haben, wie zur Sichtbarmachung eines Funkens. Man bringt dann ihre beiden Enden auf die entgegengesetzten Flächen eines nicht zu dünnen Harzkuchens, wo dann bei dem Eintritt des Stromes die bekannten Lichtenberg'schen Figuren sich gruppiren. Mit Beihülfe eines Condensators lassen sich selbst die beiden Bestandtheile dieser Art von Induktions-Electricität isolirt ansammeln und untersuchen. Chemische und galvanometrische Wirkungen damit auszuführen ist Rieß bis jetzt vergeblich bemüht gewesen. Desto befriedigender sind aber dessen Untersuchungen über die Richtungen, über die Rückwirkung des Nebenstromes auf den Hauptstrom, und über die übrigen Eigenschaften und Verhältnisse desselben ausgefallen. Repertor a. a. D. S. 211 bis 256.

Bei der Gleichheit der atmosphärischen Electricität mit der durch

Kunst erzeugten ist die Kenntniß der inducirten Ströme für die Anlegung von Blitzableitern von Wichtigkeit, da, wenn in der Nähe der Kommunikations- oder Ableitungstangen sich größere Metallmassen befinden, welche mit jenen nicht in leitende Verbindung gebracht werden, es leicht geschehen kann, daß der in den Stangen herunterschließende Blitz einen Nebenstrom in dem Metalle erzeugt, welcher eben so verheerend wirken kann, als der Blitz selbst. — Als eine Wirkung der elektrischen Induktion ist auch der schon oft tödtlich gewesene Seiten- oder Rückschlag beim Einschlagen des Blitzes zu betrachten. (S. 24.*)

§. 96.

Funkenströme, durch Magnet-Elektricität erzeugt. Verschiedene magneto-elektrische Funken-Apparate. **Vigii'scher** magneto-elektrischer Rotations-Apparat. **Pohl's** elektromagnet-elektrische Maschine.

Die erste Erscheinung, durch welche Faraday die Gegenwart eines magneto-elektrischen Stromes wahrnahm, war ein Licht-Phänomen, nämlich ein elektrischer Funke. Das Verfahren, das er zu Hervorbringung desselben einschlug, besteht der Hauptsache nach darin, daß er den mit vielen Drahtwindungen umgebenen Anker eines starken Hufeisenmagnets (der bald ein gewöhnlicher, bald ein durch Galvanismus temporär erzeugter war), während das eine Ende des Drahtes in Quecksilber eingetaucht, das andere Ende aber der Oberfläche des Quecksilbers möglichst nahe gehalten wurde — rasch von dem Magnete abriß und dann eben so rasch wieder an die Pole desselben ansetzte. Es entstand dann im Augenblicke der Trennung und Schließung des Ankers zwischen dem freien Ende des Drahtes und dem Quecksilber ein kleiner elektrischer Funke, der sich durch wiederholtes schnelles Abreißen und Aufsetzen des Ankers in einer Sekunde mehrere Mal sichtbar machen ließ. Da es sehr schwer hält, das eine Drahtende gerade in dem Augenblicke, wo der Anker abgerissen oder angelegt wurde, nahe genug an die Oberfläche des Quecksilbers zu bringen: so änderten mehrere Physiker, namentlich Strehlke und Faraday selbst, die Vorrichtung auf verschiedene Art ab. Die Strehlke'schen Abänderungen versinnlicht Fig. 47, a und b, die Faraday's Fig. 48. Der Anker des Hufeisenmag-

netz **NS** (Fig. 47 a.), der etwa 10 Pfund Ziehkraft hat, ist in seiner Mitte mit 50 Touren von übersponnenen $\frac{1}{4}$ Linie dickem Kupferdraht umwickelt, dessen Enden 6 Zoll lang von Seide entblöst und so gebogen sind, daß sie in **c** mit einander in inniger aber leicht aufzuhebender Berührung stehen. Reißt man den Anker rasch von den Polflächen des Magnets ab oder setzt man ihn schnell an dieselben an, so kommt in **c**, indem die Drähte bei dieser Bewegung etwas von einander fahren, der Funke zum Vorschein. Dasselbe geschieht auch, wenn der Anker nur von Einem Fuße des Magnets abgehoben wird. Bei dem Anker Fig. 47 b. springt bei derselben Manipulation der Funke zwischen zwei mit Salpetersäure und Quecksilber eingeriebenen und dadurch spiegelblank gemachten Kupferplättchen **C** und **D** über, welche an die Enden der um den Anker liegenden Drahtspirale angelöthet sind und sich leicht berühren, und durch die mit dem schnellen Aufsetzen oder Abreißen des Ankers, in den elastischen und leicht federnden Drähten entstehende Erschütterung in eine vibrirende Bewegung gerathen, wobei sie sich momentan von einander trennen. In Fig. 48. wird der Funke durch einen Stabmagnet, selbst ohne Anker, auf die einfachste Weise hervorgehoben. Das eine Ende einer Drahtspirale **K** von 20 Fuß übersponnenem Kupferdraht, die um eine Pappröhre **AB** gelegt ist, trägt ein amalgamirtes Kupferplättchen **C**, auf welches das rechtwinkelig gebogene andere Ende des Drahtes mit seiner ebenfalls gut amalgamirten Spitze **D** senkrecht gerichtet ist. In das obere Ende der Röhre ist ein Holzstab **E** leicht beweglich eingepaßt. In die untere Oeffnung wird ein starker Magnetstab **N** geschoben. Dieser erzeugt einen Strom in dem Drahte und trennt zugleich, indem er das Holzstück **E** gegen den Querdraht bewegt, die Spitze **D** von dem Plättchen **C**, so daß zwischen beiden der Funke sichtbar wird. Statt des Stabmagnets kann auch der eine Schenkel eines Hufeisenmagnets eingebracht werden.

Uebereinstimmend mit einander gaben später Strehlke und Faraday ihren Apparaten noch eine andere Einrichtung, bei welcher der, behufs der gegenseitigen Berührung der Drahtenden im Augenblicke des Abreisens und Anschließens, mit der nöthigen Vorrichtung versehene Anker fest gemacht und dagegen der (aus fünf über einander gelegten großen Hufeisenmagneten bestehende) Magnet be-

weglich ist, so daß er an den Anker leicht angeschoben und wieder abgerückt werden kann *). Allein auch mit diesem Apparate, so wie mit mehreren andern nach ihm gefertigten, unter denen zwei von Ritchie erfundene genannt zu werden verdienen, von denen eine Beschreibung aus Pogg. Ann. (Bd. 32, S. 541.) und aus den Philos. Transact. for 1833. (Part. 2, p. 313.) in Gehler's n. phys. Wörterb. (Bd. 6, Abth. 2, S. 1175) aufgenommen worden ist, lassen sich immer nur einzelne, in Absätzen erscheinende, Funken und kein Funkenströmen erzeugen. Um dieses zu erzeugen, ist vorzüglich der von den Gebrüdern Pixii (in Paris) erfundene (sehr kostspielige) magneto-elektrische Rotations-Apparat geeignet. Fig. 49 giebt eine rohe aber gut verständliche

*) Ein neuerer vorzüglicher Apparat von Böttger, an welchem der Anker eine ganz besondere Form hat, besteht aus einem Magnete von 50 bis 60 Pf. Tragkraft, der aus drei gleichschenkligen Lamellen zusammengesetzt ist, und dessen Pole 2 Z. von einander abstehen. Der Anker selbst (Fig. 47. c), von ihm ein Spizenanker genannt, besteht aus zwei, durch eine dünne Achse mit einander verbundenen Würfeln von weichem Eisen AB, AB, deren Flächen $1\frac{1}{2}$ Z. Seite haben. Um die Achse desselben sind 160 Windungen von $\frac{2}{3}$ Linie dickem und übersponnenem Kupferdraht gelegt, dessen Enden eine Strecke lang von Seide entblößt und, nachdem sie in der Nähe der Würfel durch Seidenfaden befestigt wurden, wegwärts gebogen sind. An das eine Ende des Drahtes, der 4 Z. weit fortgeführt ist, ist eine einen Pfennig große und blank polirte Kupferplatte C angelöthet, mit dem etwas längern andern dagegen ein Pinsel D von ganz feinem übersilberten Kupferdraht (von der Stärke, wie er zum Ueberspinnen der D Saite auf der Guitarre verwendet wird) verbunden. Man fertigt diesen Pinsel, indem man den feinen Draht etwa 20 Mal zusammenschlägt, und den so erhaltenen Drahtbündel in einer Länge von $\frac{1}{2}$ Z. quer durchschneidet, so daß die Spizen sämtlich in Einer Ebene liegen. Der Pinsel steht mit seinen Spizen mit der Kupferplatte in schwacher Berührung, so daß bei dem Ansetzen und Abziehen des Ankers von den Polen des Magnets diese momentan unterbrochen wird, wobei dann mehrere helle Funken zugleich zwischen den Spizen und der Platte sichtbar werden. Mit Hülfe dieses Spizenankers machte Böttger die interessante Entdeckung, daß sich elektrische Funken erzeugen lassen, ohne daß der Anker von dem Magnete ganz abgerissen wird. Man erhält sie nämlich, wenn man die beiden Würfel des Ankers mit den beiden Händen faßt, und denselben durch Hin- und Herneigen der Kanten eine recht schnelle schaukelnde Bewegung ertheilt.

Vorstellung von ihm. Ein starker Hufeisenmagnet **NCS** von etwa 7" Höhe, dessen Schenkel aufwärts gerichtet sind, ist durch irgend einen Mechanismus zum schnellen Drehen um seine Achse **C** eingerichtet — und über ihm, seinen Polen gegenüber, als Anker ein runder, hufeisenförmig gebogener und 3" hoher Stab aus weichem Eisen an einem besondern Gestelle unbeweglich befestigt. An die Schenkel des Ankers sind zwei, nach dem Schema von Fig. 46 aus Messingblech gefertigte, hohle Cylinder **DD** angelehnt, deren Ränder auswärts gebogen sind. Um diese Cylinder ist ein mit Seide umsponnener, etwa 150 Fuß langer (und $\frac{1}{2}$ Pf. schwerer) Kupferdraht so nach Einer Richtung gewunden, daß auf jeden Cylinder die Hälfte des Drahtes kommt. Das Abgleiten der über einander liegenden Drahtwindungen wird durch die umgebogenen Ränder derselben verhütet. Die amalgamirten Enden der Drahtspirale sind seitwärts gebogen, und entweder beide mit ihren Spitzen möglichst nahe über der Oberfläche von reinem Quecksilber, das sich in einem schicklichen Gefäße befindet, angebracht, oder nur das eine Ende nahe über dieser befindlich und das andre Ende in dasselbe völlig eingetaucht. Bringt man den Magnet in schnelle Rotation (durch ein zweckmäßiges Getriebe kann diese leicht so accelerirt werden, daß zehn Umdrehungen in einer Sekunde erfolgen): so wird, indem die Polflächen des Magnets ganz nahe unter den Schenkelflächen des Ankers vorübergleiten, bei Annäherung der Magnetpole an die Ankerschenkel, in diesen rasch hinter einander abwechselnd derselbe und der entgegengesetzte Magnetismus erweckt, und durch die damit vereinbarte Bewegung der magnetischen Kraft in der Drahtspirale eben so oft gleiche und entgegengesetzte elektrische Ströme durch Induktion hervorgerufen, die an der Quecksilberfläche von dem einen Drahtende der Spirale zu dem andern in Gestalt lebhafter Funken übergehen.

Weniger kostspielig als die Pyritische Maschine ist, bei fast gleicher Wirksamkeit, ein von Pohl eingerichteter magnet-electrischer Apparat, bei dem ein starker Elektromagnet in Hufeisenform den Strom erzeugt. Die 12" langen und $1\frac{1}{4}$ " dicken Schenkel des Hufeisens sind mit $\frac{1}{4}$ " dickem Kupferdraht umwunden. Durch einen einfachen Desagrator von 2 □ Z. Oberfläche, der in, mit 12 Theilen Wasser verdünnte, Salpetersäure getaucht ist, und mit dessen Elementen die Drahtenden in Verbindung sind, wird demselben eine

Ziehkraft von fast 2 Centnern ertheilt. Der dazu gehörige hufeisenförmige Anker trägt an jedem seiner Schenkel eine 5 Pfund wiegende Drahtspirale, die aus 900 \mathcal{F} . von $\frac{1}{2}$ '' dickem Kupferdraht besteht. Anker und Magnet stehen fest und sind mit ihren Polflächen in Berührung, indem die Bewegung und inducirende Wirkung der magnetischen Kraft durch Schließen und Öffnen der Kette bewerkstelligt wird. Pogg. Ann. Bd. 34, S. 184. Einen ähnlichen Apparat hat (ebendas. Bd. 46, S. 104. und Bd. 50, S. 236.) Neeff veröffentlicht.

§. 97.

Physiologische, chemische, thermische, magnetische und elektrische Wirkungen der Magnet-Elektricität. Der Gyrotrop oder Commutator. **Neeff's** Blihrad. Medicinische Anwendung der Inductions-Elektricität.

Außer dem stetigen Funkenstrome lassen sich durch eine gut eingerichtete magnet-electrische Maschine auch alle übrigen Wirkungen in einer Stärke hervorbringen, wie sie nur die mächtigsten galvanischen Batterien und die größten Elektricitätsmaschinen zu leisten im Stande sind.

Durch die Drähte des abwechselnd abgerissenen und wieder angefügten Ankers wird, wenn sich dieser Wechsel oft hinter einander wiederholt, Wasser, welches mit jenen in Berührung und der besseren Leitung wegen mit etwas Schwefelsäure versetzt ist, eben so in seine gasförmigen Bestandtheile zerlegt, wie durch die Rheophoren einer galvanischen Säule. (S. 50.) Da hierbei die Art des Stromes nicht dieselbe bleibt, sondern dieser bei jedem halben Umlaufe des Magnets in dem Leitungsdrahte seine Richtung umkehrt, und folglich abwechselnd bald derselbe, bald der entgegengesetzte Strom eintritt: so entwickelt sich an jeder der beiden in das zu zersetzende Wasser eingetauchten Drahtspitzen bald Hydrogen-, bald Oxygengas, so daß sich in jedem der beiden zur Auffangung der sich entwickelnden Gase über das Wasser gestürzten Recipienten ein Gemisch von beiden, also Knallgas, ansammelt. Pohl brachte mit seinem Apparate eine Zersetzung des Wassers in derselben Stärke, wie mit einer großen Säulen-Batterie von 50 Plattenpaaren hervor. Ein magneto-electrischer Funke, in das Gefäß mit Knallgas schlagend, entzündet dieses;

ein feiner Platindraht, zwischen die Drahtenden eingeschlossen, wird bis zum Glühen heiß. (S. 49.) Die Goldblättchen eines mit dem Volta'schen Condensator verbundenen Elektrometers werden bei dem Gange einer starken Maschine zur Divergenz gebracht *).

Bringt man das eine Drahtende des Ankers mit dem innern, das andere mit dem äußern Belege einer Leidner Flasche in Verbindung, so wird diese in wenigen Augenblicken elektrisch geladen. (S. 48.) Faraday machte selbst Stahlnadeln auf die gewöhnliche Weise magnetisch, indem er sie in eine Glasröhre brachte und den inducirten Strom durch einen um diese gewundenen Draht entlud. (S. 78.) Dove gab einem Stabe von weichem Eisen Magnetismus, indem er dazu einen mit Hülfe eines Hare'schen Deflagrators geschaffenen und mit starkem Kupferdraht umwickelten hufeisenförmigen Elektromagneten von 1 Ctr. Tragkraft benutzte. Als Anker legte er an diesen einen geraden cylindrischen Eisenstab von 30 Pfd. Tragkraft, der ebenfalls mit Kupferdraht umwunden war und dessen Drahtenden mit den Enden einer Spirale verbunden waren, welche um den zu magnetisirenden Stab von weichem Eisen lag. Als er die galvanische Kette schloß, fand er diesen Stab momentan magnetisch, so daß sich unter ihm liegende Eisenfeile aufrichtete, und der Pol einer ihm genäherten Magnetenadel abwechselnd, je nachdem bei dem Schließen und Öffnen der Kette der inducirend wirkende Magnetismus in Bewegung kam (S. 92.), angezogen oder abgestoßen wurde. (S. 81.) D. u. M. Repert. Bd. 1, S. 312.

Auch schwächere Elektromagnete, als der von Dove gebraucht, die man inducirend wirken läßt, versagen diese magnetische Wirkung nicht. Verbindet man z. B. die freien Drahtenden **CD** des (in §. 93. beschriebenen) magneto-elektrischen Ringes (Sg. 44.) statt mit dem Multiplikator mit den Enden einer hohlen Drahtschraube, die eine Glasröhre, in welcher sich eine kleine Stahlnadel befindet, eng umschließt, während die Enden **EF** des Ringes die Pole des

*) Merkwürdig ist, daß von mehreren Physikern die Wirkung auf das Elektrometer nicht beobachtet werden konnte. Man zweifelte deshalb lange an der elektrischen Wirkung der Magneto-Electricität; bis dieselbe endlich durch die Pyrii'sche Maschine Bestätigung bekam.

Volta'schen Apparates tangiren, so findet man die Nadel, wenn man sie aus der Glasröhre herauszieht, ebenfalls magnetisch. Hebt man die Verbindung des Ringes mit dem Elektromotor auf, während die Nadel noch in der Röhre liegt, so zeigt sie keine magnetische Polarität; weil bei dem Deffnen der Kette ein inducirter Strom von entgegengesetzter Richtung entsteht, durch welchen die Wirkung des erstern wieder aufgehoben wird. (S. 92.) Nur zuweilen bleibt hierbei ein schwacher Grad von Magnetismus in der Nadel übrig, was aus dem Erfahrungssatze, daß zur Vernichtung der magnetischen Kraft im Eisen ein intensiverer elektrischer Strom erfordert wird, als zur ursprünglichen Erzeugung derselben, erklärbar ist — aber keineswegs zu dem Trugschlusse verleiten darf, daß die Intensität des ersten inducirten Stromes größer sey, als die des entgegengesetzten zweiten.

Der ablenkenden Wirkung einfacher magneto-elektrischer Ströme auf die Direktion der Magnetnadel geschah schon oben Erwähnung. Dieselbe Wirkung bringt auch die magnetische Rotationsmaschine hervor, wenn die Drahtenden des Multiplikators mit den Stromträgern derselben verbunden werden, — eine Erscheinung, die auffallen muß, da schwer zusammen zu reimen ist, wie die Nadel abgelenkt werden kann, da entgegengesetzte Ströme von gleicher Stärke, die sich in ihrer Wirkung auf die Nadel gegenseitig aufheben, schnell auf einander folgen. Indessen bestätigt die Erfahrung, daß die Nadel allerdings aus ihrer Richtung nach der Seite abgezogen wird, nach welcher sie schon vor dem Eintritt der inducirten Ströme in den Multiplikator-Draht einen kleinen Ausschlag hatte. Weicht z. B. ihre anfängliche Lage etwas nach Osten ab, so geht sie unter Einwirkung der Ströme auch nach dieser Seite weiter aus ihrer Richtung. Poggendorff, von dem diese Entdeckung abstammt, nimmt zu ihrer Erklärung eine inducirende Wirkung des Stromes auf die Nadel an, durch welche bei den Umkehrungen desselben die Pole der Nadel umgekehrt, oder wenigstens Schwankungen in der Intensität ihres Magnetismus erzeugt werden.

Die physiologischen Wirkungen bleiben hinter diesen nicht zurück. Convulsivische Bewegungen in den Muskeln eines präparirten Frosches werden schon durch schwache inducirte Ströme erzeugt. (S. 92.) Zu Erschütterungen des menschlichen Körpers sind intensivere erforderlich. Bringt man den eignen Körper in den Entla-

dungsreis eines kräftigen magneto-elektrischen Rotations-Apparates
 entweder dadurch, daß man die Enden der Rheophoren (oder noch
 besser kupferne Cylinder, die daran gelöthet sind) mit nassen Händen
 faßt, oder dadurch, daß man die Hände in ein Gefäß mit (gesäuertem)
 Wasser taucht, in welches die Drahtenden eingesenkt sind: so
 empfindet man wegen der raschen Aufeinanderfolge der einzelnen
 Ströme, wodurch diese in ihrer Wirkung sich gegenseitig verstärken,
 wie dieß auch bei der Entladung einer Volta'schen Säule geschieht,
 die Erschütterungen in den Gelenken der Arme und durch die
 Brust so heftig, als kämen sie aus einer voll geladenen elektrischen
 Flasche von beträchtlichen Belege, oder von den Polen einer 80- bis
 100plattigen galvanischen Säule; wobei die Hände erstarren, oder
 convulsivisch zittern, und das Vermögen verlieren, sich willkürlich zu
 bewegen. Man hat daher bereits angefangen, die Magnet-Elek-
 tricität in denselben Fällen als Heilmittel anzuwenden,
 wo auch die galvanische und gewöhnliche Maschinen-
 Elektricität anwendbar sind; vor denen sie allerdings den unbe-
 strittenen Vorzug hat, daß (durch langsames oder schnelleres Ro-
 tiren des Magnets oder, wo dieser ruht, des Ankers) auf eine viel
 weniger umständliche Weise die Stärke der elektrischen Stöße in dem
 für den individuellen Fall erforderlichen Grade abgemessen werden
 kann *). —

*) Durch welche Eigenthümlichkeiten in ihrer Wirkung auf den thie-
 rischen Organismus die Magnet-Elektricität zu neuen und
 größern Hoffnungen berechtigt, als den bisherigen Erfahrungen nach die
 Reibungs- und Berührungs-Elektricität erfüllen zu können schien, darüber
 weiß man noch nichts Bestimmtes. Indessen fehlt es nicht an Aerzten,
 welche, von der Heftigkeit der Erschütterungsschläge des magneto-elektrischen
 Rotations-Apparates überrascht, den Besitz desselben als eine unentbehrliche
 Vermehrung ihres Heilapparates ansehen, darüber Elektricitätsmaschine und
 Volta-Säule — wie einst die Perkin'schen Traktoren — der Vergessen-
 heit gern überlassen und, einzig und allein der quantitativen Kraft ihrer
 Maschine vertrauend, sich derselben als einer besondern Heilpotenz in den
 verschiedensten Krankheitsformen bedienen — auf die Gefahr hin, nach
 einiger Zeit dieselbe eben so unbefriedigt wieder verlassen zu müssen, wie
 andere heroische Heilmittel, mit denen man vergeblich Wunder zu erreichen
 gedachte, weil man entweder ihren Werth überhaupt überschätzte, oder
 deren spezifisches Wirkungsvermögen nicht der nöthigen Aufmerksamkeit

Da man bei manchen chemischen Versuchen, z. B. bei der Zersetzung des Wassers, und bei dem Laden einer Leidner Flasche eines anhaltenden Stromes von derselben Art oder Richtung bedarf, an den magneto-elektrischen Maschinen aber, wo durch Rotation eines Magnetes im schnellen Wechsel bald der eine, bald der andere Pol desselben mit dem nämlichen Schenkel des Ankers in (vorübergehende) Berührung kommt, und durch diesen Wechsel auch abwechselnd momentane Ströme in entgegengesetzter Richtung entstehen, welche sich in ihren Wirkungen vernichten: so können die genannten Wirkungen mit dergleichen Apparaten nur dann erhalten werden, wenn die von der Drahtspirale des Ankers ausgehenden Leitungsdrähte so geordnet sind, daß sie den Strom in dem Augenblicke unterbrechen, wo der entgegengesetzte eintreten will, und dann den ersten wieder herstellen. An den vollkommenen Induktions-Apparaten ist daher, um fortdauernd einen gleichnamigen Strom zu bekommen, eine besondere Vorrichtung, der Gyrotrop (von $\gamma\upsilon\omicron\sigma$, Kreis, und $\tau\acute{o}\tau\omega$, ich wende) oder Commutator, Inversor genannt, angefügt, durch welche die magneto-elektrische Kette schnell hinter einander periodisch geöffnet und geschlossen, und bei jedesmaliger Schließung der Strom umgekehrt wird, so daß die entgegengesetzten Funken gar nicht erscheinen, sondern der Strom ununterbrochen nach der nämlichen Richtung fortfließt. Mit Hilfe einer solchen Einrichtung wird es dann möglich, bei der Zersetzung des Wassers die gasförmigen Bestandtheile desselben isolirt an jedem in dieses getauchten Drahte aufzufangen, während außerdem Drygen und Hydrogen vermischt emporsteigen. Der Gyrotropen und Commutatoren sind mehrere erfunden worden. August, der statt des erstern Namens die Benennung Rheotrop vorschlägt (weil nicht die Bahn, sondern der Strom in der Bahn umgewendet wird), beschreibt eine Vorrichtung dieser Art, die auch ohne Figur verständlich ist und aus einem horizontal liegenden Kupferringe besteht, dessen metallenes Continuum an zwei diametral sich gegen-

würdigte. Ob durch Neeffs Erfindung des Wligrades, durch welches die Wirksamkeit der galvanischen Säule und, bei gleichzeitigem Gebrauche eines Induktions-Multiplikators, selbst einer einfachen galvanischen Kette (§. 95.) in medicinischer Hinsicht so bedeutend erhöht werden kann, der Gebrauch magneto-elektrischer Apparate in den Händen der Aerzte beschränkt werden wird, wird die Zukunft lehren.

über liegenden Stellen durch eingesezte Glasstücke unterbrochen ist, und innerhalb welchen der mit Drahte umgebene Anker an vertikaler Achse rotirt, so daß die beiden Enden seiner Drahtumwindung mit Reibung an dem Kupferringe vorüber streifen. Der Kupferring selbst steht mit zwei Quecksilbernäpfchen durch Drähte in Verbindung, in welche die durch Induktion erregte Elektrizität vermittelst des Kupferinges und der Drahtenden des Ankers abgeleitet wird. Wenn letztere bei der Umdrehung des Ankers an den Glasstellen des Ringes vorüberstreifen, wird der elektrische Strom eine kurze Zeit aufgehoben, und dadurch bewirkt, daß in den einen Quecksilberbehälter nur positive, in den andern nur negative Elektrizität sich entladet. Den einfachsten und dem Zwecke am vollkommensten entsprechenden Commutator hat Jakobi, und einen auf ähnlichen Principien beruhenden (wegen der Schnelligkeit, mit der damit der elektrische Strom abgebrochen und wieder hergestellt werden kann, unter dem Namen „Blitzrad“) Neeff angegeben. Der von Jakobi erfundene ist in Fig. 43. b abgebildet und S. 90. beschrieben worden. Für magneto-elektrische Versuche wird derselbe aber dahin abgeändert, daß die Zahl der hebelartig gestalteten Kupferstreifen, deren dort vier auf der Peripherie der Commutatorscheiben spielen, noch um zwei eben so eingerichtete vermehrt ist, welche mit ihrem kurzen Theile ebenfalls in besondere Quecksilbergefäße eintauchen, wovon der erste aber mit seinem längern Arme, statt auf dem Rande einer Scheibe, auf der Kupferröhre zwischen der ersten und zweiten Scheibe, und der andere ebenso auf der Kupferröhre zwischen der dritten und vierten Scheibe leicht beweglich ruht. Die Drähte **NO**, welche an der den Commutator tragenden Achse zu diesem führen, sind weg zu denken. In die Quecksilbergefäße **a** und **c** kommen aber, wie dort, die amalgamirten Enden derjenigen Drähte, durch welche der elektrische Strom entladen werden soll, und in die beiden, in der Zeichnung vermißten, Quecksilbergefäße der eben beschriebenen Kupferstreifen, welche auf den Kupferröhren hingleiten, die beiden Enden desjenigen Drahtes, in welchem der Strom umgekehrt werden soll. Wird die Achse mit den Scheiben gedreht, so ist klar, daß diese die elektrische Strömung nur durch diejenigen Kupferstreifen fortleiten können, welche eben den metallischen Rand berühren, und daß die Leitung derselben durch diejenigen Streifen unterbrochen wird, welche über das nicht leitende Ein-

fahstück hinweggleiten. Die Umdrehung des Instruments wird durch eine Handhabe bewirkt, die in 1 Sekunde leicht zwei Mal den Umlauf macht, wodurch die Umkehrungen sehr vervielfacht werden können.

— Neeffs Blihrad (Fig. 50.) besteht nur aus Einer Kupferscheibe, $1\frac{1}{2}$ Linien dick und $6\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser, welche nicht in vertikaler, sondern in horizontaler Richtung vermittelst einer in ihrer Mitte unten angelötheten vertikalen kuppernen Achse sich dreht, welche 3 Z. hoch und 3 bis 4 L. dick ist, und durch einen Bügel von Messing in ihrer aufrechten Stellung erhalten wird. Das Fußgestelle, ein viereckiges Brett, über welchem das Rad sich befindet, hat in der Mitte eine mit Kupfer ausgelegte und mit Quecksilber angefüllte Grube, in welcher das untere konisch geformte Ende der Achse spielt. Auf der Oberfläche der Kupferscheibe selbst sind an der Peripherie in der Richtung der Radien 36 Stücke von einer isolirenden Substanz, jedes 10 L. lang und 3 bis 4 L. breit, eingefügt, und zwar so nahe an einander, daß zwischen ihnen nur ein 2 bis 3 L. breiter Zwischenraum, der von dem Kupfer ausgefüllt ist, sich befindet. In der Zeichnung sind der Deutlichkeit wegen nur 18 Einsatzstücke dargestellt. Der andere Haupttheil der Maschine ist ein 7 L. breiter und $\frac{1}{2}$ L. dicker senkrechter Kupferstreifen, welcher seitwärts auf dem Fußbrette befestigt und oben in einen Winkel umgebogen ist, mit welchem er auf der Peripherie der Kupferscheibe ruht. Wird die Scheibe gedreht, was mittels eines nahe in der Mitte derselben angebrachten Knopfes geschieht: so gleitet sie abwechselnd mit den isolirenden Einsatzstücken und den zwischen diesen befindlichen Kupferbrücken unter dem gebogenen Ende des Kupferstreifens hin. Es springt in die Augen, daß, wenn während des Umdrehens der eine Pol eines elektrischen Apparates mit der Achse der Scheibe (am bequemsten durch leitende Verbindung mit dem Quecksilber der Pfanne, in welcher jene sich dreht) und der andere mit dem senkrechten Kupferstreifen in leitender Verbindung ist, der elektrische Entladungskreis bei jeder Umdrehung der Scheibe 36 Mal geschlossen und geöffnet wird. Dreht man die Scheibe schneller, z. B. 4 Mal in 1 Sekunde, so werden diese abwechselnden Schließungen und Öffnungen in demselben Verhältnisse vermehrt, so daß man deren leicht in 1 Minute gegen 10,000 erhalten kann. Wegen dieser raschen Abwechslungen kann man sich bei therapeutischen Zwecken des Instrumentes mit großem Vortheil

bedienen, um die Wirkung galvanischer Säulen auf die Nerven zu erhöhen und zu vervielfältigen, wenn man diese auf eine passende Art in den Entladungskreis einschaltet. Die Entladungsschläge treffen, bei einigermaßen rascher Umdrehung der Scheibe, den Körper mit solcher Schnelligkeit, daß die Muskeln eben so heftig und krampfhaft zucken, wie bei der Anwendung einer magneto-elektrischen Rotationsmaschine nach der von Ettingshausen angegebenen Einrichtung. (S. 98.) Der Anwendung des Blitzrades für magneto-elektrische Entladungen, namentlich zur Herstellung einer continuirlichen magneto-elektrischen Kraftäußerung ist S. 95. gedacht worden. — Eine besondere Art von Gyrotropen wird noch von August angeführt, um bei Elektromagneten die Umkehrung des Stromes ohne Verlegung der Zuleitungsdrähte zu bewirken (in Fischers Lehrb. der mech. Naturl., bearb. v. Dr. F. C. August, Berl. 1840, Bd. 2, S. 230.) und ein anderer von Pohl (in Pogg. Ann. Bd. 34, S. 185.), den er an seinem hydro-elektrischen Apparate für die durch diesen inducirte Elektrizität erfunden hat.

§. 98.

Stärkster magnet-elektrischer Rotations-Apparat von Ettingshausen's. Rieß's, Saxton's und Clarke's Maschinen. Allmähliche Kraftverminderung der magnet-elektrischen Apparate. Mittel, ihr wider aufzuhelfen.

Mit weit mehr Bequemlichkeit, als die Pyri'sche Maschine gewährt (S. 96.) und auf eine weniger kostspielige Art wird in einigen magneto-elektrischen Apparaten ein fast continuirlicher Strom von Funken dadurch erzeugt, daß nicht der Magnet, sondern der Anker, der zugleich eine andere Gestalt hat, mittelst eines Schwungrades vor den Polen des Magnets vorüber schnell um eine Achse gedreht wird. Auf diese Weise ist der bis jetzt bekannte stärkste Rotations-Apparat des Professors von Ettingshausen eingerichtet, der sich besonders zum Gebrauch für Aerzte eignet, und der in etwas abgeänderter Form in der neuesten Zeit von dem Professor Keil (aus München), dem als Besitzer eines Geheimnisses in Verfertigung künstlicher Magnete von starker Ziehkraft dem

Publikum bekannten Reisenden *), in mehreren großen Städten Deutschlands gezeigt wurde, — dessen Einrichtung aber außerdem von verschiedenen Mechanikern bald auf diese, bald auf jene Art verändert worden ist. Figur 51, a und b, geben eine Ansicht des Apparates im Aufsicht und von oben nach der möglichst vereinfachten Anordnung, nach welcher ihn der Hofmechanikus Bogenhard (in Weimar) fertigt **). AA ist ein horizontal liegendes starkes magnetisches Magazin in Hufeisenform, das aus sieben, 12 Z. langen und verhältnißmäßig breiten, fein polirten Stahlmagneten besteht, welche mit den gleichnamigen Polen über einander geschichtet sind, durch drei Schrauben aaa in ihrer Lage fest gehalten werden und auf zwei hölzernen Füßen ff (Fig. 51. a) ruhen, welche auf dem hölzernen Gestelle gg errichtet sind. Die mittlere Lamelle ist stärker als die übrigen, und ragt nebst zwei benachbarten Lamellen mit ihren Polen schnabelartig vor den andern vor ***). Der Anker besteht aus einer läng-

*) Aus einer Nachricht in Hufeland's Journ. d. pr. Heilkunde, Bd. 80, St. 1, S. 86 ist ersichtlich, daß Prof. Reil schon im Jahre 1827 im Besitze des Geheimnisses, starke künstliche Magnete zu fertigen, war, und daß er dieses gegen Erlegung einer entsprechenden Entschädigung den dasselbe Wünschenden mittheilte. — Den sehr kräftigen magnet-elektrischen Rotations-Apparat desselben hatte der Verfasser, während seines Aufenthaltes in Weimar im Jahre 1839, Gelegenheit zu sehen, wo derselbe auch einige andere feine elektro-magnetische nach eigener Angabe gefertigte Apparate mit sich führte.

***) Die hier beschriebene Rotations-Maschine ist die stärkste unter denen, welche bis jetzt der genannte Künstler gearbeitet hat und welche zu prüfen der Verfasser Veranlassung hatte. Seine Einrichtung läßt nichts zu wünschen übrig. Er kostet gegen 100 Thlr. — ein Preis, der bei der Genauigkeit und Feinheit, mit der alle Theile des Instrumentes gefertigt sind, und bei dem anständigen und eleganten Aeußern desselben, das in der Zeichnung nicht wiedergegeben werden konnte, sehr gering erscheinen muß. Zu ebenso billigen Preisen und mit derselben Sachkenntniß werden in dem Atelier des Hrn. Bogenhard auch alle andern in das Gebiet der Experimental-Physik einschlagenden Apparate geliefert. Einer Empfehlung verdienen hier besonders noch ihrer starken Ziehkraft willen dessen Elektromagnete (mit Robert'scher Zinkeisenkette).

****) Man glaubt gewöhnlich, durch die Einrichtung, daß man an den zu magnet-elektrischen Maschinen genommenen magnetischen Batterien die mit-

lichten viereckigen Platte von ganz weichem Eisen **BB** (F. 51. a. u. b), an welcher zwei kurze massive Cylinder **h h**, die an ihren Quersflächen

telste Lamelle (oder drei derselben in der Mitte) schnabelartig vor den übrigen mit ihren Polen hervorragend läßt, die Wirkung derselben zu unterstützen; indem man von der Idee ausgehen scheint, daß hierdurch, wie bei der Armirung natürlicher Magnete, die magnetische Kraft sämtlicher Lamellen auf eine kleinere Fläche concentrirt und dadurch in ihrer Aeußerung verstärkt werde; (§. 57.) — allein die Erfahrung lehrt das Gegentheil, und, daß das Maximum der Ziehkraft zusammengesetzter Magnete nur dann erreicht wird, wenn alle Lamellen dieselbe Länge haben und mit ihren Polflächen in Einer Ebene liegen. Der Verfasser kennt selbst unter mehreren guten Rotations-Maschinen, an denen die einzelnen Magnete nach dieser Manier geordnet sind, eine in den Händen eines Dilettanten, welche nur aus fünf gleich langen magnetischen Lamellen besteht, die aber fast von derselben Stärke ist, wie die oben beschriebene mit 7 Lamellen — ohne daß die Wirksamkeit derselben etwa durch eine größere Zahl von Drahtwindungen oder sonst vollkommnere Einrichtung bedingt wird. Dr. Böttger, der sich seit Jahren mit der Anfertigung starker Stahlmagnete bemühte, spricht (in Pogg. Ann. 1840, No. 5.) dieser Erfahrung das Wort, indem er hinzufügt, daß, wenn dergleichen zusammengesetzte Magnete benutzt werden sollen, der anzusetzende Anker so abgeschliffen werden müsse, daß er in allen Punkten an den Polflächen der einzelnen Magnete recht innig anschließt; und macht bei dieser Gelegenheit auf zwei andere wichtige Umstände, die auf die Ziehkraft zusammengesetzter Magnete influiren, aufmerksam. Der eine betrifft die Stärke der einzelnen Lamellen. Magnete aus vielen dünnen, höchstens 2 Par. Linien starken, Lamellen sollen wirksamer seyn, als Magnete mit nur wenigen aber dicken Lagen; und zwar aus dem Grunde, weil dünne Lamellen sich besser und gleichmäßiger härten lassen und deshalb einen stärkeren und dauernderen Magnetismus annehmen, als dickere, welche zugleich das Unangenehme haben, daß sie beim Härten sich sehr leicht verziehen. Der zweite Punkt gilt der gegenseitigen Berührung der einzelnen Lamellen des zusammengesetzten Stahlmagnetes. Er tabelt die hergebrachte Meinung, nach welcher die einzelnen Lamellen sich in allen Punkten ihrer Oberflächen genau berühren und sich gegenseitig decken sollen, und will, um des größten Effektes gewiß zu seyn, die einzelnen Lagen durch dazwischen gelegtes Wachs-papier absichtlich von einander getrennt wissen. Von der Wichtigkeit dieser Ver-

runde vorstehende Eisenplatten *c c, c c* tragen, angeschraubt sind — und befindet sich dem Magnete so gegenüber, daß die vordern Eisenplatten den beiden Magnetpolen fast bis zur Berührung nahe sind. Um jeden der massiven Eisencylinder, welche die Schenkel des Ankers bilden, liegt ein Knäuel von 8—900 Umwindungen aus dünnem, durch Ueberspinnen mit Seide isolirtem Kupferdrahte. Die beiden von Seide eine kleine Strecke entblößten Drahtenden eines jeden Drahtknäuels sind mit den gegenüber befindlichen des andern durch einen Knoten zusammengeschürzt und dadurch in metallischer Berührung mit einander. In Fig. 51. b sind diese beiden Drahtverbindungen (bei dieser Stellung des Ankers der eine oberhalb, der andere unterhalb der gleich zu beschreibenden Spindel *D*) durch Punkte angedeutet. In seiner Lage wird der Anker durch eine horizontale, zwischen den Schenkeln des Hufeisenmagnets liegende Spindel *D* erhalten, welche in der Mitte der Ankerplatte *BB* eingeschraubt ist, mit ihrem andern Ende an einer stählernen Spitze *d* (Fig. 51. b) spielt, und an zwei Stellen ihrer Länge durch zwei auf das Fußgestell *g g* (Fig. 51. a) aufgeschraubte starke messingene Träger *h h* unterstützt wird. An die Spindel ist ein Würtel von Buchsbaumholz *k* (Fig. 51. b) angeschraubt, der durch eine endlose Schnur mit einem messingenen Schwungrade *ll* (Fig. 51. a) verbunden ist, welches an einer starken, auf dem Fußgestelle vertikalen Säule von Messing *E*

hältniße soll man sich leicht überzeugen können, wenn man sich einen kleinen Magneten aus Uhrfedern fertigt, jede Feder durch Papier von der andern absondert, ihn sodann genau abwägt und hierauf seine Tragkraft mit der eines andern Magnetes vergleicht, der eben so schwer ist, aber aus weniger und dickern Lagen, zwischen die kein Papier geschoben ist, zusammengesetzt ist. — Mullins stellt die Behauptung auf, daß die Kraft der magnet=elektrischen Maschinen erhöht werde, wenn der Bogen an den einzelnen Hufeisen abgeschnitten und die Stelle desselben durch ein gleichgeformtes angesehtes Stahlstück ersetzt würde; allein Ritchie widerlegt dieses durch das Faktum, daß zwei senkrecht stehende gerade Magnetstäbe, die eben so stark magnetisirt sind, als ein Hufeisen, auf den darüber an einer Wage schwebenden Anker viel weniger kräftig wirken, als dieses, und pflichtet der Behauptung Mullins nur für den Fall bei, wenn, wie häufig, die Hufeisenmagnete nur an den Enden gehärtet seyen.

in vertikaler Ebene sich bewegt. Auf dem Kopfe der Säule ist eine Schraube *m* befindlich, um das Zapfenlager des Schwungrades, wenn der Schnurlauf angespannt oder erschlafft werden soll, höher oder tiefer zu rücken; durch eine zweite horizontal wirkende Schraube *n* wird der konische Zapfen des Rades im Lager erhalten. Die Säule ist unten durchbrochen, um die Spindel *D* durch sich zu lassen. Eine schraubenförmige Vorrichtung in *o* (Fig. 51. *b*) dient dazu, die Spitze *d*, an welcher das hintere Ende der Spindel läuft, nach Bedürfnis, der ihr entsprechenden kleinen Pfanne der Spindel zu nähern oder aus ihr zu entfernen. Durch Drehen an der Kurbel des Schwungrades kann der Anker mit seinen Drahtwindungen in sehr schnelle Rotation versetzt werden, wodurch (ähnlich wie in dem Pyri'schen Apparate die Polflächen des Magnets) die Schenkelflächen des Ankers eben so schnell an den Polflächen des Magnets vorbeistreichen, und so in dem Anker durch magnetische Vertheilung wiederholt der nämliche und entgegengesetzte Magnetismus, und durch diesen wiederum in den Drahtwindungen eben so oft gleiche und entgegengesetzte Electricität inducirt wird. Um die Gegenwart der letztern durch Funkenströme sichtbar zu machen, ist weiter an die Ankerplatte *BB* ein messingener Bügel *pp* angeschraubt, von dessen Mitte ein Stift von Argentan *r* horizontal (in die Verlängerung der Spindel fallend) abgeht, über den ein Glasröhrchen und dann eine Hülse von Argentan geschoben ist. An dem Stifte sowohl als an der Argentanhülse sitzt eine aus zwei halbkreisförmigen und an der Peripherie zugeschärften eisernen Scheibchen, in der Weise wie Fig. 51. *c* es zeigt, zusammengesetzte Scheibe *t* und *t*, welche beide in Quecksilber spielen, das in einem besondern, mit einem abnehmbaren Deckel versehenen hölzernen Kästchen *C*, welches durch einen Schied in der Mitte in zwei Kammern *v* und *v* abgetheilt ist, sich befindet. Diese Scheiben sind es, welche den magneto-elektrischen Strom reguliren, indem sie durch zwei gebogene Drähte von Argentan *ww*, von denen der eine an dem oben genannten Stifte, der andere an der darüber geschobenen Hülse sitzt, mit den Enden des um die Schenkel des Ankers liegenden Drahtknäuels in leitender Verbindung stehen — welche Verbindung dadurch bewirkt ist, daß ein jeder der beiden Argentandrähte in den Knoten, welcher je zwei der Drahtspiralen-Enden vereinigt, mit seinem blank geschabten Ende eingeschoben ist. Durch diese Drahtverbin-

dungen mit den metallenen Scheibchen wird die inducirte Electricität, in einem mit der Stärke des Hufeisenmagnets und der Zahl der Drahtumwindungen des Ankers im Verhältniß stehenden Grade, in das Quecksilber, das hier bloß als gut leitende Flüssigkeit dient, fortgeführt und dadurch, daß bei der Drehung des Ankers, sobald ein Einschnitt *q* (Fig. 51. e) der Scheibchen aus dem Quecksilber herausgehoben wird, auch der elektrische Strom (bei jeder Rotation zwei Mal) unterbrochen wird, ein elektrischer Funke über der Quecksilberfläche hervorgelockt. Um diesen sehen zu können, ist der Deckel des Kästchens *C* oben mit Glas verschlossen, und damit bei dem Gebrauche der Maschine kein Quecksilber aus dem Kästchen nach außen dringe, an dem Argentanstift, da wo er in das Kästchen eingeht, eine kleine Scheibe von Wallroszahn angebracht, die sich an eine auf diese Stelle des Kästchens angeleimte Scheibe von feinem Leder anschmiegt. Die erste Scheibe ist in der Figur 51. a und b bemerkbar. An beiden Seiten des Quecksilberbehälters *C* sind metallene Haken eingesetzt, von denen der diesseitige *i* (Fig. 51. b) in das Quecksilber der linken, der jenseitige *s* in das der rechten Kammer desselben hineinreicht. In diese Haken werden die beiden Schließungsdrähte *z* und *z*, welche aus dicken geflochtenen Goldschnüren bestehen, und an den äußern Enden zu besondern (physiologischen) Zwecken mit starken kupfernen (massiven oder hohlen) Cylindern versehen werden, eingehängt. Um bei der Handhabung dieser Schnüre die Maschine nicht zu bewegen, sind sie auf jeder Seite um ein kleines Säulchen von Ebenholz geschlungen, von denen in der Zeichnung nur das vordere *y* (Fig. 51. a) sichtbar ist. — Die Funkenströme zeigen sich, wenn die Maschine schnell gedreht wird, mit solcher Licht-Intensität, daß das Auge den Glanz derselben kaum erträgt; und in gleichem Verhältnisse stellen sich auch die übrigen, physiologischen und chemischen Wirkungen derselben energisch dar. Wenn die Pole des Magnets durch Aufsetzen eines Ankers von weichem Eisen, *u* in der Figur 51. a, mit einander verbunden werden, so äußert sich die Wirkung des Apparates in schwächerem Grade — was sich aus S. 64. ohne Schwierigkeit erklären läßt.

Einen zu den meisten magnet-elektrischen Versuchen anwendbaren und seiner Einfachheit wegen empfehlungswerthen Apparat, durch den mittelst eines dreifachen Magnets von 14 Pfd. Tragkraft sehr

empfindliche Stöße ertheilt werden, hat Nieß angegeben und beschrieben in Dove's Repert. Bd. 1, S. 311. Nächst ihm verdient sodann noch einer rühmlichen Erwähnung der Rotations-Apparat Sarton's, in welchem, wie in dem v. Ettingshausenschen, der Anker, welcher aus vier mit isolirtem Draht umwundenen und an einem eisernen Kreuz befestigten Cylindern besteht, ebenfalls mittels Rad und Schnur vor dem aus zwölf horizontal liegenden platten Hufeisen zusammengesetzten Magnete vorübergeführt wird. Er wurde später von Clarke und Ritchie abgeändert, welcher letztere damit noch einen Apparat verband, um ein Gemenge von Wasserstoff und Sauerstoff durch den magneto-elektrischen Funken zu detoniren. In der Clarckschen Maschine sieht der sechslamellige Hufeisenmagnet mit den Polen nach unten gekehrt senkrecht, und der nur zwei Cylinder habende Anker rotirt an der Seite der letztern vorüber. Die Leistungen dieser Apparate sind nicht minder groß als die des Ettingshausenschen. Pogg. A. Bd. 39, S. 401 u. ff.

Ein unvermeidlicher und lästiger Uebelstand an allen magnet-elektrischen Maschinen ist, daß die dazu verwendeten Magnete durch das öftere Vorübergleiten (Abreißen) des Ankers an ihren Polen, und weil sie in Hinsicht auf ihre Ziehkraft lange Zeit unbeschäftigt liegen bleiben, allmählich sehr von ihrer magnetischen Kraft verlieren (S. 58.), wodurch die Wirksamkeit der Maschine herabgesetzt wird. Um dieser wieder aufzuhelfen, ist man genöthigt, den Magneten von Zeit zu Zeit ihre verlorne Stärke wieder zu ersetzen. Man bewirkt dieses

1) entweder durch wiederholte Magnetisirung mit einem Elektro- oder mit einem gewöhnlichen starken Streich-Magnete (S. 80.), oder

2) dadurch, daß man dem Magnete mittels eines angelegten Ankers allmählich wieder mehr Gewicht zu tragen giebt (S. 58.), oder

3) dadurch, daß man, wenn der Magnet aus mehreren Lamellen besteht, die Kraft derselben durch wechselseitiges Streichen neuerdings verstärkt (S. 64. u. 65.), oder endlich

4) in Ermangelung eines temporären oder gewöhnlichen Streichmagnets, und weil das zweite Verfahren, wegen der bei einem Uebermaße der eingehängten Last oder bei einer zufälligen Erschütterung leicht erfolgenden Abreißung des Ankers und dadurch herbeigeführten abermaligen Schwächung der magnetischen Kraft, in seinem Erfolge unsicher (§. 58.), das letzte Verfahren aber wegen des damit verbundenen Zeitaufwandes wenigstens sehr unbequem ist — nach Munké dadurch, daß man an den Grundflächen der einzelnen Lamellen 'und eben so auf die Seitenflächen derselben (um die Pole herum) nach und nach immer mehr Anker von weichem Eisen aufsetzt, bis zuletzt die Anker auf ihnen genähertes Eisen keine Anziehung mehr äußern, wo dann diejenigen von ihnen zuerst langsam zur Seite wieder abgezogen werden, welche am weitesten von den Polflächen entfernt liegen *).

§. 99.

Telegraphie mittels elektro-magnetischer und magnet-elektrischer Ströme. Physiologischer Telegraph.

Eine nützliche Anwendung von der Magnet-Electricität sowohl als von dem Elektro-Magnetismus sucht man gegenwärtig in England bei der Fernschreibekunst (Telegraphie) zu machen. Bei der Mangelhaftigkeit der gewöhnlichen, auf die Schnelligkeit der Bewegung des Lichtes sich gründenden Vorrichtungen (der sogenannten optischen Telegraphen), die in der Nacht und bei trüber Witterung auch am Tage fast ganz unbrauchbar oder wenigstens unzuverlässig sind, und außerdem den Fehler haben, daß bei ihnen viele Zwischenstationen sich nöthig machen, wodurch ein übertriebener Kostenaufwand verursacht, und; der Zweck einer möglichst schleunigen Correspondenz

*) Es soll durch die zuletzt beschriebene Methode die frühere Kraft der Magnete völlig wieder hergestellt werden können. Sie scheint aber vor der Fortmagnetisirung der einzelnen Lamellen, bei dem leicht zu erwerbenden Besitze eines Elektromagneten, abgesehen davon, daß sie den Gebrauch von einer Menge weiter nicht zu brauchender Anker erfordert, nichts voraus zu haben, da sie fast eben so mühsam ist, und einen eben so großen Zeitaufwand in Anspruch nimmt, als jene — wie denn auch der Erfinder derselben selbst gesteht, daß er durch Erfahrung darüber, wie viel Zeit die Herstellung der frühern Kraft der Magnete bei diesem Verfahren erfordere, noch nicht belehrt worden sey.

vereitelt wird — mußte der von Ampère ausgegangene Vorschlag hierzu eine um so bereitwilligere Aufnahme finden, als auch vorher wiederholte Unternehmungen, das elektrische Fluidum zum Träger der Gedanken zu machen und durch die vermittelt unter der Erde fortgeführter Drähte bewirkte Fortleitung des Funkens einer gewöhnlichen Elektrisirmaschine (der an dem entfernten Beobachtungsorte entweder durch Entzündung einer mit Knallluft geladenen Pistole oder durch die Lichterscheinung in einer mit verdünnter Luft gefüllten Flasche, oder endlich auch durch Erleuchtung der auf einer Glasaufstellung durch unterbrochene Staniolbelegung dargestellten Buchstaben Signale gab), Nachrichten schneller, als mit optischen Telegraphen geschehen kann, in die Ferne zu bringen *) — wegen der Schwierigkeit in der vollkommenen Isolirung der Metalldrähte, wieder aufgegeben werden mußten. Der Vortheil, den der inducirte oder galvanische Strom vor dem der Reibungs-Electricität zum Telegraphiren gewährt, liegt

*) Die Schnelligkeit, mit der die Bewegung des elektrischen Funkens erfolgt, ist nicht minder groß als die des Lichtes überhaupt, und in Bezug auf die durch Kunst hervorgebrachten allerschnellesen Bewegungen so groß, daß diese gegen die seinige ganz verschwinden. Wheatstone stellte hierüber belehrende Experimente an. Bekanntlich erscheint eine Scheibe von Pappe (eine sogenannte Farbenspindel) — die man mit den sieben milden Farben des Regenbogens oder des prismatischen Sonnenbildes sektorenweise so bemahlt hat, daß (von den 360 Graden ihres Kreisumfangs, nach der Größe der Ausdehnung, welche nach Newton jede der sieben Farben in dem Regenbogen oder in dem durch Brechung in einem Glasprisma erhaltenen farbigen Sonnenbilde hat) ein Ausschnitt von 45° roth, der nächste von 27° orange, der folgende von 48° hellgelb, weiter der nächste von 60° grün, der darauf folgende von 60° hellblau, der vorletzte von 40° dunkelblau, und der mit diesem und dem rothen zusammenstoßende von 80° violet enthält — wenn man sie (nachdem sie zu diesem Zwecke mit ihrer durchbohrten Mitte auf einen dünnen Stift gesetzt worden ist), durch einen Schlag in der Richtung der Tangente in eine schnelle drehende Bewegung bringt, nicht mehr in den bunten Farben, womit sie bemahlt ist, sondern weiß (weißgrau), weil die Eindrücke, die die einzelnen Farben auf das Auge machen, wegen der Schnelligkeit der Bewegung, in dem Auge zusammenfließen. Erleuchtet man sie aber während ihrer Umdrehung durch den elektrischen Funken, den man aus dem Conduktor einer Elektrisirmaschine auf sie schlagen läßt: so scheint sie einen Augenblick still zu stehen, und jeder farbige Sektor derselben er-

zunächst darin, daß die Isolirung der Leitungsdrähte bei ersterem wegen der geringern Spannung der Elektrizität und wegen ihres daherigen geringern Bestrebens, sich seitwärts zu entladen *), leichter (schon durch Umwicklung derselben mit Seidenfäden, S. 76. u. 92.) bezweckt werden kann; ein zweiter aber darin, daß, weil wegen der wenigen Umstände, die mit der Isolirung verknüpft sind, eben so leicht mehrere Drähte neben einander hin von Station zu Station geführt werden können, mehr Mannigfaltigkeit in die Signale gebracht werden kann. — Die Signale selbst werden bei dem elektro-

scheint einzeln und deutlich in der ihm durch das Pigment gegebenen Färbung, wie im Ruhestande der Spindel. Eben so zeigt sich ein Wagenrad, welches sich so schnell dreht, daß seine Speichen nicht mehr sichtbar sind — wenn es durch einen Blitzstrahl erleuchtet wird, einen Augenblick mit allen seinen Speichen deutlich, als wenn es gar nicht umgedreht würde — was nur daraus erklärlich ist, daß das Licht des Blitzes erschienen und wieder verschwunden ist, ehe noch das Rad trotz seiner schnellen Bewegung einen bemerkbaren Raum zu durchlaufen Zeit gewinnen konnte.

*) In Faraday's neuestem Trogapparate wird die Elektrizität von 40 Plattenpaaren durch ein einfaches mit Wachs getränktes Papier isolirt, und Ermann fand bei Versuchen, die er auf der Havel anstellte, die Wirksamkeit eines galvanischen Stromes noch ungeschwächt, den er durch 130 F. und eben so weit frei durch Wasser leitete. Ähnliche Resultate erhielt Wasse bei Versuchen auf der Weser. Eine galvanische Batterie entlud sich durch eine Strecke von 500 F. im Wasser unter dem Gise, und durch einen eben so langen Draht über diesem. Da, er beobachtete die Entladung einer galvanischen Säule durch eine Erschütterung in den Gelenken der Arme, die er empfand, als er einen isolirt in einen Brunnen versenkten Draht mit der einen Hand und den Pol der Säule mit der andern Hand berührte, während ein Leitungsdraht von dem andern Pole der Säule mittelst eines angehängten Gewichtes eben so isolirt in einen andern Brunnen herabgelassen war, welcher 200 F. weit von dem ersten entfernt lag. Gilt. Ann. Bd. 14, S. 32. Demohngeachtet mag es seine Schwierigkeiten haben, den magneto- oder galvano-elektrischen Strom mit Drähten durch so bedeutend große Strecken, als bei dem Telegraphiren verlangt wird, nicht durch die Luft, sondern unter der Erde hin ungeschwächt fortzuleiten. Ob Ueberzüge der Leitungsdrähte mit Caoutchuk, die in England in Vorschlag gekommen sind, eine hinreichende Isolirung derselben in der Erde bewirken können, ist durch die Erfahrung noch nicht ausgemacht. —

magnetischen Telegraphiren an dem Beobachtungsorte durch astatische Multiplikator-Nadeln (S. 75.) gegeben, an deren jeder eine kleine leichte Scheibe von Kartenpapier befestigt ist, die auf jeder Seite mit einem einzelnen Buchstaben bezeichnet ist. Von jedem einzelnen Multiplikator geht ein Leitungsdraht nach der Station, wo der Fernschreiber sich befindet, welcher hier, indem er den einen oder den andern dieser Drähte mit dem Pole einer kleinen galvanischen Kette (nach dem Vorschlage Sömmerrings durch ein Tastenwerk) in Berührung bringt, durch den so erregten elektrischen Strom an dem Orte, wohin eine Nachricht gesendet werden soll, eine Drehung der Nadel eines Multiplikators nach Osten oder Westen und dadurch einen Buchstaben zum Vorschein bringt. Durch eine allgemeine Leitung, die, um die Zahl der Drähte nicht ohne Noth zu vermehren, in einem einzigen Drahte besteht, welcher mit dem zweiten Pole der galvanischen Kette in Verbindung ist, und an dem Beobachtungsorte alle andern Enden der Multiplikatordrähte in sich aufnimmt, wird die Schließung der Kette andererseits bewirkt. Sämmtliche Fortleitungsdrähte werden, in ein einziges Bündel zusammengebunden und mit Firniß überzogen, von einer Station zu der andern unter der Erde hingeführt. Zwischen Cook und Wheatstone ist auf einem Theile der großen westlichen Eisenbahn ein so eingerichteter electro-telegraphischer Apparat im Gange, an welchem zwei taubstumme Knaben die Signale besorgen. In einem andern von Davy in London aufgestellten Modell zu einem elektrischen Telegraphen, dessen innere Einrichtung aber geheim gehalten wird, bestehen die Signale in sämmtlichen Buchstaben des Alphabets, die auf mattgeschliffenes Glas gemahlt und, so lange der Telegraph nicht arbeitet, durch kleine (wahrscheinlich an Magnetenadeln befestigte) Schirme verborgen sind. An einer andern Stelle desselben Zimmers ist die kleine galvanische Batterie und eine Reihe von mit Kupferdrähten verbundenen Tasten befindlich, welche erstere an der Wand des Zimmers hingeführt sind und mit dem Kasten, in welchem die alphabetischen Signale sich befinden, in Communication stehen. Werden die Tasten niedergedrückt, so streicht ein galvanischer Strom durch den Kasten und die betroffenen Buchstaben werden sichtbar. Bei der Schnelligkeit, mit der diese Mittheilungen erfolgen, lassen sich in Einer Minute wenigstens zehn Worte buchstabiren, so daß eine Abkürzung in den Signalen gar nicht nöthig wird. Bei

Anwendung von nur sechs Drähten können nach des Erfinders Angabe mehrere hundert Veränderungen in den Signalen ausgeführt werden. Dabei ist wegen der geringen Intensität des galvanischen Apparates die Isolirung der Verbindungsdrähte äußerst leicht zu bewerkstelligen. — v. Canstadt bringt statt der Buchstaben Zahlen in Vorschlag, die sich auf ein Chiffer-Lexicon beziehen sollen, in welchem die einer jeden Zahl entsprechenden Worte aufgezeichnet sind. Fünf Multiplikator-Nadeln mit eben so vielen Scheiben, von denen die erste auf der einen Seite 0, auf der andern Seite 5, die zweite eben so 1 und 6, die dritte 2 und 7, die vierte 3 und 8 und die fünfte 4 und 9 zeigte, würden eben hinreichend seyn, die telegraphische Correspondenz zu vermitteln. Um zu verhüten, daß bei einer ungewöhnlich starken Wirkung der galvanischen Kette die Nadeln nicht in eine Kreisbewegung um ihre vertikale Achse gerathen (S. 76.), hat der Multiplikator an einer passenden Stelle eine Vorrichtung, welche die Drehung der Nadel über das Maximum ihrer Ablenkung von 90° hinaus verhindert. (S. 75.) v. Froriep, N. Notiz., Nov. 1837. Nro. 75. und Mai 1838, Nro. 120. —

So einfach und leicht ausführbar ein elektromagnetischer Telegraph nach dieser Schilderung scheint, und so günstig die Prüfung seiner Anwendbarkeit im Großen ausgefallen ist, so ist er doch mit einer Unbequemlichkeit verbunden, die daraus entspringt, daß die dabei gebrauchte galvanische Kette nicht immer mit gleicher Stärke wirkt (S. 37. 74.), wodurch leicht Verwirrung in die Signale kommen kann. Es muß daher als eine neue Bervollkommnung der elektrischen Telegraphie betrachtet werden, daß, statt der galvanischen Electricität, die inducirten elektrischen Ströme, welche durch Bewegung des Magnetismus erregt werden, vorgeschlagen worden sind, da diese mit der Zeit keine so merkliche Veränderung ihrer Stärke erfahren. Die erste Idee hierzu gab Gauss in Göttingen. Er gründete diese auf den S. 93. beschriebenen und in Fig. 45. bildlich dargestellten Versuch, bei welchem durch beliebige Bewegungen des Magnetes NS entsprechende Schwingungen des Magnets ns nach entgegengesetzter Seite hervorgebracht werden. Diese Ablenkungen des Magnetstabes (die eine nach Osten, die andere nach Westen) sind die zwei einfachen Signale der magnet-elektrischen Fernschrift, die aber durch die Stärke und Aufeinanderfolge der Ab-

weichungen des Magnetes ohne große Schwierigkeit sich noch vielfältigen lassen. Außerdem können aber auch alle übrigen Arten, inducirte Ströme zu erwecken, zur Vermittelung der Telegraphie nach dieser Methode in Anwendung gezogen werden. Ein besonderer Apparat, in welchem zwei Magnete, zusammen von 50 Pfund Schwere, inducirend wirken, ist ebenfalls von Gauß angegeben worden. Ebenso geschickt als scharfsinnig wußte der Professor Steinheil (in München) die Gauß'sche Idee dahin zu realisiren, daß er durch die in den Multiplikatoren bewegten Magnetstäbe zwei Glocken von verschiedener Tonhöhe zum Klingen bringen, und zugleich auf einem vermitteltst eines sinnreich erdachten Mechanismus von selbst sich aufrollenden Papierstreifen zwei Punkte über einander (den obern durch die Ausweichung des Magnetes nach Osten, den untern durch die nach Westen) darstellen läßt, durch deren gegenseitige Verbindung mit Hülfe gerader Linien die Schriftzeichen von dem Beobachter gebildet werden. Durch den hohen und tiefen Ton der Glocken und den hoch und tief liegenden Punkt auf dem Papiere spricht und schreibt der Telegraph in die Ferne; und es liegt nahe, wie durch kunstgerechte Verbindung der erscheinenden Punkte, und durch passende Beobachtung von Zwischenräumen zwischen den Signalen, die Zeichen von dem Fernschreibenden so vollzogen werden können, daß aus ihnen Worte sich combiniren lassen. Erscheinen z. B. durch die eingeleitete Bewegung des Magnets die elf Punkte (Fig. 52.) hinter einander auf dem Papiere, so sieht man ein, wie durch Verbindung derselben durch gerade Linien den Buchstaben N, U, N, ähnliche Schriftzeichen daraus formirt werden können, indem die vier ersten Punkte das N, die zweiten drei das U und die letzten vier wieder das N geben, so daß die Chiffre durch elf Bewegungen des Magnets das Wort „Nun“ in die Ferne ruft. Die Erfahrung hat die Zuverlässigkeit und Schnelligkeit dieser Gedankenmittheilung in die Weite wiederholt bestätigt. Unter andern wurden bei einem Versuche durch eine Drahtverbindung von 30,000 Fuß Länge, zwischen dem Akademiegebäude zu München und der Sternwarte zu Bogenhausen, in einer Viertelstunde 90 Wörter ohne Abbreivatur geschrieben, — und bei einem andern arbeitete der Telegraph mit solcher Geschwindigkeit, daß die Buchstaben in derselben Zeit zusammengesetzt werden konnten, als ein Schönschreiber sonst bedarf, um die

Buchstaben einzeln auf Papier hinzuzzeichnen. Der Punkte wurden dabei fünf in einer Sekunde executirt, ohne daß von 1000 Signalen eins versagt hätte. August (Fischer, Lehrb. der mech. Naturl. u. s. w. Bd. 2, S. 255.) spricht die Hoffnung aus, daß bei einer dereinstigen Ausführung im Großen vielleicht die Schienen der Eisenbahnen als Neophoren dienen könnten! Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahre 1836, von Gauß und Weber, Gött. 1837. Ueber Telegraphie, besonders durch galvanische Kräfte, von Steinheil; München 1838. N. Gehler, Bd. 9. S. 107.

Durch gewöhnliche Maschinen-Elektricität erzeugte Ströme sind, weil durch sie eine Ablenkung der Multiplikator-Nadel niemals mit der Sicherheit erzielt werden kann, wie durch galvano- und magnet-elektrische (§. 88.), zum Fernschreiben durch Signale mit Magnetstäben nicht wohl tauglich; eben so auch nicht aus gleichem Grunde die thermo-elektrischen (§. 102.) — obschon von Munkke neuerlich die Hoffnung dazu wieder angeregt worden ist. (§. 106.)

In neuester Zeit ist vom Professor Vorsselman de Heer (zu Deventer) ein elektrischer Telegraph erfunden worden, bei welchem von den magnetischen Wirkungen der Elektricität ganz abstrahirt ist, und der physiologische Effect derselben, nämlich der Erschütterungsschlag, das Signal hergiebt. Die elektrischen Stöße werden von dem Beobachter durch die Finger empfangen, welche auf 10 Tasten ruhen, die durch dünne Leitungsdrähte mit eben so viel Tasten, die an der andern Station eingerichtet sind, communiciren. Letztere werden durch den Fernschreiber ebenfalls mit den, durch seidne Handschuhe isolirten, Fingern angeschlagen. Die Tasten treten bei dem Niederdrücken in mit Quecksilber gefüllte Gefäße herab, welche mit den Polen des elektro-motorischen Apparates, der entweder magnet-elektrische oder galvanische Ströme entwickelt und nach der Reizempfänglichkeit der die Signale unterhaltenden Personen verschieden stark seyn muß, verbunden sind. Proben am Modelle haben dem Erfinder die Zweckmäßigkeit seines Telegraphen erwiesen; für den Preis von 100 Gulden verbürgt sich derselbe, in einem telegraphischen Bureau den Apparat im Großen vollständig herzustellen. Voggend. Ann. Bd. 46, S. 531.

IV.
Der Rotations - Magnetismus.

§. 100.

Rotation einer Magnetnadel über einer in Drehung
versetzten Metallscheibe. **Arago.**

Im Jahre 1825 machte der französische Astronom und Naturforscher Arago auf ein besonderes Wechselverhältniß zwischen der Magnetnadel und Elektricitäts - Leitern oder überhaupt solchen Körpern, die sonst keiner magnetischen Polarität für fähig gehalten wurden, aufmerksam, welches sich in seiner auffallendsten Gestalt durch Achsendrehung (Rotation) offenbart und auf eine neue besondere Art hindeutet, wie Magnetismus oder Elektricität auf eine vorübergehende Weise erregt werden kann. (§. 65. 78) Arago entdeckte nämlich, daß eine über einer wagerechten Kupferscheibe ganz nahe aufgehängte Magnetnadel (die, um dem Luftzug allen Einfluß abzuschneiden, in einer Büchse oder in einer an ihrer nach unten gefehrten Oeffnung mit Glas, Holz oder Papier abgesperrten, Glasglocke eingeschlossen ist), sobald man die Kupferscheibe in drehende Bewegung um eine vertikale Achse versetzt, — in der Richtung dieser Bewegung abgelenkt wird und endlich ebenfalls in eine drehende Bewegung kommt *). Bei spätern Versuchen, denen sich nächst Arago be-

*) Um Arago's Versuche zu wiederholen bedient man sich am zweckmäßigsten einer Centrifugalmaschine, auf deren Scheibe man die Kupferscheibe befestigt, oder in Ermangelung der letztern, um mit einer weniger schnellen Bewegung der Scheibe auszukommen, einer Magnetnadel, die

sonders Barlow unterzog, ergab sich, daß nicht allein Kupfer, sondern auch andere vollkommne Elektrizitäts-Leiter, vorzugsweise Eisen, Stahl, Silber, Zinn, Blei, Antimon, Wismuth, Quecksilber, Gold und Kohle, dieselbe Erscheinung geben, Eisen und Stahl sogar in einem noch stärkern Grade, als Kupfer, — daß aber Zink diese Fähigkeit unter den Metallen am schwächsten besitzt. Wenn statt des Papiere, Holzes oder Glases die Basis der Glasglocke mit Eisenblech bedeckt wird, so äußert die Rotation der Scheibe nicht den geringsten Einfluß auf die Ruhe der Magnadel. Die Bewegung der letztern ist außerdem um so schneller, je schneller die Scheibe unter ihr gedreht wird, je näher sich beide an einander befinden und je größer die Masse der letztern ist; auch erfolgt sie leichter, wenn die Nadel bis zu ihrer Sättigung magne-

bei hinlänglich starker magnetischer Kraft doch gegen den Magnetismus der Erde möglichst indifferent ist, und daher schon durch mäßige Rotationen der Scheibe dem Einflusse des letztern entzogen werden kann — also einer astatischen oder neutralisirten. (§. 75.) Besser noch, als diese soll sich, nach Böttger, eine Nadel dazu eignen, die an ihren beiden Enden gleichnamige Polarität hat, an beiden entweder Nord- oder Südpolarität. Man giebt ihr diese entweder durch momentanes Anlegen der Mitte der Nadel an den einen Pol eines sehr kräftigen, nicht unter 50 Pfund ziehenden Magneten, oder, da durch dieses Verfahren die Polarität an beiden Enden nicht immer gleichmäßig stark wird, besser dadurch, daß man sie durch den elektrischen Strom an beiden Enden egal süd- oder nordpolariß macht. Eine solche gleichnamig magnetisirte Nadel soll noch durch mäßig schnelle Rotationen der Kupferscheibe mit fortgerissen werden, wo die der Einwirkung des Erdmagnetismus nicht sehr unterworfenen astatischen Nadeln ihre Stellung der Ruhe nicht leicht verlassen. Die Bereitung derselben hält aber schwer. Dem Verfasser wenigstens gelang es nicht, von vier Nadeln einer einzigen mittelst eines starken hufeisenförmigen Elektromagnetes (dessen Schenkel 7" lang und 1" stark waren) an beiden Endspitzen die zur Bedingung gemachte gleichmäßig starke Süd- oder Nordpolarität zu geben. Durch den elektrischen Strom ertheilt man einer Nadel an den Enden gleiche Polarität, wenn man sie quer über eine platte Spirale (wie Fig. 27.) legt, ohne daß sie jedoch diese berührt und die Elektrizität hindurch führt. Beide Enden der Nadel bekommen dadurch den nämlichen Pol, und die entsprechenden Pole nehmen ihren Stand in der Mitte der Nadel, wie dieß beistehende Figur angiebt $\begin{array}{c} + \quad - \quad - \quad + \\ \hline \end{array}$.

tisiert (S. 64. *) oder astatisch ist. (S. 75.) Bildet die Scheibe keine ununterbrochene Masse, ist sie z. B. sternförmig ausge schnitten oder ist sie nur auf diese Art durchbrochen, so wird der Einfluß derselben auf die Nadel schwächer; so wie er wieder in seiner vorigen Stärke hervortritt, wenn man die Integrität der verstümmelten Scheibe durch Ausfüllen der Lücken (selbst mit einem andern Metalle) oder durch Zusammenlöthen der Einschnitte wieder herstellt. *Annal. d. Ch. et. d. Ph. P. 28. p. 325.* —

Arago wurde zu seiner Entdeckung durch die mehr zufällig gemachte Beobachtung geführt, daß eine in einem kupfernen Ringe aufgestellte Deklinations-Nadel, die er aus dem magnetischen Gleichgewichte schob, viel kleinere Schwingungsweiten (Amplituden) zeigte und ihre Schwingungen weit schneller beendigte, als eine in einem hölzernen Ringe (oder außerhalb eines Ringes in freier Luft) aufgehängte, indem im ersten Falle die Nadel, wenn sie um 90° aus ihrer Ruhelinie entfernt und dann sich selbst überlassen wurde (ohne übrigens an der Gleichzeitigkeit der Schwingungen, dem Isochronismus, eine Störung zu erfahren), nur 33 Schwingungen machte, um zur Amplitude von 10° zurückzukommen, während die in dem hölzernen Ringe aufgestellte erst nach 45 Schwingungen von derselben Dauer aus der Schwingungsweite von 90° bis zu der von 10° überging. Als Arago diese Erscheinung weiter verfolgte, fand er, daß diese hemmende Einwirkung des Kupfers auf die Schwingungen einer Magnetnadel mit Vermehrung seiner Masse zunahm, und bei einer Scheibe noch stärker sich äußerte, als bei einem Ringe; daß sie bei der Anwendung von einem Stabe hingegen nur dann erfolgte, wenn dieser in der Richtung der ruhenden Nadel lag; daß sie ferner um so stärker wurde, je stärker der Magnetismus der Nadel selbst war, und daß sie endlich sich in um so schwächeren Grade zeigte, je weiter die Nadel von dem Kupfer entfernt wurde *). Seebeck und

*) Arago stellte die von Nobili und Bacelli später widerlegte, aber durch die Angaben Seebeck's neuerdings bestätigte Behauptung auf, daß auch alle andern nicht metallischen Körper, selbst schlechte Leiter, als Glas, Marmor, Holz, Harz, Pappe (im trockenen wie im feuchten Zustande) und selbst Wasser denselben coërcirenden Einfluß, wie Metalle, auf die Schwingungen der Nadel ausübten. Er beobachtete z. B., wie

mit ihm Babbage erklärt den Vorgang dieser Phänomene ganz schlicht aus einer Magnetisirung durch Vertheilung, durch welche die Magnetnadel auf die unter ihr befindliche Metallscheibe wirkt, und zu Folge welcher die zunächst liegenden Punkte derselben eine der der Nadel entgegengesetzte Polarität, die weiter liegenden die gleichnamige erhalten, und womit sie durch Rückwirkung die darüber schwingende Nadel festzuhalten streben (S. 62.); wobei unentschieden bleibt, ob dieser durch Vertheilung hervorgerufene Magnetismus durch einen kleinen Antheil von regulinischem Eisen, der dem Kupfer und den übrigen zu den Versuchen angewandten Metallen beigemischt ist, (S. 54. *) oder nur durch eine gewisse derjenigen des Eisens ähnliche Beschaffenheit in der Aggregation der kleinsten Theile (molécules) der Metalle bedingt wird. Eine Beobachtung Barlow's, nach welcher eine gehämmerte Kupferplatte für jene magnetische Einwirkung

eine über einer horizontal gelegten Eisplatte schwebend aufgehängte Magnetnadel bei einer Entfernung zwischen beiden von 21 Linien nach 60 Oscillationen ihre Schwingungen von 53° bis auf 43° verminderte, und als die Nadel der Eisfläche bis zu dem Abstände von $\frac{1}{3}$ Linie genähert wurde, schon nach 26 Oscillationen. Seebeck zählte 116 Schwingungen, bevor die über einer Marmorplatte hängende Nadel von 45° weiten Oscillationen bis zu 10° weiten herunter kam, was gegen die Schwingungen, die eine Nadel über einem Holzringe vollendet, einen Ausschlag von 29 giebt. — Uebrigens wird nicht allein die Zahl der horizontalen Schwingungen einer Nadel, durch die unter ihr liegenden Stoffe in Uebereinstimmung mit obigen Gesetzen und bei ungestörter Gleichzeitigkeit der Schwingungen, auf eine geringere reducirt, sondern auch die der vertikalen pendelartigen Schwingungen derselben. Ein $4\frac{1}{2}$ " langes Magnetstäbchen, das an einem seidnen Faden unter einer $22\frac{1}{2}$ " hohen Glasglocke hing, machte über einer horizontal liegenden Marmorplatte, von der beide Pole des Magnetes $2\frac{1}{2}$ " entfernt waren, in der Zeit von 71 Sek. 55 Tert. 100 Pendelschläge in der Ebene des magnetischen Aequators, wobei das Stäbchen immer im Meridiane gerichtet blieb. Als es dagegen über drei runden 10 " im Durchmesser haltenden Kupferplatten, die zusammen $6\frac{1}{2}$ " dick waren, und zwischen zwei senkrecht stehenden Kupfermassen von 25 □ " Fläche und 8 " Dicke suspendirt wurde, so daß seine Pole von den Kupfermassen überall nur $2\frac{1}{2}$ " entfernt sich bestanden, vollendete es in 72 Sek. 1 Tert. auch nur 100 Pendelschläge, wobei es indessen schon nach 150 Schwingungen zur Ruhe gelangte, während es über dem Marmor erst nach 900 Schwingungen zu ruhen schien.

sich empfänglicher zeigte, als eine ausgeglühte, scheint für die erste Annahme zu sprechen. Es läßt sich aus dieser Vorstellung Seebeck's und Babbage's leicht erklären, warum die Magnetnadel, wenn die Metallscheibe gedreht wird, dieser Bewegung nachfolgt, und warum diese Bewegung der Nadel über einer Scheibe von weichem Eisen (welches für die Annahme einer magnetischen Vertheilung mehr disponirt ist S. 64. *) rascher vor sich geht, als über einer Scheibe von andern Metallen, selbst von Stahl oder von dem sonst so magnetisch gestimmten Kupfer (S. 76.); warum ferner Scheiben (da diese von der ganzen Länge der Nadel magnetisch erregt werden) hemmender auf die Schwingungen der Nadel in Arago's Fundamentalversuche wirken, als Ringe (welche nur von den Endspitzen der Nadel magnetisirt werden und deshalb auch nur auf diese wieder festhaltend zurückwirken) und im magnetischen Meridiane darunter gelegte Stäbe oder Scheiben, deren Durchmesser kleiner ist als die Längsachse der Nadel, und die daher nur von der Mitte derselben (dem magnetischen Indifferenzpunkte nahe) afficirt werden; warum die Hemmung der Nadel und die Drehung derselben mit Vermehrung der Platten, oder mit der Dicke der einzelnen Platte (jedoch nur bis zu einer gewissen, durch die magnetische Stärke der Nadel bestimmten, Gränze) zunimmt, nicht aber, wenn die Ausdehnung der Platten über die Länge der Nadel sich hinaus erstreckt (da der, über den von der schwingenden Nadel beschriebenen Kreisumfang, hervorragende Theil der erstern von der magnetischen Kraft nicht erreicht wird und also ohne Einfluß bleibt); warum die Hemmung und Ablenkung der Nadel dagegen mit Verminderung der Metallmasse (durch Ausschneiden der Platte) abnimmt; und warum endlich die Wirkungen um so stärker ausfallen, je stärker die magnetische Kraft der Nadel ist, und um so schwächer, je weiter die Nadel von dem Metalle entfernt ist und dadurch an ihrer Einwirkung auf dieses verhindert wird.

Eben so ansprechend werden die Arago'schen Versuche, sowohl die verminderten Schwingungen der Nadel über einer ruhenden, als auch die Ablenkung und Rotation derselben über einer rotirenden Metallscheibe, von Faraday aus den Gesetzen der Induktions-Electricität erläutert, da nach diesen kein Zweifel mehr obwaltet, daß die magnetische Kraft ihren Einfluß auch auf solche Stoffe nicht verweigert, welche sonst für keine magnetische Einwirkung disponibel

zu seyn scheinen. Es gehören sonach diese Erscheinungen, ihrem Wesen nach, in die Kategorie der im vorigen Abschnitte betrachteten magnet = elektrischen Erregung, oder überhaupt der elektrischen Induktion. Bei der Hemmung der Schwingungen einer Nadel über der ruhenden Scheibe, wie bei der Rotation derselben über einer sich drehenden, werden, durch magnetische Anregung von der Nadel aus, in den Theilen des unter ihr befindlichen Metalls verwandte elektrische Ströme inducirt, deren Richtung radial zwischen der Peripherie der Scheibe und dem Centrum ist, und welche wieder ihrerseits durch Rückwirkung mit der magnetischen Kraft der Nadel in Conflict treten, und letztere dadurch festzuhalten streben. Durch Faraday's Genie ist die Existenz solcher radialer elektrischer Ströme an einer in Gegenwart eines Magnetes rotirenden Scheibe bewiesen worden, und es sind diese nach ihm in solcher Menge vorhanden, daß eine solche Scheibe als eine neue Art von Elektrirmaschine betrachtet werden kann. (§. 101.) Nur bei dem weichen Eisen scheint die eigentliche magnetische Vertheilung mehr in Betracht zu kommen, als die inducirende (magnet = elektrische) Wirkung *).

§. 101.

Rotation einer Metallscheibe über einem in Drehung versetzten Magnete. Radiale Ströme. Faraday's Notations = und andere Versuche zur Erklärung des Rotations = Magnetismus. Erdmagnet = elektrische Ströme.

Die Abweichung und Kreisbewegung der über einer wagerecht rotirenden Metallscheibe schwebenden Magnetnadel ist nicht die einzige Erscheinung dieser Art von Rotations = Magnetismus, sondern man hat noch eine zweite genau mit jener zusammenhängende, welche ebenso aus einer einfachen magnetischen Vertheilung oder magnet = elektrischen Erregung erklärbar ist, und die darin besteht, daß

*) Der Mechanikus Marsh beobachtete zuerst in Gegenwart Barlow's (im J. 1824) eine starke Abweichung einer Compagnadel, die er in die Nähe einer auf einer Drehslerbank in schnelle Umdrehung gebrachten eisernen Bombe brachte.

ein rotirender Magnet eine über ihm schwebende Metallscheibe in der Richtung seiner Achsendrehung mit fortreißt. Die Wirkung ist hier wie dort so mächtig, daß selbst mehrere Pfund schwere Platten der Bewegung des Magnetes folgen und mit diesem herumgewirbelt werden. Wenn man nämlich einen mit seinen Schenkeln aufwärts stehenden Hufeisen-Magnet oder eine Metallscheibe, auf welcher in der Richtung eines Durchmessers eine gute Magnetnadel oder sonst ein stabförmiger Magnet befestigt, und über dem eine Scheibe von Kupfer, Eisen oder einem andern Metall leicht beweglich horizontal aufgehängt ist, in rasche drehende Bewegung um eine vertikale Achse bringt: so geht auch die darüber schwebende Metallscheibe eine Kreisbewegung ein, deren Schnelligkeit durch dieselben Bedingungen, welche auf die Drehung eines über einer rotirenden Scheibe schwebenden Magnetes Einfluß haben, modificirt wird. — Daß die Bewegung der Metallscheibe in diesem Falle durch magnet-elektrische Ströme, von der Art, wie sie im vorigen S. angedeutet wurden, vermittelt werde, machte Faraday durch die Wirkung derselben auf die Multiplikator-Nadel bemerklich. Sein Verfahren dabei ist folgendes: Eine Kupferscheibe **BD** (Fig. 53.) von einem Fuß im Durchmesser und $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke ist, zwischen den beiden Schenkeln eines Hufeisen-Magnetes **NS**, der ein gewöhnlicher künstlicher oder ein Elektro-Magnet seyn kann, mittelst einer Achse von Messing **AC** drehbar, so daß die entgegengesetzten Pole des Magnets an den entgegengesetzten Oberflächen der Scheibe nahe am Rande sich befinden. Mit der Peripherie der Scheibe steht das eine Drahtende **E** eines Galvanometers in Verbindung, während dessen anderes Ende **F** lose um die amalgamirte Achse der Scheibe geschlungen ist. Die Verbindung des ersten Drahtendes mit der Peripherie kann entweder durch einen Conductor, d. h. einen 4 Zoll langen, $\frac{1}{2}$ Zoll breiten und $\frac{1}{2}$ Zoll dicken Blei- oder Kupferstreifen, dessen eines Ende mit dem Galvanometerdrahte communicirt, und dessen anderes Ende ausgehöhlt und amalgamirt ist, und auf der Peripherie der Scheibe genau zwischen den beiden Polen des Magnetes aufgesetzt wird, vermittelt werden, oder einfacher ohne Conductor dadurch, daß man den Rand der Scheibe selbst einfurcht, mit Quecksilber amalgamirt und den Draht des Galvanometers unmittelbar in der Furche spielen läßt. Wird die Scheibe zum Rotiren ge-

bracht, so weicht die Nadel in dem Multiplikator ab, und zeigt dadurch einen elektrischen Strom an, der je nach der Drehung der Scheibe entweder in den an der Peripherie anliegenden Draht, und von da durch den Multiplikator zu der Achse und in der Scheibe selbst in radialer Richtung von dem Centrum zur Peripherie derselben geht, oder in einer dieser entgegengesetzten Richtung fließt, — immer aber die Richtung des Radius der Scheibe verfolgt, und hierdurch eine Ablenkung der Nadel nach der einen oder der andern Seite bewirkt. Die Umdrehung der Scheibe nach einer andern Richtung hat sogleich auch eine andere Richtung des Stromes und eine Veränderung in der Ablenkung der Nadel zur Folge. Dieselben Ströme treten auch ein, wenn die Scheibe horizontal nach rechts oder links gedreht wird, während ein Nordpol über oder ein Südpol unter dem Rande der Scheibe sich befindet. Wenn das Ende des Galvanometer-Drahtes nicht zwischen den Polen des Magnetes die Peripherie der Scheibe berührt, sondern in einigem Abstände von dem Magnete, so wird die Wirkung schwächer und die Abweichung der Nadel geringer. Dies ist auch der Fall, wenn man die Pole des Hufeisens (statt dessen übrigens auch die ungleichnamigen Pole zweier einzelnen Stab-Magnete benutzt werden können) nicht auf den Rand, sondern auf die Mitte der Scheibe wirken läßt, oder wenn man statt zweier Pole nur Einen anwendet. Die Erscheinungen bleiben auch nicht aus, wenn man den Multiplikator dadurch in den Kreis der Ströme bringt, daß man den Draht desselben, der mit der Achse der Scheibe in Verbindung ist, hier abnimmt und ebenfalls auf die Peripherie derselben legt, aber in weiterem Abstände von dem Magnete, als der schon darauf ruhende andere Draht von diesem entfernt ist. Liegen aber beide Drähte in gleicher Entfernung von dem Magnete auf dem Rande der Scheibe: so ist kein Strom am Galvanometer wahrzunehmen, man mag die Scheibe drehen wie man will, indem dann gleiche Ströme in gleicher Richtung durch die Drähte zu gehen trachten. Faraday wußte selbst auf diesem Wege Ströme durch die direkte Einwirkung des Erd-Magnetismus zu erzeugen. Der Apparat dazu ist ganz derselbe, wie er eben beschrieben wurde, nur daß der Magnet weggelassen wird. Die Ströme traten z. B. ein und richteten die Nadel, als die Scheibe fast horizontal oder in einer Richtung gedreht wurde, wo sie von der Richtung der Inffi-

nations-Nadel fast senkrecht oder unter einem Winkel von etwa 70° , durchschnitten wurde. Bei umgekehrter Rotation der Scheibe ging die Nadel nach entgegengesetzter Seite. Die Intensität der Ströme nahm ab, je mehr die Scheibe aus dieser Richtung entfernt wurde, und sie hörten ganz auf, wenn die Scheibe in den magnetischen Meridian oder in die Richtungslinie der magnetischen Inklination zu stehen kam. (S. 94.) Im Minimo erschienen sie, wenn die Scheibe gegen die Richtung der Neigungsnadel nur wenige, etwa 20° geneigt und folglich aufrecht und gegen den Meridian senkrecht stand — im Maximo, für dieselbe Geschwindigkeit der Scheibe, als der Neigungswinkel derselben gegen die Inklinationslinie 90° betrug, und die Scheibe also im magnetischen Aequator herumwirbelte. Die Richtung der Ströme erfolgt in demselben Sinne, wie bei der Gegenwart eines Magneten. Rotirt die Scheibe schraubenrecht, wie der Zeiger einer Uhr: so fließen die Ströme, die Richtung der Radien in allen Theilen der Scheibe einschlagend, vom Mittelpunkte nach dem Umkreise der Scheibe; bei entgegengesetzter Richtung der Rotation umgekehrt, vom Umkreise nach dem Mittelpunkt.

Andere Wirkungen, als die auf die Multiplikator-Nadel, sind von den auf diese Art erzeugten inducirten Strömen noch nicht bekannt. Nicht einmal auf präparirte Froschschenkel, dieses so empfindliche Reagens für elektrische Ströme, äußerten sie einen Einfluß. (S. 34.) Poggend. Ann. Bd. 25, S. 120.

Daß nicht eigentlich das Rotiren, sondern die magnet-electrische Erregung, den Erscheinungen des Rotations-Magnetismus zum Grunde liege, zeigte Faraday ferner nach einem zuerst von Sturgeon (in Woolwich) ausgedachten Versuche, an der Verzögerung der Pendelschwingungen einer Kupferscheibe unter dem Einflusse eines Magneten. Eine leichte Kupferscheibe von 5 bis 6" Durchmesser, die von einer horizontalen Achse getragen wurde, und zum Drehen in vertikaler Richtung durch ein am Rande befestigtes Gewicht (oder durch die excentrische Stellung ihrer Achse) eingerichtet war, wurde in Pendelschwingungen versetzt, und die Schwingungen gezählt, die sie vollendete, bis die anfängliche Schwingungshöhe um eine bestimmte Größe sich vermindert hatte; es waren 60. Als hierauf der Versuch wiederholt wurde, während

die schwerere Stelle des Randes der Scheibe sich zwischen den entgegengesetzten Polen zweier Stabmagnete, oder zwischen den Schenkeln eines Hufeisen-Magnetes sich befand, wurden nur 15 Schwingungen gezählt, bei Anwendung zweier gleichnamiger Pole dagegen wieder 50. Noch mehr bekräftigte er seine Vorstellungsart von der dabei Statt findenden inducirenden Wirkung des magnetischen Fluidums durch Versuche, bei denen das Kupfer mit dem Magnete zugleich bewegt wird. Ueber das Polende eines runden Stabmagnetes, das mit Papier belegt war, wurde eine Kupferscheibe aufgeschoben und fest gekittet, und nun, wie im obigen Versuche, das eine Drahtende eines Galvanometers mit dem centralen Theile der Scheibe, das andere mit dem peripherischen derselben in Verbindung gesetzt. Die Vorrichtung wurde hierauf vermittelt einer um den Magnet geschlungenen Schnur in schnelle Rotation gebracht, wodurch, wie bei dem Rotiren der Scheibe allein, und wo der Magnet sich nicht bewegte, ein Strom excitirt wurde, der die Galvanometer-Nadel aus ihrer magnetischen Richtung abzog.

Von Faraday ist die gänzliche Unabhängigkeit der Arago'schen Erscheinungen von den Wirkungen einer gewöhnlichen magnetischen Vertheilung, noch durch andere merkwürdige Umstände und Versuche an's Licht gestellt worden. Beim Eisen und den wenigen andern zu der einfachen magnetischen Vertheilung disponirten Körpern, heben nach diesen ungleichnamige Magnetpole, die an entgegengesetzten Seiten des Randes einer bewegten Scheibe aufgestellt werden, sich in ihren Wirkungen auf, während gleichnamige die Wirkung erhöhen; beim Kupfer dagegen und allen andern, der gewöhnlichen magnetischen Vertheilung unzugängigen, Körpern, gleichen gleichnamige Pole sich in ihren Wirkungen aus, und ungleichnamige steigern den Effect. Als Faraday den eben erwähnten Sturgeon'schen Versuch, statt mit einer Kupferscheibe, mit einer gleich großen Scheibe von Eisen, die excentrisch auf einer Achse ruht, anstellte: so fand er, daß die Scheibe für sich allein zwey und dreißig Schwingungen, ehe der Schwingungsbogen auf eine gewisse Größe herabsank, machte. Stellte er hierauf einen Magnetpol an der Seite der Scheibe der schwerern Stelle des Randes nahe auf, so machte dieselbe nur fünf Vibrationen, und als nach diesem zugleich an der andern Seite der Scheibe in derselben Gegend der gleichnamige

Pol eines zweiten Magnetes aufgestellt wurde — sogar nur zwei Vibrationen. Wurde an die Stelle des gleichnamigen Pols des zweiten Magnetes der ungleichnamige Pol desselben gebracht, so stiegen die Vibrationen wieder bis auf zwei und zwanzig, und als der stärkere der beiden ungleichnamigen Pole ein wenig von der Seite der Scheibe weggerückt wurde, bis auf ein und dreißig, — und bei gänzlicher Entfernung des Poles verminderte sich die Zahl derselben wieder bis auf fünf. Man sieht hieraus, wie beim Eisen gleichnamige Pole die Wirkung heben, während diese, wie wir vorhin in dem Sturgeon'schen Experimente gesehen haben, beim Kupfer den Effect schwächen und ungleichnamige ihn erhöhen. Wird eine dicke Kupferscheibe um eine vertikale Achse in Rotation versetzt, und ein Magnetstab wagerecht an einer seidenen Schnur daneben so aufgehängt, daß der eine Pol über dem Rande der Scheibe schwebt, so wird dieser in gleicher Richtung mit fortgezogen; hängt man aber einen gleich großen Magnetstab unter dem ersten so auf, daß der gleichnamige Pol von diesem an derselben Stelle unter dem Rande der Scheibe verweilt: so bleiben beide Magnete von der Rotation der Scheibe unangefochten, weil ebenfalls hier gleichnamige Pole die Wirkung neutralisiren. Wird der eine Magnetstab umgekehrt, so erscheint die magnet-elektrische Wirkung im Maximum für diesen Fall. Hängt man einen Magnetstab neben der Kupferscheibe so auf, daß seine Achse in einerlei Ebene mit der Scheibe liegt, und den einen seiner Pole dem Rande derselben zuwendet, so wird er bei dem Rotiren der Scheibe nicht bewegt. Eben so wird auch die Zahl der Schwingungen der in der senkrechten Ebene um eine horizontale Achse oscillirenden Kupferscheibe nicht verzögert, wenn ein Magnetpol dem Rande derselben gegenüber aufgestellt wird. Wäre die Ursache der Arago'schen Rotations-Erscheinungen eine gewöhnliche magnetische Vertheilung, so würden diese Wirkungen nicht ausgeblieben seyn, wie sie denn auch bei einer Eisenscheibe, wo der gewöhnliche Magnetismus mehr Einfluß hat als die magnet-elektrische Vertheilung, sehr stark eintreten; — denn wird z. B. dem Rande der in senkrechter Ebene schwingenden Eisenscheibe, welche bei obigem Versuche für sich allein zwei und dreißig Schwingungen machte, der Pol eines Magnetes gegenüber gehalten, so macht sie nur elf Schwingungen, und, wird der Magnet bis auf einen halben Zoll genähert, sogar

nur fünf. In gleicher Weise wird auch ein Magnetstab lebhaft bewegt, der mit seiner Achse in derselben Ebene mit einer rotirenden Eisenscheibe schwebt, und dem Rande derselben den einen oder den andern seiner Pole zugehrt. Faraday sieht hiernach die Anwendung zweier Pole auf bewegte Substanzen, die magnetisch zu seyn scheinen, für ein Prüfungsmittel an, zu erforschen, welcher Natur die magnetische Wirkung ist: sie kommt von elektrischen Strömen her, wenn sie durch Anwendung zweier ungleichnamiger Pole stärker wird als bei einem einzigen Pole; nicht elektrisch ist sie, wenn gleichnamige Pole stärker wirken als ein einziger. Faraday's zweite Reihe von Experimental-Untersuchungen über Electricität; VI., 252. in den Phil. Transact. f. 1832. p. 153. — Nobili, in Poggend. Ann. Bd. 27. S. 401. Baumgartner in der Zeitschrift für Phys. und Mathem., Bd. 1. S. 143., Bd. 2. 419., Bd. 4. 93. — Froriep in d. Notizen, 1825. No. 215. — Dove, a. a. D., Bd. 1. S. 292., wo das Wissenswertheste aus der Theorie des Rotations-Magnetismus nachgelesen werden kann *).

Wegen der Leichtigkeit, mit der sich elektrische Ströme in Metallen bei Bewegung, unter dem Einflusse von Magneten und selbst des Erdmagnetes, erzeugen lassen (S. 93. 94.) und weil letzterer, wie die Richtung frei schwebender Magnetnadeln beweist, an jedem Orte der Erde sein Daseyn bekundet, glaubt Faraday selbst die Aussage rechtfertigen zu können, daß keine Bewegung eines Stückes Metall vor sich gehen kann, ohne daß erdmagnet-electrische Ströme in ihm erregt werden, wenn es während seiner Ortsveränderung mit andern Metallmassen in Berührung ist, die entweder ruhen, oder mit einer von der seinigen verschiedenen Geschwindigkeit, oder in anderer Richtung ihre relative Lage verändern. Er vermuthet, daß

*) Barlow schlug ein Versuch nicht fehl, eine astatiche Nadel durch Vorhalten einer Kupferstange aus ihrer Ruhelinie zu entfernen. Die Nadel wurde, als ein Ende der letztern ihr entgegen gehalten wurde, zu diesem hingezogen und um einige Grade abgelenkt. Durch geschickte Wiederholung des Versuches wurde diese Ablenkung vergrößert, und die Nadel zuletzt in völlige Rotation versetzt. Mehrere andere Stangen von Kupfer, von derselben Gestalt und Größe, versagten die Wirkung.

dergleichen magnet-elektrische Erregungen oft in den einzelnen metallischen Bestandtheilen mancher unserer Maschinen sich einstellen, ohne daß sie bemerkt oder ihrem Wesen nach erkannt werden. Ja! er folgert aus seinen Untersuchungen, daß durch die tägliche Rotation der Erde um ihre Achse und den gleichzeitigen Effekt ihres Magnetes elektrische Ströme in ihrer Masse, und in auf ihr ruhenden Körpern, welche sich parallel mit dem magnetischen Meridian ausdehnen, hervorgerufen werden, und daß bei dieser magnet-elektrischen Vertheilung der Erde, wenn Kollektoren, wie in den obigen Versuchen mit der rotirenden Kupferscheibe, auf der Oberfläche derselben am Aequator und an den Polen aufgesetzt werden könnten, durch diese von dem Aequator her negative, von den Polen her positive Ströme entladen werden würden. Doch vermochte Faraday noch nicht, dergleichen Ströme durch Galvanometer-Wirkung sichtbar zu machen. Denn, als er einen 120 Fuß langen Draht von Eisen und einen eben so langen von Kupfer, neben einander, in der Richtung des magnetischen Meridians ausspannte, so daß sie zwei fast parallele Linien bildeten, ohne sich aber in ihrem Laufe zu begegnen; hierauf ihre Enden mit einander vereinigte und dann an einer Stelle das Continuum des Kupferdrahtes unterbrach, und die dadurch erhaltenen Enden durch zwei Näpfschen voll Quecksilber mit den beiden bloßen Drahtstücken eines höchst reizbaren Galvanometers verband — gab die Nadel des letztern nicht von der mindesten Spur eines elektrischen Stromes Anzeige; eben so auch nicht, als er den mit dem Galvanometer verbundenen Kupferdraht bis zu ohngefähr 600 Fuß verlängerte, und eine ruhige Wassermasse (den künstlichen See im Garten des Ballastes von Kensington), die sich 480 Fuß in derselben Richtung ausbreitete, dadurch statt des Eisendrahtes in die Kette einschloß, daß er an jedes Ende des Kupferdrahtes eine vollkommen reine Kupferplatte von 4 Fuß Seite löthete, und die eine dieser beiden Platten im Süden von der andern in das Wasser tauchte, und den Draht selbst am Ufer desselben auf dem Grase hinstreckte. Es fand sich zwar anfänglich eine kleine Abweichung der Nadel ein, die aber von einer ganz andern Elektrizitätsquelle, als der gesuchten, herrührte und bald wieder verschwand, als jene außer Wirksamkeit gesetzt wurde. Nachmals spannte Faraday auf der Brustwehr der langen Waterloo-Brücke einen 960 Fuß langen Kupfer-

draht aus, und ließ von dessen Enden große Metallplatten herab in das durch die Gluth auf- und abströmende Wasser tauchen, so daß der Draht und das Wasser einen geschlossenen leitenden Bogen formirte. Auch hier entstanden Abweichungen der Multiplikatornadel, aber sie waren zu unregelmäßig, als daß sie ein sicheres Resultat begründen konnten, und schienen mehr thermo- und hydro-elektrischen Ursprungs zu seyn. Faraday a. a. D.

V.

Der Thermo-Magnetismus. Die Thermo-Elektricität.

§. 102.

Begriff des Thermo-Magnetismus *). **Seebeck.**
von Jelin.

Wir lernten oben Verhältnisse der Wärme zu dem Magnetismus und der Elektricität kennen, welche sich durch einen Einfluß derselben auf die Wirkungskraft der magnetischen und elektrischen Polarität charakterisirten. In anderer Beziehung gelangt der Wärmestoff, wenn er in Bewegung ist, als Erregungsmittel elektrischer Polarität zu unserer sinnlichen Wahrnehmung — indem durch Aufhebung des Gleichgewichts der Temperatur fast in allen guten Elektricitäts-Leitern, vorzugsweise aber in Metallen, ähnliche elektrische, vorzüglich leicht durch ihre Wirkung auf die Magnetnadel sich bekundende, Strömungen erregt werden, wie durch Berührung von Metallen und andere Erregungsmittel der Elektricität. Die erste Bekanntschaft mit dieser neuen, bis zum Jahre 1823 noch unbekanntem, Eigenschaft des Wärmestoffs verschafften uns die Physiker Seebeck (in Berlin) und v. Jelin (in München), welche gleichzeitig mit Hülfe des magnetischen Galvanometers, das für diese kleinen Spannungen von Elektricität ein eben so empfindliches Prüfungsmittel ist wie für die subtilsten elektrischen Zustände der Contact-Elektricität (§. 32. 33.), die Entdeckung machten, daß in zwei verschiedenartigen Metallen,

*) Von dem Griechischen η *θερμη*, die Wärme, Hitze.

welche sich an zwei von einander entfernten Stellen genau berühren, sobald die eine von diesen Berührungsstellen erhitzt oder beträchtlich unter die Temperatur der Umgebung erkaltet wird, ein elektrischer Strom erwacht, durch welchen die Magnetnadel eben so aus ihrer natürlichen Richtung abgezogen wird, wie durch die Entladung eines Volta'schen Apparates (§. 73.)^{*)}. *Gilb. Annal.* 1823. Bd. 73, S. 361. Man begreift diese durch Temperatur-Differenz erzeugten Störungen des natürlichen elektrischen Gleichgewichts in den Metallen gewöhnlich unter dem Namen Thermo- oder Pyro-Elektricität; bezeichnet sie aber, weil sie sich hauptsächlich, wenigstens mit den geringsten Umständen, unter der Form der magnetischen Polarität (durch Einfluß auf den Stand der Magnetnadel) äußern, nicht unangemessen auch durch den Ausdruck Thermo-Magnetismus, d. h. Magnetismus durch Wärme vermittelt, oder richtiger, Magnetismus angesprochen durch Thermo-Elektricität. Auch führen diese thermo-magnetischen Erscheinungen und die ihnen zum Grunde liegenden Ströme zum Unterschiede von den gewöhnlichen galvanischen, welche man des Gegensatzes wegen hydro-elektrische nennt, den Namen thermo-elektrische. — Die Stärke dieser Strömungen hängt theils von der Größe der Temperatur-Differenz der Stellen, an welchen die Metalle mit einander vereinigt sind, theils von der Natur der zusammengeführten Metalle ab. Durch beide Umstände wird auch die Richtung der Ströme bedingt. Diese ist bei der Erwärmung alle Mal derjeni-

*) In den meisten Fällen ist die Spannung der durch Temperatur-Differenz erregten Elektricität so gering, daß sie nur schwach den Condensator afficirt, und die Bewegung ihres Stromes dieser geringen Spannung wegen so langsam, daß sie schon durch geringe Hindernisse in ihrer Fortleitung gehemmt wird und weder chemische Zersetzen (elektro-chemische Wirkungen) hervor zu bringen, noch auch die Temperatur selbst der feinsten Drähte, durch die man ihren Strom leitet, merklich zu erhöhen vermag; obgleich durch Versuche bethätigt ist, daß sie in Hinsicht der Menge, in welcher sie sich anhäuft, selbst der Galvanischen Elektricität, die hierin der durch Reibung entstandnen bekanntlich noch vorgeht, überlegen ist. Desto auffallender giebt sich ihr Erscheinen durch die Wirkung auf die Magnetnadel zu erkennen, welche daher in neuer Zeit, besonders wenn die Wirkung durch Hülfe des Multiplikators verstärkt wird, als das empfindlichste und sicherste Reagens, selbst ganz leiser, elektrischer Ströme mit Recht geschätzt ist.

gen entgegengesetzt, welche man bei der Abkühlung beobachtet. Seebeck legte seine Beobachtungen nieder in den Abhandlungen der Berl. Akad. der Wissensch. von 1822 und 1823, und in Schweiggers Journal., neue N., Bd. 16, Heft 1.

§. 103.

Die thermo-magnetische Kette und der thermo-magnetische Multiplikator.

Die einfachste Art, bei welcher die thermo-elektrischen Erregungen zugleich am anschaulichsten in ihrem Einflusse auf die Magnetnadel sich vergegenwärtigen, ist die: daß man die zu Erregern (Magneto- oder Elektro-Motoren) bestimmten Metalle in Form eines Kreises oder Bogens zu einem fest geschlossenen Ganzen zusammensfügt, oder eine sogenannte thermo-magnetische (thermo-elektrische) Kette bildet. Man verbinde mit den beiden blank geriebenen Enden einer aus Wismuth gegossenen, 6 bis 8 Z. langen, $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Z. breiten und 1 bis 2 Linien dicken Stange **AB** (Fig. 54.) einen in die Form eines Bogens oder auf beliebige Art gebogenen, eben so breiten und dünnen Streifen von Kupferblech, oder statt dessen auch einen möglichst dicken Kupferdraht **ADEB**, dadurch, daß man ihn entweder mit seinen, ebenfalls (durch Schmirgelpapier oder eine feine Feile) blank geriebenen Enden einige Mal um die Wismuthstange windet oder (noch besser, da der thermo-elektrische Strom wegen der schwachen Kraft, mit der er sich fortbewegt, durch das unbedeutendste Hinderniß an der Berührungsstelle der beiden Metalle aufgehalten wird, und eine innige Berührung derselben an ihren Verbindungsstellen daher Hauptsache ist) an diese auf die §. 76. * beschriebene Art löthet oder auch gleich beim Gießen der Stange mit einschmilzt — und stelle diesen Apparat, den Bügel des Kupfers nach oben gerichtet, mit der Längenaschse in den magnetischen Meridian: so werden, wenn eine der Verbindungsstellen des Wismuths mit dem Kupfer durch eine untergehaltene Weingeistlampe erhitzt wird, sogleich elektrische Ströme in den Metallen rege, welche durch die von ihnen gebildete Kette fließen und eine in **g**, **f** oder **h** schwebend aufgestellte Magnetnadel auf eine der Richtung ihres Strömens entsprechende Weise aus ihrer Stellung ablenken. Wird z. B. die nach Süden gefehrte Verbindungsstelle **A** erhitzt, so fließt der + elektrische Strom von dem

Wismuth aus in der Richtung von **ADEB** und kehrt nach **A** zurück, und es wird die innerhalb des Kupferbogens in **f** befindliche Nadel mit ihrem Nordpol nach Westen und die außerhalb des Bogens in **g** oder **h** befindliche nach Osten abgelenkt. Eben so wirken diese thermo=elektrischen Ströme auch auf die Inklination einer Magnetnadel: befindet sich diese während der Erhitzung von **A** an der Ostseite von **AB** oder an der Westseite von **DE**, so wird der Nordpol gehoben; befindet sie sich aber an der Ostseite von **DE** oder an der Westseite von **AB**, so wird der Südpol gehoben. Die Ablenkungen der Nadel sind die entgegengesetzten, wenn statt des südlichen das nördliche Ende der Stange erhitzt wird. Sonst erfolgen sie nach Obigem (S. 102.) um so stärker, je weiter die Erhitzung getrieben wird, und im Maximo stellt sich bei der Declination die Achse der Nadel (wie unter der Einwirkung eines galvanischen Stromes) auf die Richtung des Stromes senkrecht. (S. 73.) Construiert man die thermo=magnetische Kette (statt der Wismuthstange) aus einer Stange von Antimon und dem beschriebenen Kupferbogen: so stellen sich die Erscheinungen in entgegengesetzter Art dar, und es weicht nun die Nadel, indem der + elektrische Strom seinen Weg von dem Kupfer zu dem Antimon, in der Richtung von **ABED** nach **A**, nimmt, innerhalb des Bogens östlich und außerhalb desselben westlich ab, so wie auch an den Seiten des Bogens dort, wo vorher der Nordpol der Nadel in die Höhe gezogen wurde, nun der Südpol emporsteigt. Dieselben Erscheinungen zeigen sich, wenn statt der Erhitzung eine Berührungsstelle der beiden Metalle künstlich erkältet wird, etwa dadurch, daß man Schwefelnaphtha auf sie tröpfelt und auf ihr verdunsten läßt, oder daß man sie mit Eis oder einer kalt machenden Mischung (wozu Seebeck eine Mischung von 2 Thl. Schnee und 3 bis 5 Thl. gepulvertem salzsauren Kalk empfiehlt) umgibt; — nur daß dann die Abweichungen der Nadel ebenfalls entgegengesetzt sich verhalten. Am stärksten aber tritt die Abweichung der Nadel dann hervor, wenn zugleich die eine Berührungsstelle erwärmt und die gegenüber liegende in einer Frostmischung abgekühlt wird, da in diesem Falle die Ungleichheit in der Temperatur am größten ist *).

*) Nach Seebeck lassen sich auch aus 3, 4 und mehr Metallen 3, 4 und mehrgliedrige thermo=magnetische Ketten combiniren, in denen

Stärker als an einem bloßen Bogen, wie der eben beschriebene, zeigen sich die thermo-magnetischen Erscheinungen, wenn man die Nadel in der Achse einer aus den magneto-motorischen Metallen gebildeten Spirale aufstellt, wo sodann (wie beim Elektromagnetismus) eine rechts gewundene die umgekehrte Wirkung von einer links gewundenen leistet — oder wenn man die Strömung durch die Windungen eines Schweigger'schen Multiplikators führt, in dessen Mitte man die Nadel balanciren läßt. Dieser Verstärkung durch den Multiplikator bedient man sich vorzugsweise zur Erforschung der allerschwächsten thermo-elektrischen Ströme, und bei Metallen, die nur in einzelnen Körnern vorkommen, und deshalb nicht in die Form eines Bogens oder Kreises gebracht werden können. Es ist jedoch nicht jeder Multiplikator zur Wahrnehmung dieser Ströme geschikt; die Erfahrung hat vielmehr gelehrt, daß durch Multiplikatoren, welche die galvanischen oder hydro-elektrischen Ströme sehr gut anzeigen, die Intensität der thermo-elektrischen Ströme nicht verstärkt, sondern im Gegentheil geschwächt wird, wovon die Ursache in dem großen Leitungswiderstande zu suchen ist, den viele Windungen aus sehr feinem Drahte diesen Strömen von so schwacher Spannung entgegensetzen. Man hält daher allgemein zur Darstellung derselben Multiplikatoren von Stäben oder dickem Drahte und von nur wenigen Windungen, die (3, 4 bis 6 Mal) parallel neben einander geschlungen sind, für die besten. Colladon bemerkte bei Anwendung eines Multiplikators von 100 Windungen eine starke Ablenkung der Magnetnadel, bei 500 Windungen hingegen gar keine; und Fechner fand, daß zwei gleich breite und 3 Fuß lange Streifen von Zink und Kupfer, die nach Art seines aus nur Einer Metallplatte bestehenden Multiplikators rechtwinklig gebogen (S. 77.), und mit ihren Enden metallisch innig verbunden waren, durch bloße Anlegung der Hand elektrische Erregung zeigten, und bei Erhitzung durch eine Weingeistlampe eine constante Abweichung der Nadel von 59° erzeugten, während ein guter Spiral-Multiplikator diese nur bis auf 55° brachte. Es liegt hierin eine Bestätigung der zuerst von Fechner über die Wirkung elektrischer Multiplikatoren ausgesprochenen Ansicht, daß über-

die ungleiche Erwärmung der Verbindungsstellen nach besondern Gesetzen thermo-elektrische Spannungen hervorrufft. N. Gehler, Bd. 9, S. 757.

haupt jede elektrische Kette, auch die hydro-elektrische nicht ausgenommen, nach ihrer Art und Größe ihren eignen Multiplikator, in Bezug auf Dichte des Drahtes und die Zahl seiner Windungen erfordert, wenn das Maximum ihrer Wirkung erreicht werden soll. Schweig. Journal. N. N. Bd., 15, S. 60. Biot, a. a. D., Bd. 2, S. 254.

§. 104.

Rotation der thermo-elektrischen Kette unter dem Einflusse des Magnetismus. Thermo-magnetische Rotations-Apparate.

Die thermo-elektrische Polarität giebt sich auch, analog der elektro-magnetischen, durch Achsendrehung (Rotation) zu erkennen, wenn man den thermo-elektrischen Bogen leicht beweglich macht und gleichzeitig den Pol eines Magnetes ins Spiel bringt. (S. 82. u. 83.) Darauf gründen sich die thermo-magnetischen Rotations-Apparate, wie sie unter andern von Cumming und Marsh angeordnet worden sind. Wird z. B. ein Rektangel, wie **ABED**, (Fig. 55.) das aus einem Bogen von Silberdraht **DE** und aus einem geraden Platindraht **AB** combinirt ist, und welches auf einem, durch eine in der Mitte des Platindrahtes angebrachte Oeffnung gesteckten Träger, der oben ein Achtschälchen zur Aufnahme der Spitze **C** hat, äußerst leicht beweglich ist, in der Berührungsstelle **B** durch eine Weingeisillampe erhitzt, während man dieser Stelle zugleich den Nordpol eines Magnetes nahe hält: so stellt sich dasselbe, indem es erst mit seinem Ende **A** sich rechts bis zu der Lampe dreht, und sodann wieder links oscillirt, rechtwinklig auf seine vorige Lage der Ruhe. Erwärmt man bei unveränderter Stellung des Magnets die Stelle **A**, so oscillirt das Rektangel, bevor es die bezeichnete Richtung eingeht erst links, statt rechts, mit **A** nach **B**. Wird der Nordpol des Magnetes in **A** oder sein Südpol in **B** angehalten, so erfolgen die Bewegungen umgekehrt. Hält man gleichzeitig den Nordpol eines Magnetes an **B** und den Südpol eines andern in **A**: so fängt, je nachdem die Lampe unter **B** oder **A** gestellt wird, der Apparat langsam an, sich rechts oder links zu drehen, und fährt damit so lange fort, als die Erwärmung fortgesetzt wird. Lebhafter wird diese Drehung, wenn man, statt eines einfachen Rektangels, deren zwei in Ge-

stalt eines Kreuzes mit einander verbindet, so daß sie an der Stelle, wo sie sich durchschneiden, mit einer gemeinschaftlichen Spitze auf dem Achatschälchen des Trägers spielen. Bei starker Erwärmung erfolgen dann gegen 30 Umdrehungen in der Minute, wobei jedoch die Lötungsstellen leicht durch Schmelzung sich von einander trennen. Da die Rotation um so besser vor sich geht, je leichter der Apparat ist: so giebt man der längern Seite der Rektangel höchstens eine Länge von 2 Z., und der kürzern eine von 1 Z. Dem Silber und Platin kann auch Antimon und Kupfer, Wismuth und Kupfer, oder Wismuth und Antimon substituirt werden. Auch kann die Combination der beiden Metalle von der Art seyn, daß man die eine Hälfte des Rektangels z. B. aus Platindraht, die andere aus Silberdraht, bestehen läßt, die man dann an den entgegengesetzten Enden zusammenlöthet. Marsh hing auf jeden Pol eines dazu vorbereiteten, mit feinen Schenkeln aufwärts gerichteten Hufeisenmagnets ein Kreuz von zwei solchen Rektangeln mit seiner Spitze auf, und brachte beide Kreuze dadurch zum Rotiren in entgegengesetzter Richtung um die Magnetpole, daß er eine Weingeistlampe zwischen die Schenkel des Magnets stellte, wodurch fortwährend die Lötungsstelle einer untern Ecke der Rektangel erhitzt wird, während die entgegengesetzte obere kühl bleibt. Schweigg. Jour. N. R. Thl. 10, S. 321.

S. 105.

Thermo=elektrische Spannungsreihe der Metalle.

Metalle von starkem krystallinischem Gefüge, wie Wismuth, Antimon, Arsenik, Tellur, Bleiglanz, Zink, wirken, der Erfahrung nach, am stärksten thermo=elektrisch (thermo=magnetisch). Seebeck hat in dieser Hinsicht die Metalle nach ihrer verschiedenen Natur in eine bestimmte Reihe, die thermo=elektrische Spannungsreihe, zusammengestellt, in welcher sie so auf einander folgen, daß jedes Metall, mit einem ihm vorstehenden Metalle zu einer thermo=elektrischen Kette verbunden, die Nordspitze der im Innern derselben schwebenden Magnetnadel nach Osten, mit einem ihm nachstehenden verbunden, hingegen nach Westen ablenkt. Sie ist folgende: Wismuth, Nickel, Neusilber (Pactong), Kobalt, Palladium, Platin (reines), Uran, Kupfer (reines), Mangan, Titan, Messing, Gold (reines), Quecksilber, Blei,

Zinn, Chrom, Molybdän, Rhodium, Iridium, Silber, Zink, Wolfram, Cadmium, Stahl, Eisen (reines), Arsenik, Tellur, Antimon *). Wismuth und Antimon bilden, wie man sieht, die Endglieder dieser Reihe; jenes ist nach Seebeck das östliche oder negative, dieses das westliche oder positive Endglied der Reihe. Je weiter die zu einer Kette bestimmten Metalle in dieser Reihe von einander absteigen, desto stärker ist, bei gleicher Temperatur-Differenz, der in ihnen (durch stellenweise Erwärmung oder Erkältung) erzeugte elektrische Strom, und somit ihre Wirkung auf die Magnethadel. Daher geben Wismuth und Antimon, als die äußersten Glieder der Spannungsreihe, die stärkste thermo-elektrische Kette, in der also die Nadel am weitesten abgelenkt wird. Eine Kette von diesen beiden Metallen äußert, schon bei Erwärmung einer Berührungsstelle mit der bloßen warmen Hand, thermo-magnetische Wirkungen, wenn sie vorher bis nahe auf den Eispunkt abgekühlt wird. Zu Ketten, die einer hohen Temperatur ausgesetzt werden sollen, wählt man Platin und Eisen, oder statt des erstern, der Wohlfeilheit wegen, Neusilber. — In der thermo-elektrischen Reihe folgen, wie man bei einer flüchtigen Vergleichung findet, die Metalle ganz anders auf einander, als in der hydro-elektrischen oder galvanischen, wo Zink und Blei die Endglieder abgeben, und zwischen diesen Blei, Zinn, Eisen, Wismuth, Arsenik, Kupfer, Antimon, Platin, Gold, Quecksilber, Silber und Braunstein, in der hier angeführten Ordnung sich an einander reihen. (§. 36.) In letzterer wird nämlich die Ordnung durch die chemische Natur der Metalle und ihr Verhalten zu dem flüssigen Leiter bestimmt; indem zwei Metalle im Kontakte um so mehr Electricität erregen und eine um so kräftigere galvanische Kette geben, je mehr sie in Hinsicht auf ihre Verwandtschaft zum Sauerstoffe oder auf ihre Drydiebarkeit im Ge-

*) Wenn die Metalle mit andern Metallen legirt oder überhaupt mit fremden Körpern verunreinigt sind, so wird dadurch auch ihre Stellung in der obigen Reihe verändert. Man glaubt deshalb in dem Thermo-Magnetismus ein Mittel zu besitzen, Metalle auf ihre Reinheit prüfen zu können. Dieses ist besonders für den Techniker, der mit Geräthschaften von Platin arbeitet, wichtig, welches Metall, wenn es rein ist, dem östlichen, und wenn es unrein, z. B. mit Arsenik vermischt ist, dem westlichen Ende der Spannungsreihe nahe steht.

gensage zu einander sind *) — während in der ersten die Verschiedenheit in der Stärke und Richtung des elektrischen Stromes bei jedem einzelnen Metalle von der Leichtigkeit abhängt, mit welcher sich die Wärme von der erwärmten Stelle aus nach beiden Seiten fortbewegt. — Wenn einem Metalle, z. B. Stahl, Eisen, durch schnelles Abkühlen mehr Härte und Sprödigkeit gegeben wird, so rückt es in der thermo-magnetischen Reihe höher hinauf. Auch behält die Reihenfolge ihren Werth nur für eine gewisse Gränze der Temperatur-Differenz. Die angeführte ist von Seebeck für mäßige Temperatur-Differenzen entworfen; bei stärkerer Erhitzung ändert sich das Verhalten der Metalle, und geht selbst in das entgegengesetzte über. Daraus erklärt sich die Verschiedenheit zwischen der Seebeck'schen und der von Cumming aufgestellten Reihe, in welcher letztern zwar auch Wismuth und Antimon an den Enden stehen, die übrigen Metalle aber zwischen beiden ganz andere Stellen einnehmen als in jener. —

§. 106.

Thermo-elektrische Kettenkette (Thermo-Säule). Weitere Wirkungen der thermo-elektrischen Ströme. Induktions-Phänomene beim Deffnen der Thermo-Säule.

Wenn man mehrere, aus je zwei zusammengelötheten Metallen bestehende, einfache thermo-elektrische Ketten so an einander fügt, daß immer zwei heterogene Metalle mit einander in inniger Berührung sich befinden: so erhält man eine thermo-elektrische Säule oder Kettenkette (Thermo-Säule), mit der sich, wenn durch gleichzeitige Erwärmung je zweier Junkturen (zwischen denen abwech-

*) Dieß geht so weit, daß bei zwei sich berührenden Metallen die elektrische Spannung gleich 0 ist, wenn zwischen ihnen gar kein chemischer Gegensatz statt findet; während anderseits selbst zwei gleichartige (homogene) Metalle durch gegenseitige Berührung noch elektrisch werden, wenn sie nur durch Verschiedenheiten in ihrer Härte, in dem Grade ihrer Temperatur, in der Beschaffenheit ihrer Oberflächen, durch kleine Abweichungen in ihrem Mischungsverhältnisse, ja! selbst nur in ihrer Form Veranlassung dazu geben, daß das eine von dem Sauerstoff leichter angegriffen (oxydirt) werden kann, als das andere. (§. 35.)

selbst immer eine kalt erhalten wird) elektrische Ströme in ihr erweckt werden, so viel mal stärkere Wirkungen hervorbringen lassen, als einfache Ketten in ihr eingeschlossen sind. Derartige Säulen sind von Seebeck aus Antimon und Kupfer in Form eines Rechtecks, von Dersted und Fourier aus Antimon und Wismuth in Form eines Sechsecks von 3 Paar gleich langen Stäben construirt worden. Seebeck's einfachste Säule ist eine Doppeltette, die aus zwei 9" langen und $\frac{1}{2}$ " dicken Antimonstangen **AB** und **CD** (Fig. 56.) und aus eben so breiten und $3\frac{1}{2}$ " langen Streifen Kupferblech **AC** und **BD** besteht. Bei Erhitzung der Lötstelle **B** allein erhielt er eine Abweichung der in der Mitte der Säule balancirenden Nadel von 10° , die bei gleichzeitiger Erhitzung von **B** und **D** auf das Doppelte stieg. Von den beiden zuletzt genannten Gelehrten ist als Gesetz ermittelt worden, daß die Wirksamkeit der thermoelektrischen Säule im Verhältniß der Zahl der einfachen Ketten, aus denen sie combinirt wird, nur dann zunimmt, wenn die einzelnen Elemente aller Ketten ihrer Länge nach so klein genommen werden, daß der von ihnen gebildete ganze Kreis an Länge eine gewöhnliche einfache Kette nicht übertrifft, und daß (wegen des vermehrten Leitungswiderstandes, den eine längere Ausdehnung der Metalle der Bewegung eines Stromes von so schwacher Spannung wie der thermoelektrische, entgegensetzt, S. 95. * und 96.), die Wirksamkeit der Thermo-Säule über die einer einfachen Kette sich nicht erhebt, wenn die einzelnen Ketten derselben in der Größe der einfachen Kette an einander gefügt werden, und also der Umfang der Säule in gleichem Verhältnisse mit der Zahl der Metallpaare sich vergrößert. Wegen der guten Leitungsfähigkeit des Kupfers, brachte selbst eine einfache Kette aus einer 9" langen und $\frac{1}{2}$ " dicken Antimonstange, und einem 16" langen und $\frac{1}{2}$ " breiten Kupferblechstreifen die Magnetnadel um $1\frac{1}{2}^\circ$ mehr zum Abweichen, als Seebeck's aus zwei Ketten combinirte Säule (Fig. 56.) bei gleichzeitiger Erhitzung oder Abkühlung zweier Lötstellen. Von Nobili und Melloni wird aber die Behauptung Fourier's und Dersted's in Zweifel gezogen, indem sie in ihren Säulen-Apparaten für strahlende Wärme die Empfindlichkeit derselben bei einer Vermehrung der Zahl der einzelnen Ketten bis zu 62, mit gleichbleibender Länge der letztern, fortwährend zunehmen sahen.

Becquerel richtete eine sternförmige Säule ein (Fig. 57.),

indem er gleich lange Stäbe aus Wismuth und Antimon, die er mit ihren Enden zusammenlöthete, so in einem Kreise und im Zickzack ordnete, daß abwechselnd eine Löthungsstelle nach dem Mittelpunkte und die nächste in die Peripherie des Kreises zu liegen kam. Zuletzt bleiben die Enden eines Wismuthstabes und eines Antimonstabes (A und B) frei, die dann mit den Drahtenden eines Galvanometers verbunden werden. Erhitzt man durch eine in das Centrum des Kreises gestellte Spirituslampe alle innern Löthstellen (also die erste, dritte, fünfte u. s. w. der ganzen Kettenkette) auf Einmal, so erhält man einen verstärkten thermo-elektrischen Strom, der lebhaft die Galvanometer-Nadel anspricht. Eine Säule von gleich zweckmäßiger Einrichtung gab in Verbindung mit Nobili, welcher sie *pila a scatola* nannte, Melloni an. *Repert.* Bd. 1. S. 355.

Durch Versuche mit der Thermo-Säule hat man entdeckt, daß die Thermo-Elektricität nicht nur die Magnet-Nadel richtet (S. 102.) und Rotationen wie durch Elektro-Magnetismus und Magnet-Elektricität mit ihr sich ausführen lassen (S. 104.), sondern daß auch alle andern Wirkungen durch sie hervorgebracht werden können, wie durch die verschiedenen andern Arten elektrischen Ströme; daß die thermo-elektrischen Ströme folglich für ganz identisch mit diesen gehalten werden dürfen. Direkte Wirkungen des thermo-elektrischen Stromes auf das Elektrometer beobachtete zuerst Becquerel. Wir kommen später auf sie zurück. (S. 108.) Physiologische Wirkungen der Thermo-Säule erfahen Dersted und Fourier (bei Anwendung einer aus 13 einfachen Ketten von Antimon und Wismuth zusammengesetzten Säule) aus den Zuckungen der Schenkel eines präparirten Frosches, und Watkins (in London) aus der Geschmacksempfindung, die der Strom aus einer Kettenkette von 30 Gliedern auf der Zunge erregte. *N. Gehler*, Bd. 9. S. 798. Lange Zeit hindurch glaubte man, daß die thermo-elektrischen Ströme wegen der geringen Intensität ihrer Spannung durch (selbst gut leitende) Flüssigkeiten nicht hindurch gingen und keine chemischen Wirkungen äußerten. Dersted und Fourier fanden, daß eine Säule von 22 Stangen aus Wismuth und Antimon, schon durch eine ganz dünne Schicht von einer sehr gut leitenden Flüssigkeit, z. B. von einer Salmiakauflösung und verdünnter Salpetersäure, in ihrer Wirksamkeit unterbrochen und keine Schließung derselben her-

vorgebracht wurde; und Neef konnte selbst durch Vielfältigung einer Thermo-Säule bis zu 102 Elementen (an der die Temperatur-Differenzen durch Wasserdampf und kaltes Wasser bewirkt wurden) den elektrischen Strom nicht bis zu der Spannung steigern, daß er die geringste Flüssigkeitsschicht durchdrang und Wasser zer setzte, obschon er die Magnetnadel um 56° ablenkte. Allein der Durchgang des Stromes durch Flüssigkeiten ist neuerdings von Moser, und die chemische Kraft desselben von Watkins, Berzelius und Botto bestimmt nachgewiesen worden. Moser senkte zwei Kupferplatten, $\frac{3}{8}$ Zoll von einander entfernt, mit 1 □ Zoll ihrer Oberfläche in verdünnte Schwefelsäure, und brachte sie in den Wirkungskreis einer Thermo-Säule von 24 Paaren Eisen und Platin, die mit einem Galvanometer verbunden war. Es erfolgte durch den, durch die Berührung des Kupfers mit der Säure (eine galvanische zweigliedrige Kette, S. 35.) erzeugten, hydro-elektrischen Strom eine geringe Ablenkung der Nadel, die sich immer gleich blieb. Als er hierauf eine Lötungsstelle der Säule mit einer Spirituslampe erhitzte, wich die Nadel sogleich noch weiter um 10° ab, — zum Beweise, daß der thermo-elektrische Strom durch die saure Flüssigkeit geleitet wurde. Bei Erhitzung einer andern geeigneten Junktur der Säule schlug die Nadel nach entgegengesetzter Seite aus. Eine Zersetzung von einer starken Jodkaliumlösung, die er bei Wiederholung dieses Versuches mittelst eines damit getränkten Blättchen Filispapiers, als leitende Flüssigkeit zwischen zwei auf obige Art in den thermo-elektrischen Kreis eingeschaltete hellpolirte Silberplättchen brachte, wurde von ihm nicht wahrgenommen; denn das Silber zeigte sich nach Beendigung des Versuches (der $\frac{1}{2}$ Stunde dauerte) blank wie vorher. Glücklichere Resultate, bei ihren Versuchen an die Prüfung der chemischen Kraft der thermo-elektrischen Säule, erlangten dagegen Botto (in Turin), Watkins und Berzelius. Letzterer führt an, daß von zwei in eine Salmiaklösung getauchten Silberdrähten, womit er eine Nobili'sche Säule von 40 bis 50 Paaren Wisnuth und Antimon schloß, der eine (mit dem positiven Pol verbundene) anlief und, als er mit Wasser abgospült und ins Tageslicht gelegt wurde, sich schwärzte, — ein deutliches Zeichen, daß an ihm Chlor Silber sich gebildet hatte und durch Zersetzung der Salmiaklösung Chlor frei geworden war. Watkins in Pog. Ann. Bd. 46.

S. 496. Votto combinirte sich eine Säule von 120 Paaren Eisen- und Platindraht, wovon jedes einzelne Stück 1 Zoll lang und $\frac{1}{4}$ Linie dick war, indem er die einzelnen Drähte abwechselnd an einander löthete, so daß er einen ganzen Streifen von 240" Länge erhielt. Diesen legte er schraubenförmig so um ein hölzernes Lineal, daß die einen Löthstellen an der einen Längenkante des Lineals, die andern an der entgegengesetzten Kante sich befanden, 4" von dem Lineal entfernt. Die beiden Enden der Kette wurden mit Leitungsdrähten von Platin versehen, diese in ein gesäuertes Wasser eingesenkt und so die Kette geschlossen. Als er hierauf die eine Reihe der Löthstellen durch eine Weingeisflamme erhitzte, resultirte eine Zersetzung des Wassers in seine beiden Gase. Wurden, statt der Leitungsdrähte von Platin, welche von Kupfer oder einem andern oxydirbaren Metalle angewendet: so zeigte sich die Zersetzung des Wassers noch lebhafter, aber mit dem Unterschiede, daß nur an dem einen Pole Gas (Wasserstoffgas) ausgeschieden wurde. — Lichterscheinungen (Funken) durch die Thermo-Säule hervorzubringen gelang Antinori und nach ihm vielen andern Physikern (Watkins, Munko, Wheatstone). Er erhielt die Funken aus einer Nobili'schen Säule von 25 Elementen, deren Strom er durch eine Spirale von 505 Fuß Länge führte. Sie erschienen bei plöglicher Unterbrechung des Stromes hell glänzend, und waren selbst am Tage sichtbar. Die Spirale lag um ein Hufeisen von weichem Eisen, welches dabei zugleich temporär magnetisch wurde, und dadurch den elektrischen Strom verstärkte und das Hervorbrechen des Funkens begünstigte. Bei einer einfachen Spirale aus einem nur 8 Fuß langen Draht zeigten sich die Funken bei Unterbrechung des Stromes nur im Dunkeln; bei einer Länge des Drahtes von 15 Zollen erschien er nur selten, und bei einer Länge des Drahtes von 8 Zollen nur dann, wenn die Säule verdoppelt wurde. Die Temperatur-Differenzen wurden durch schmelzendes Eis und kochendes Wasser bewirkt. Thermische Wirkungen sind mit einer thermo-elektrischen Batterie aus 18 Paaren prismatischer Wismuth- und Antimonstäbe von vier Zoll Länge von Watkins an dem Warmwerden eines feinen, von dem thermo-elektrischen Strom durchlaufenen, Platindrahtes beobachtet worden, welcher sich in der Kugel eines empfindlichen Harris'schen Luft-Elektro-Thermometers befand, und durch die Erhöhung seiner

Temperatur die, in der mit jener Kugel verbundenen Röhre befindliche, gefärbte Flüssigkeit zum Steigen brachte. Watkins war auch der erste, welcher weichem Eisen (durch eine Säule von 30 Paaren Wismuth und Antimon) Magnetismus ertheilte. Bald darauf wurden diese Versuche mit demselben Glücke von Munkke und Alexander wiederholt. Dieser machte durch 45 Drahtwindungen von 1^u dickem Kupferdraht, die um ein Hufeisen von weichem Eisen mit 1^u starken Schenkeln gelegt waren, dieses in dem Grade magnetisch, daß es nicht nur seinen Anker, sondern auch die Hälfte seines Gewichtes trug. Die Säule, welche den Strom dazu sandte, war aus 25 Paaren Antimon und Wismuth, die mit Zinn zusammen gelöthet waren, zusammengesetzt, und die Polenden derselben standen durch 1^u dicke Kupferdrähte mit Quecksilbernäpfschen in Verbindung, in welche andererseits die beiden amalgamirten Enden des um das Hufeisen gewundenen Drahtes eingetaucht waren. Die Temperatur-Differenz wurde durch Erkältung mittelst Eis, und durch Erhitzung mit einem heißen Eisen gegeben. N. Gehler, Bd. 9. S. 799. Munkke's thermo-elektrischer Apparat, mit dem er die magnetisirende Wirkung der Thermo-Elektricität zeigte, und mit dem sich außer der magnetischen auch alle andern Wirkungen der thermo-elektrischen Ströme gut anstellen lassen, ist eine Thermo-Säule von 81 Paaren 27 Linien langer, 5 Linien breiter und 4 Linien dicker Antimon- und Wismuth-Stangen, deren Wirkung durch Beihülfe eines Induktions-Multiplikators unterstützt wird; welcher hier in gleicher Weise einen Strom erregt, wie unter verwandten Umständen der Induktions-Strom an einer hydro-elektrischen Kette entsteht. (S. 95.) Die Stangenpaare sind in 9 Reihen, jede zu 9 Paaren, neben einander geordnet, die Zwischenräume mit Gyps ausgefüllt, und die einzelnen Reihen ebenfalls mittelst eines Ueberzuges von Gyps auf einander geklebt, so daß das Ganze, nachdem auch alle Außenflächen mit einer Gypslösung geebnet sind, einen vierkantigen Körper bildet, der 28 Lin. hoch, 5 Zoll 5 Lin. breit und 8 Zoll 3 Lin. lang ist. Um die Aufweichung des Gypses durch die Nässe zu verhüten, ist die Außenseite mit einem Ueberzuge von in Weingeist aufgelösetem Schellack versehen. An die beiden freien Enden einer Wismuth- und einer Antimonstange, welche die Pole der Säule bilden, ist jederseits ein Kupferdraht von nahe 1 Lin. Dicke, angelöthet. Die 9 Reihen sind

außerdem mittels 8 Verbindungsstangen durch Löthung mit einander vereinigt, so daß auf jeder der breiten Flächen des Apparates 90 Löthstellen vorhanden sind. Der dazu gehörige Induktions-Multiplikator besteht aus 20 zusammengelötheten, 15 Linien breiten Kupferstreifen, welche zusammen ein Continuum von 110 Fuß machen, und um einen 18 Linien hohen und 21 Linien im Durchmesser haltenden Cylinder von weichem Eisen, der vorher von einer dreifachen Lage dünnen Papiers und dann von einer hölzernen Kapsel von etwa 1 Linie Dicke umgeben worden ist, gewickelt sind. Die einzelnen Windungen sind durch Papier oder zwischengelegtes Seidenband von einander isolirt, und an die beiden Enden des Kupferstreifens Kupferdrähte aufgelöthet, deren Enden amalgamirt und in Quecksilbernapfchen eingetaucht sind, in welche auch die Polardrähte der Säule eingesetzt werden. Ist der Apparat auf diese Weise vorgerichtet, und werden die untern Löthstellen der Säule durch in einem mit 3 Linien hohem Rande versehenem Gefäße von Weißblech, woein die Säule gesetzt wird, befindliches Wasser (dem zur Erniedrigung der Temperatur noch Eisstückchen beigemischt sind) abgekühlt, und die obern Junkturten zugleich sämmtlich durch eine darauf gestellte Kupferplatte, auf welcher glühende Kohlen liegen, erhitzt: so entsteht ein Strom, der den Eisencylinder in solchem Grade magnetisch macht, daß seine obere Fläche eine nebenstehende Magnethadel mit großer Festigkeit anzieht und so lange festhält, als die Kette geschlossen ist. Wird einer der Polardrähte aus einem Quecksilbergefäße herausgehoben und so die Kette wieder geöffnet, so springt die Spitze der Nadel sogleich wieder zurück, — wobei gleichzeitig ein knisternder, in grünlichem Lichte leuchtender Funke ausblitz. Schließt man die Kette wieder und taucht zwei Kupferdrähte, die man zwischen den mit etwas gesäuertem Wasser benetzten Fingern hält, in die Gefäße ein: so empfindet man bei jedesmaligem Öffnen der Kette einen merklichen Erschütterungsschlag, der noch empfindlicher wird, wenn man die Zunge mit den reinen Enden der beiden Drähte berührt. Die Empfindlichkeit des Instruments ist überhaupt so bedeutend, daß, wenn nach Fortnahme des Induktions-Multiplikators die Polardrähte mit den Enden eines Nobilt'schen Multiplikators von nur 80 Windungen verbunden werden und der Apparat in einem geheizten Zimmer aufgestellt ist, durch den Temperaturwechsel

der Unterlage, worauf er steht, mit der umgebenden Luft, die Nadel des Multiplikators unausgesetzt um 40 bis 60° abgelenkt wird; ja! daß schon durch bloße momentane Berührung der einen Fläche der Säule mit der flachen Hand, oder nur mit einem Finger, oder durch Anhauchen derselben, vorübergehende Abweichungen der Nadel entstehen, und daß selbst mit größter Leichtigkeit ein kontinuierlicher Strom erregt werden kann, wenn man z. B. die eine Fläche an die Fensterscheibe eines geheizten Zimmers anlegt. Der Erfinder glaubt, daß, durch geschickte Benützung der Umstände, mit gleicher Leichtigkeit ein beständiger elektrischer Strom von gleichmäßiger Stärke durch die Säule erzeugt werden könne, wie er zur elektrischen Telegraphie erforderlich ist. Pogg. Ann. Bd. 47, S. 451.

§. 107.

Anwendung der Thermo-Säule als Wärmemesser. Das magnetische Thermometer und Pyrometer. **Becquerel's** und **Dutrochet's** Magneto-Thermometer zu Erforschung der Eigenwärme kaltblütiger Thiere und Pflanzen.

Da schon durch ganz schwache Erwärmung oder Erkältung der Lötstelle zweier Metalle, die in der thermo-elektrischen Spannungsreihe weit von einander liegen, ein Strom in diesen erweckt wird, der sich durch Wirkung auf ein empfindliches Galvanometer bemerklich macht (§. 105.): so giebt der Thermo-Magnetismus ein vorzügliches Mittel an die Hand, geringe Grade von Wärme, die durch die gewöhnlichen Thermometer wegen unzureichender Empfindlichkeit nicht mehr angezeigt werden, zu erforschen und zu messen. Die Erfahrung hat bestätigt, daß die thermo-elektrische Säule in dieser Hinsicht die Stelle eines jeden andern Differential-Thermometers ersetzen kann; indem die Empfindlichkeit derselben, wenn sie als magnetisches Thermometer benutzt wird, so groß ist, daß sie selbst Tausendtheile eines Centesimalgrades noch signirt. Nobili und Melloni (der sich dazu einer bessern Einrichtung der in §. 106. beschriebenen Becquerel'schen Säule bediente) machten auf diesem Wege höchst interessante Entdeckungen über Wärmestrahlung, die in Pogg. Ann. Bd. 20. u. 27, und in Schweigg. Journ. Bd. 53. mitgetheilt sind. Wird z. B. der Mittelpunkt der Becquerel'schen

Säule, wo die einen Löthstellen nahe bei einander liegen, in den Brennraum eines Hohlspiegels gebracht, und dieser den verschiedenen Wänden eines Zimmers zugekehrt: so zeigt die mit jener in Verbindung stehende Galvanometer-Nadel, von dem dadurch erregten thermo-electrischen Strome afficirt, genau die Verschiedenheit der strahlenden Wärme an, welche von den Wänden ausgestrahlt wird. Eben so wird die Nadel auch bewegt, wenn durch ein Linsenglas Wärme in die Convergenzstelle der einzelnen Ketten concentrirt wird. Eine aus Bismuth und Spießglanz zusammengesetzte Säule diente den genannten Gelehrten auch zu Experimenten über die eigenthümliche Lebenswärme der Insekten. Andere Apparate zu dergleichen Wärmestrah-
 lungsverfuchen sind in dem Repert. v. D. u. M. Bd. 1, S. 356. aufgeführt. Eine zwar weniger empfindliche Batterie, als eine aus Antimon und Bismuth gebildete, die aber leichter anzufertigen und zu einem Differential-Thermometer sehr gut brauchbar ist, giebt eine Combination von etwa 24 Paaren ganz dünnen und $1\frac{1}{2}$ “ langen Stücken Platin- und Eisendraht, die der Länge nach an einander gelöthet und in der §. 106. gedachten Methode Votto's um ein Lineal gebogen werden. Da nämlich, bei manchen Versuchen dieser Art, der Eindruck einer sehr schnell vorübergehenden Wärmeerregung bestimmt werden soll: so kommt es weniger auf eine große Empfindlichkeit und auf eine weite Ablenkung der Galvanometer-Nadel, als vielmehr darauf an, daß in dem magnetischen Thermometer durch die Einwirkung der zu prüfenden Wärme schnell genug ein constanter Strom sich erzeuge, durch den auch die Nadel bald (und nicht erst nach langem Traversiren) in eine constante Ablenkung gebracht wird *) und daß nach Entfernung der Wärmequelle eben so schnell das magnetische Thermometer auf seine ursprüngliche Temperatur (zur Wärme-Indifferenz) und die Nadel in ihre Ruhelinie zurückkehre. Diesen

*) Bei sehr empfindlichen magnetischen Thermometern ist dieses nicht der Fall, und die Nadel nimmt bei diesen erst nach vielen Oscillationen eine stationäre Ablenkung an. Um dieses zu verhindern, ist vorgeschlagen worden, die Schwingungen der Nadel durch eine darunter angebrachte Kupferscheibe zu beeinträchtigen (§. 100.); allein es wird dadurch dem Uebelstande nur theilweise abgeholfen. Melloni suchte daher die Brauchbarkeit seines Instrumentes dadurch herzustellen, daß er den Grad der einfließenden Wärme nach dem Verhältniß der Größe des Bogens, um welchen die Nadel bei dem ersten Impuls abwich, zu dem, den sie bei der bleibenden Ablenkung machte, durch Rechnung bestimmte.

Vorthheil gewährt der eben beschriebene Apparat aus Platin- und Eisendraht. Gewöhnlich schon nach zwei Minuten nimmt die zu ihm gehörige Magnetnadel eine feste Stellung an, und eben so bald tritt sie, wenn der Wärmequell entfernt wird, auf 0 zurück; besonders, wenn die Entfernung des erstern nicht zu plötzlich, sondern allmählich erfolgt, und dadurch größere Schwingungen der Nadel vermieden werden. — Ein ebenso schätzbares Mittel bietet das Magneto-Thermometer zur Untersuchung der Temperatur an Orten dar, wohin unsere gewöhnlichen Thermometer nicht gebracht werden können, z. B. von dem Wasser in tiefen Brunnen und in der Tiefe des Meeres, von der Luft in Bergwerken und in andern Tiefen des Erdbodens. Eine einfache Kette aus einem Stück Eisen- und Kupferdraht, die mit ihren einen Enden zusammengelöthet und mit den andern Enden mit den Drahtenden eines Multiplikators innigst verbunden sind, ist dazu geeignet. Man senkt die Löthstelle derselben z. B. bis zu der zu untersuchenden Meeres-tiefe ein, während die Verbindungsstellen der Kette mit dem Multiplikator außerhalb durch künstlichen Frost abgekühlt werden — wo dann die Magnetnadel durch den Bogen ihrer Abweichung die Temperatur der untersuchten Stelle anzeigt. Becquerel hat durch diese Methode die Temperatur der See bis zu einer Tiefe von 1000 Fuß genau bestimmt. Peltier brauchte, um die Temperatur eines tiefen Brunnens zu untersuchen, eine thermoelektrische Kette, die aus einem 42 Meter langen Eisenz- und aus einem eben so langen Kupferdraht bestand. Die eine der Löthstellen ward in den Brunnen eingesenkt, die andere blieb in dem Zimmer des Beobachters, wo ein in die Kette eingeschalteter Multiplikator die Anzeige machte, welche Strömung die vorherrschende war. Die obere Löthstelle wurde in eine Flüssigkeit getaucht, und die Temperatur der letztern so lange gesteigert oder vermindert, bis die Nadel in dem Multiplikator auf 0 zu stehen kam, und dadurch das Zeichen gab, daß die Temperatur beider Löthstellen gleich war. Durch ein in die Flüssigkeit gehaltenes Thermometer erfuhr er dann den Grad der Temperatur des Brunnenwassers. Mit Hilfe einer ähnlichen Kette, deren eine Junktur sich über den Firsten seiner Wohnung befindet, erforscht derselbe Physiker die Temperatur der Atmosphäre in einer Höhe von 23 Meter über der Oberfläche der Erde, und knüpft an das Gelingen dieser Versuche selbst die Hoffnung, sie mittels eines

kleinen Aërostaten in noch weit größeren Höhen messen zu können. Wenn bei dem Messen der Temperatur von Wässern die Beobachtung nicht fehlerhaft werden soll; so darf eine Vorsichtsmaßregel nicht versäumt werden, die gegen die mögliche Einwirkung eines hydro-electrischen Stromes gerichtet ist, welcher durch die ungleiche Wirkung der Flüssigkeit auf die verschiedenen Metalle erregt werden kann. Man hat dazu empfohlen, die Metalldrähte mit Ueberzügen von Theer oder Harz zu versehen. Da aber dergleichen Hüllen leicht schadhast werden können, so räth Peltier, die Metalldrähte lieber zu verzinnen, dadurch ihnen Homogenität zu geben und nur die zusammengelötheten Enden der Drähte bloß zu lassen, und diese selbst in Glasröhren hermetisch zu verschließen. —

Durch einen in der Form von den bisherigen Magneto-Thermometern abweichenden thermo-magnetischen Apparat sind von Dutrochet und Becquerel mittels subtiler Versuche auch sehr dankenswerthe Aufschlüsse in Bezug auf die selbstständige innere Lebenswärme der kaltblütigen Thiere und der Pflanzen-Organismen gegeben worden. Es hat dieser Apparat entweder die Form von Fig. 58. a, und besteht dann in zwei metallenen Nadeln **KE**, **KE**, wovon eine jede aus einem gleich langen Stück Eisens- und Kupferdraht durch Löthung (bei **e** und **d**) zusammengesetzt ist. Die freien Enden **a** und **b** der Eisendrähte sind mit einem bogenförmigen Eisendraht **A**, und die freien Enden **e** und **f** der Kupferdrähte mit den Endstücken eines Galvanometers von nur wenigen Windungen und mit Nobil'schen Magnetsnadeln in Verbindung. Die Löthstellen **c** und **d** werden bei dem Experimentiren in das Innere der Pflanzen, deren Temperatur-Differenz ermittelt werden soll, gebracht, indem man mit den Nadeln bis zu ihren Löthstellen dieselben von einer Seite zur andern durchsticht. Oder er hat besser, besonders bei seiner Anwendung auf thierische Organismen, die Form von Fig. 58. b, wo die Eisendrähte **EE** mit dem Eisendrahtbogen **A** ein Continuum ohne Löthung bilden, und an den freien Enden **c** und **d** des Drahtes jederseits ein gleich starker und langer Kupferdraht **K** und **K** angelöthet ist*), so daß folglich die Löthstellen der Nadeln

*) Zu feinen Experimenten ist die genaueste Uebereinstimmung in der Stärke und Länge der Metalldrähte, in den Nadeln und in der Art ihrer Löthung,

sich nicht in der Mitte, sondern an den Enden befinden. Diese stumpfspitzigen Löthstellen, welche fein genug seyn müssen, um leicht und ohne Zerstörung der Lebenshätigkeit der Organismen in diese eingestochen werden zu können — zu welchem Zwecke die an ihnen zusammenstoßenden verschiedenen Drähte ganz nahe an einander liegen, und fast parallel eine Strecke weit neben einander hinlaufen, nur durch eine Lackschicht getrennt (welche theils sie gegenseitig isoliren, theils eine etwaige Drydation und die Mitwirkung eines fremden elektro-chemischen Stromes verhüten soll) — werden beim Gebrauche des Apparates einige Linien tief in die Körper eingesenkt, deren Temperatur man mit einander vergleichen will; und dann die Enden e und f der Kupferdrähte mit dem Galvanometer in Verbindung gesetzt, in welchem das Nobili'sche Nadelpaar sodann die geringste Differenz der Temperatur der beiden Löthstellen nach der Größe des dadurch erzeugten elektrischen Stromes durch seine Abweichung anmeldet, und so auf indirektem Wege die Wärme mißt. Bei den Versuchen auf die Eigenwärme der Pflanzen wurden von Dutrochet Stengel von lebenden und von ebenso dicken, durch 5 Minuten langes Ein-tauchen in 50° C. heißes Wasser getödteten Pflanzen gewählt, welche ganz nahe bei einander, um die Einmischung einer Temperatur-Veränderung durch ungleiche Verdunstungskälte in dem todten und lebenden Pflanzen-Organismen entfernt zu halten, in einer Glasglocke standen, deren Luft durch von dem Boden derselben verdunstendes Wasser so mit Wasser gesättigt wurde, daß die Ausdünstung sowohl der todten als der lebenden Pflanze aufgehoben war. Die eine Löthspitze c des Apparates (Fig. 58. h) wurde in die noch vegetirende, die Spitze d in die getödtete Pflanze so tief eingeführt, daß die Löthstelle just sich in der Achse derselben befand — und als Resultat nach einer großen Zahl von Experimenten gewonnen, daß alle Vegetabilien

ein wesentliches Erforderniß. Man muß daher dieselben vor ihrer Anwendung darauf prüfen; was nach Dutrochet so geschieht, daß man die beiden Spitzen der Löthstellen gleich tief neben einander in ein mit Del gefülltes Gefäß taucht, das man ein wenig über die Temperatur der umgebenden Luft erwärmt hat. Sind die Nadeln in allen ihren Verhältnissen gleichstimmend, so behält die Nadel in dem Multiplikator ihre Ruhelage bei; ist dieses nicht der Fall, so weicht die Nadel nach der einen oder der andern Seite ab, und ist daher nicht brauchbar.

einen geringen Grad von ihnen eigner Lebenswärme besitzen, welche einem täglichen Parorysmus unterworfen ist, und des Tages über mehrere Mal steigt und fällt. Bei den Untersuchungen über die Eigenwärme im Innern kaltblütiger Thiere (z. B. der Insekten, Frösche, auf die besonders Becquerel vielen Fleiß verwendete) wurde, analog mit dem obigen Verfahren, die eine Löthspitze in den Körper (in das Abdomen) eines lebenden Thieres, die andere in den eines mit heißem Wasser getödteten von gleicher Art und Größe eingebracht, welche ebenfalls in einer mit Wasser gesättigten Luft enthaltenden Glasglocke, auf Stäbchen festgebunden, sich befanden, und dadurch der durch Verdunstung bewirkten Abkühlung entzogen waren. Als Resultat dieser Forschungen, für welche übrigens Becquerel noch keine Vollständigkeit vindicirt, ergab sich, daß auch den Thieren mit kaltem Blute eine die Temperatur des sie umgebenden Mediums übersteigende Lebenswärme eigen ist; aber auch diese in viel geringeren Graden, als bisher von andern Beobachtern, z. B. von Spallanzani, Berthold, Davy (die, um die kleine Kugel eines Thermometers in den Körper der zu untersuchenden Insekten bringen zu können, diese bedeutend verwunden mußten, und die Temperatur derselben daher nicht in ihrem natürlichen Zustande, sondern in dem schmerzhaften einer Verwundung untersuchten) bei Versuchen mittels des gewöhnlichen Thermometers ausgemittelt worden war. —

Um den Schmelzpunkt von Metallen, die nur bei sehr starker Hitze schmelzen, z. B. des Silbers, Goldes und Stahls, zu bestimmen, hat Pouillet ein magnetisches Pyrometer angepriesen, welches ein Flintenlauf mit zwei angelötheten Platindrähten ist, die mit einem Multiplikator aus 25 Windungen eines ganz schmalen und dünnen Kupferstreifens in Verbindung sind. Eine in diesem schwebende Magnemadel zeigt durch die Größe ihrer Ablenkung den Schmelzpunkt des zu prüfenden Metalles, wenn eine Löthstelle der Kette in dieses gebracht wird, in Graden eines gewöhnlichen Thermometers an *).

*) An eine andere nützliche Anwendung der thermo-elektrischen Kette, nämlich zur Prüfung der Metalle auf ihre Reinheit oder Vermischung mit andern Metallen, ist (§. 105. *) erinnert worden.

S. 108.

Gegenwirkung des Thermo = Magnetismus mit dem Galvanismus. Das thermo = magnetische Kreuz **Peltier's.**

Durch das magnetische Thermometer wurde Peltier zu der Wahrnehmung geführt, daß der thermo = elektrische Strom auch einer eigenthümlichen Gegenwirkung mit dem hydro = elektrischen Strome unterworfen ist; indem die Lötstellen einer thermo = elektrischen Kette, wenn ein schwacher galvanischer Strom durch sie streicht, je nach der Richtung dieses Stromes erwärmt oder abgekühlt werden. Erwärmt wird die Lötstelle durch denjenigen Strom, welcher sich entgegengesetzt zu dem thermo = elektrischen Strom verhält, welcher sonst durch Erwärmung der Lötstelle erregt worden seyn würde; abgekühlt dagegen durch denjenigen, der dem thermo = elektrischen Strome entgegengesetzt ist, welcher durch Erkältung der Lötstelle entstanden seyn würde. Die entstandene Temperatur = Differenz wird durch das magnetische Thermometer (S. 107.) gemessen, indem dasselbe mit seiner Lötungsstelle in die zu prüfende quer durchbohrte Stelle des thermo = magnetischen Bogens eingeschoben wird. Zur genauen Untersuchung solcher Temperatur = Veränderungen durch den galvanischen Strom eignet sich am besten Peltier's thermo = magnetisches Kreuz, welches aus zwei Streifen von ungleichartigen Metallen, z. B. Antimon und Wismuth, besteht, die in Form eines Kreuzes über einander gelegt, und an ihrer Durchkreuzungsstelle zusammengelötet sind. Zwei Enden dieses Kreuzes werden mit dem Strome einer galvanischen Kette, der so schwach sein muß, daß die Metalleitungen nicht erglühen können, in Verbindung gesetzt, so daß dieser folglich durch die Lötungsstelle geht. Es entspringt daraus eine Erwärmung oder Abkühlung in dieser, welche an dem Galvanometer deutlich wahrnehmbar wird, wenn man bald, nachdem der galvanische Strom unterbrochen wurde, dieses mit den beiden andern Enden des Kreuzes in Berührung bringt. Weiter verfolgt sind Peltier's Untersuchungen von Moser in dem Repertorium, Bd. 1. S. 349. u. flg. Höchst interessant ist unter anderm das Verfahren, welches derselbe in Bezug auf die erwärmende und erkältende Kraft des durch die Becquerel'sche Kette (S. 36.) erregten galvanischen Stromes, auf die Lötstelle des Peltier'schen Kreuzes, anem-

pfiehlt. Man bedient sich dabei, um die Versuche öfters wiederholen zu können, einer Becquerel'schen Kette nach einem größern Maasstabe, als die in §. 76. angegebene. Der äußere Behälter besteht nämlich aus einer mit ihrer Oeffnung aufwärts gestellten Glasglocke, welche 10 Zoll hoch und $4\frac{1}{4}$ Zoll weit, und deren Boden mit feinem Thon bedeckt ist. In diesen wird ein an beiden Enden offener Glaszylinder, der 8 Zoll Höhe und $3\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmesser hat, fest eingedrückt, und hierauf in denselben eine starke Lösung von Aetzkali gegossen. Die Glocke selbst wird mit concentrirter Salpetersäure gefüllt. In jede der beiden Flüssigkeiten ist eine Platinplatte von 6—7 □ Zoll Fläche, an die ein Platindraht angelöthet ist, eingetaucht. Moser fand, als er die Platte im Aetzkali mit dem Wismuthstreifen, und die in der Säure mit dem Antimonstreifen des Kreuzes eine Minute lang in leitende Verbindung gesetzt, hierauf die Verbindung wieder aufgehoben und das Kreuz anderseits mit dem Galvanometer geschlossen hatte, daß die Nadel des letztern um $+9^\circ$ abwich und durch ihre Bewegung eine Erwärmung zeigte. Als er das Verfahren umkehrte, und die Platinplatte im Aetzkali mit dem Antimon und die andere in der Säure mit dem Wismuth verband, zeigte die Nadel in dem Multiplikator nach Verlauf einer Minute eine Erkältung an, und wich um -6° aus ihrer Lage. — Von Lenz ist die Kälteerzeugung durch den galvanischen Strom an Peltier's Kreuze selbst bis zur Eisbildung gesteigert worden. —

§. 109.

Thermo=elektrische Ströme in einem einzigen Metalle. Thermo=elektrische Ringe und Stangen. Thermo=Electricität in einzelnen, **dehnbaren**, Metallen. **Becquerel's** Ansicht über die Entstehungsart der thermo=elektrischen Erregung. Wirkung der einfachen Thermo=ette auf das Elektrometer.

Nach Seebeck lassen sich selbst in einem einzigen Metalle durch ungleiche Erwärmung elektrische Ströme erwecken, welche sich wenigstens durch ihre Wirkung auf die Compagnadel darthun — und zwar wiederum am leichtesten in solchen Metallen, in deren Textur stellenweise Ungleichheiten zugegen sind, die der gleichmäßigen Fortbewegung des Wärmestoffs ein Hinderniß setzen, wie dieß z. B.

in dem Wismuth, Antimon und Zink der Fall ist, welche, wenn sie geschmolzen werden, beim Erstarren an manchen Stellen schneller erkalten als an andern, und dadurch zum Theil (sternförmig) krystallinisch werden, während die Theile, welche schneller abgekühlt werden, eine dichte und feinkörnige Masse bilden. Doch ist bei Magneto- motoren von nur Einem Metalle zu Erregung elektrischer Ströme ein höherer Grad von Ungleichheit in ihrer Temperatur erforderlich, als bei Erregern von zwei Metallen. Seebeck goß sich $\frac{1}{2}$ Zoll dicke und 5 bis 6 Zoll weite Ringe von Wismuth und Antimon, und fand, daß diese bei stellenweiser Erwärmung an manchen Stellen eine starke magnetische Polarisation, an andern Stellen dagegen gar keine oder nur eine sehr schwache zeigten. Diese magnetischen und magnetisch-indifferenten Stellen ließen sich aber nicht voraus bestimmen, sondern mußten durch Versuche ausgemittelt werden. In einem Ringe von Antimon (Fig. 59^a.) trat die magnetische Polarität im Maximo an dem Punkte **E** (dem Eingusspunkte des Ringes) oder **D** auf, wenn der eine oder der andere dieser Punkte einzeln durch eine schmale Weingeistlampe erhitzt wurde; an zwei andern Punkten **e** und **d** dagegen fehlte bei ihrer einzelnen Erhitzung dieselbe ganz oder zeigte sich im Minimo. Wurden die Punkte **E** und **D** gleichzeitig und gleich stark erwärmt, so wurde gar keine Spur von magnetischer Polarität bemerkt. Einzeln erwärmte Punkte zwischen **E** und **D** gaben sich um so stärker oder um so schwächer polarisch, je näher sie entweder **E** und **D** oder **e** und **d** lagen. Die Entstehung des Magnetismus wird in dem scheinbar homogenen Metalle offenbar durch die Ungleichheit seiner Textur befördert, die es beim Festwerden durch ungleiche Abkühlung erlangt hat, und vermöge welcher der Ring als aus zwei ungleichartigen Hälften bestehend zu betrachten ist, wovon die eine **EeD** ein westliches, die andere **Edd** ein östliches Metall aus der thermo-elektrischen Reihe vorstellt. (S. 105.) Bei einem zweiten Ringe, den Seebeck aus demselben Metalle goß, hatten die zwei Punkte der größten Polarität und der elektrischen Indifferenz eine ganz andere Lage unter einander und gegen den Eingusspunkt des Ringes. In einem aus Wismuth gegossenen Ringe (Fig. 59^b.) lagen die Punkte der stärksten Polarität sich diametral gegenüber in **E** und **D**, in gleichem Abstände von dem Eingusspunkte des Ringes, der in **a** war, und die Indifferenzpunkte in **e** und **d**.

Es verhielten sich dann die gleichen Hälften **EeD** und **Edd** durch die Verschiedenheit in ihrem krystallinischen Gefüge als westliches und östliches oder als positives und negatives Metall zu einander. — Ähnliche Resultate geben einfache Cylinder und prismatische Stangen von krystallinischem Gewebe. Erhitzt man z. B. eine 6 bis 8" lange und $\frac{1}{2}$ bis 1" starke aus Wismuth gegossene vieredrige Stange, die man unter oder über einer empfindlichen Magnetnadel in die magnetische Mittagslinie gestellt hat, durch die Flamme einer Weingeistlampe an irgend einem ihrer Enden: so wird man, wenn die Stange langsam um ihre Achse gedreht wird, finden, daß die Nadel, sobald ihr eine Kante der Stange zugekehrt ist, aus ihrer Richtung abgelenkt wird, daß sie aber bei der nächsten Kante ruhig bleibt, dann bei der dritten wieder sollicitirt wird, indem sie nach der andern Seite abweicht, und bei der vierten abermals sich ruhig verhält — woraus hervorgeht, daß die Stange durch die Erwärmung magnetisch geworden ist, und sich an zwei diametral entgegengesetzten Kanten die entgegengesetzte Polarität gebildet hat, während die zwei dazwischen liegenden indifferent geblieben sind. Wiederholt man den Versuch mit einer cylindrischen Stange von demselben Metalle: so zeigen sich bei der Umdrehung derselben ebenfalls mehrere von Electricität durchströmte Stellen, welche die Magnetnadel richten, und von denen je zwei immer eine indifferent sich verhaltende zwischen sich haben. Schweigg. Journ. Bd. 37. S. 21.

Daß selbst einzelne, **dehnfame** Metalle, die dem Anscheine nach einer besondern krystallinischen Textur erbrechen, wie z. B. Kupfer, Eisen, durch Temperatur = Veränderung elektrisch werden können, vermuthete man schon früher aus der Wirkung erhitzter Metalle auf den Condensator. Hält man das eine Ende eines zugespitzten Eisendrahtes, den man, um ihn isolirt fassen zu können, vorher in der Mitte mit Siegellack überzogen oder mit Seide umwunden hat, in eine Lichtflamme, während das andere Ende desselben mit dem auf seiner Basis ausliegenden Collector eines gewöhnlichen Condensators in Berührung ist: so zeigt sich, wenn nach Verlauf von einigen Sekunden der Draht isolirt entfernt und der Collector aufgehoben wird, an einem mit ihm verbundenen Electroscopie Electricität frei, die jener von dem durch die Erwärmung elektrisirten Drahte empfangen hatte. Eben so giebt sich auch ein

kleines isolirt stehendes Feuerbecken, in das man lebhaft glühende Kohlen geworfen hat, an dem Condensator nach einigen Minuten elektrisch. Indessen ist wahrscheinlicher die Quelle der Electricität in diesen Fällen eine chemische, und durch den Verbrennungsproceß angefaßt. (S. 22.) Wissenschaftlich aufgefaßt und magnetomotorisch nachgewiesen wurde die Thermo-Electricität einfacher dehnbaren Metalle, mit Bestimmtheit und durch überzeugende Versuche, erst durch v. Yelin, der zu diesem Zwecke einen dicken Kupferdraht in ein Viereck, wie Fig. 60., zusammenbog und das Ende **D** desselben bei **C** durch Niete auf das Innigste verband (und, um die etwaige Einwirkung eines zweiten Metalles zu umgehen, absichtlich nicht zusammen löthete). Wenn das hervorragende Ende **A** des Drahtes durch die schmale Flamme einer Spirituslampe erhitzt, und die Stelle **B** zu gleicher Zeit mit Eis abgekühlt wird, so wird sogleich eine im Innern des Drahtbogens schwebende Magnetnadel unruhig und weicht aus ihrer Richtung. Will man die thermo-magnetischen Erscheinungen an einem dehnbaren Metalle mit Beihülfe eines Multiplikators sich vergegenwärtigen: so darf man nur das eine von Seide entblößte Ende eines aus nicht zu vielen (S. 103.) Windungen bestehenden Multiplikators von dickem Kupfer-, Platin- oder Silberdrahte bis zum Glühen erhitzen, und dasselbe mit dem andern Ende entweder durch genaues Andrücken oder dadurch, daß man es mit ihm zusammen haft, in genaue Berührung bringen, wo alsbald ein elektrischer Strom in dem Multiplikator eintreten wird, der von dem heißen zu dem kalten Ende, also mit der Wärme, geht und der in den Multiplikator gestellten Magnetnadel seiner Richtung nach einen Ausschlag ertheilt. Ist der Multiplikator-Draht nicht dick genug, so bleibt die Erscheinung manchmal aus, wo man sich dann, nach Becquerel's Vorschlag, dadurch hilft, daß man, um die Metallmasse zu concentriren, die beiden von Seide bloßen Endstücken in eine dichte Spirale aufrollt und, um die Berührungspunkte zugleich zu vermehren, die eine Spirale in die andere einwindet. Die Erhitzung muß dann an einem Ende der Spirale angebracht werden *).

*) Selbst an einem ganz gewöhnlichen Multiplikator von 100 Windungen feinen Kupferdrahtes, der nach Fig. 22. eingerichtet war und dessen Drahtenden eine kurze Spirale von wenigen Windungen bildeten, wurde von mir noch eine Ablenkung der (nicht astatischen) Nadel von 3 bis 5°

Werden die Drahtenden des Multiplikators zusammen gelöhnet, oder bringt man die Wärmequelle zu weit von dem Berührungspunkte der beiden Drahtenden an, so bleibt die Magnetnadel ebenfalls in Ruhe, zum Beweise, daß kein elektrischer Strom eingetreten ist; bringt man aber mit dem Drahte in der Nähe der Erhitzungsstelle ein größeres kaltes Stück desselben Metalles in Berührung, so thut sich sogleich die Erregung eines elektrischen Stromes durch die Traversirung der Nadel kund. Eben so bleibt ein Stück Platindraht, dessen Enden man mit den Drähten eines Galvanometers verbindet, elektrisch = indifferent, wenn man es an einer Stelle erhitzt; es macht sich dagegen sogleich ein thermo = elektrischer Strom in ihm durch die Bewegung der Nadel bemerklich, wenn man einen Knoten in den Draht schlingt und in dessen Nähe ihn erhitzt. Bei ähnlichen Manipulationen entquellen auch andern homogenen Metallen thermo = elektrische Ströme, wenn man zwei Stücke derselben von gleicher Beschaffenheit in Form von kleinen Scheiben, Platten oder von Drähten, mit den Endstücken des Multiplikators in Verbindung bringt, und dann die eine Platte oder das eine Drahtstück, nachdem man es stark erhitzt hat, an das andere kalt gebliebene andrückt. Indessen macht sich in allen diesen Fällen der elektrische Strom nur für einen Augenblick in seiner ganzen Stärke auf das Galvanometer bemerkbar, indem sich die Wärme = Differenz in den beiden Metallen durch die Berührung sehr schnell ausgleicht. — Becquerel schöpfte aus diesen und ähnlichen Thatsachen einen Hauptbeweis dafür, daß es bei Erregung des Thermo = Magnetismus nächst der Erhitzung hauptsächlich darauf ankommt, daß der Wärmestoff auf beiden Seiten der erhitzten Stelle nicht gleichmäßig, sondern nach der einen Seite schneller als nach der andern fortgepflanzt wird. So wird ein Eisendraht, den man vorher an irgend einer Stelle bis zum Rothglühen erhitzt hat, wenn er nach dem Erkalten nahe bei der ausgeglühten Stelle mit der Flamme einer Spirituslampe erhitzt wird, thermo = elektrisch, und richtet, mit einem empfindlichen Galvanometer in Verbindung, die Nadel in die-

beobachtet. Waren die Drahtenden nur hakenförmig umgebogen, so wurde die Nadel wenigstens unruhig, wenn das eine erhitzte in das andere kalt gelassene Ende eingehakt wurde.

sem; weil die ausgeglühte Stelle durch die starke Hitze eine Veränderung in ihrem Gefüge oder in der Art ihres Zusammenhanges erlitten hat, durch welche die gleichmäßige Fortleitung der nachher hier einwirkenden Wärme nach entgegengesetzten Seiten verhindert wird. Selbst durch eine kleine Verschiedenheit in der Härte oder Politur eines Metalles, wird die zur Erregung eines thermo-elektrischen Stromes erforderliche Bedingung ungleichmäßiger Fortbewegung der Wärme erfüllt. Ein hufeisenförmiges Stück Eisen z. B. wird thermo-elektrisch, wenn der eine Schenkel gehärtet, der andere Schenkel weich angelassen und die Mitte seines Bogens erhitzt wird. Das Gleichgewicht der beiden natürlichen Elektricitäten wird bei der Einwirkung der Wärme in den Metallen aufgehoben und jene von einander getrennt (S. 13), wo dann die positive Elektricität auf die kältere Stelle des Metalles zu — die negative von ihr wegströmt. Ginge nach beiden Seiten die Bewegung des Wärmestoffs mit derselben Schnelligkeit, so würden elektrische Ströme gleicher Art in entgegengesetzter Richtung auftreten, welche sich bei ihrem Begegnen einander aufheben und daher ohne Wirkung bleiben. Wird aber die Wärme auf beiden Seiten der erhitzten Stelle ungleichmäßig fortgeleitet, so wird auch der elektrische Strom an einer Seite lebhafter als an der andern, und tritt sodann mit dem Ueberschusse seiner Inten-
sität über die des entgegengesetzten Stromes thätig auf, lenkt die Galvanometer-Nadel ab u. s. w. Zur Erregung dieses Vorganges ist nicht die Fortbewegung des Wärmestoffs durch die ganze Länge des Metalles erforderlich, sondern schon ausreichend, wenn durch die Wärme die Zerlegung der beiden Elektricitäten nur an Einer Stelle angeregt wird, indem diese dann auf die übrige Masse des Metalles sich von selbst weiter fortsetzt.

Becquerel bestimmte den thermo-elektrischen Strom eines homogenen Metalles, des Platins, mit Hülfe des Multiplikations-Princips und des Condensators selbst zur Wirkung auf das gewöhnliche Elektrometer. Er steckte einen Draht von diesem Metalle in eine Glasröhre, deren anderes Ende zugeschmolzen war, so daß der Draht aus der offenen Mündung der Röhre etwas hervorragte. Das zugeschmolzene Ende der Röhre wurde mit einem Platinsaden spiralförmig umwunden, der mit der Erde in leitender Verbindung war, und das hervorstehende Ende des in der Glasröhre eingeschlosse-

nen Drahtes mit der Condensatorplatte eines condensirenden (Ben-
net'schen) Elektrometers, welche er vorher (um die Erregung einer
Contact's-Elektricität, durch die Berührung der beiden heterogenen
Metalle, außer Spiel zu bringen) mit einer gut leitenden Scheibe
von feuchtem Papier belegt hatte, in Berührung gebracht. Als er
hierauf die Spirale nebst dem von ihr eingeschlossenen Theile der
Glasröhre bis zum Rothglühen erhitzte, zeigte sich die Kollektorplatte
mit einem Ueberschusse von positiver Elektricität geladen. Das glü-
hende Glas wirkt hier als guter Leiter, und führt den durch Er-
hitzung der Spirale erregten und in gleicher Richtung mit der Wärme
sich bewegenden elektrischen Strom dem innern Drahte, und durch
diesen dem Condensator zu, während der schwächere negative Strom
in den Erdboden abgeführt wird.

Am deutlichsten tritt, wie bei einer zweigliedrigen Kette (S. 103.),
auch bei einem Magnetomotor von nur Einem Metalle die mag-
netische Kraft dann hervor, wenn man während der Erhitzung einer
Stelle die entgegengesetzte zugleich erkaltet. Wird z. B. eine pris-
matische Wismuthstange von der Art, wie oben beschrieben wurde,
zur Hälfte ihrer Länge nach erhitzt, und gleichzeitig an der andern
Hälfte bis zur Mitte in Eis oder durch Beträufeln mit Naphtha
(durch Verdunstungskälte) abgekühlt: so wird sie zu einem starken
Transversal-Magnet, und lenkt den Nordpol einer unter ihr befind-
lichen Magnetnadel an ihrem warmen Ende nach Osten, an ihrem
kalten nach Westen ab. Erhitzt man die Mitte der Stange und kühlt
die Enden ab, so wird sie gleichfalls transversal polarisch; und zwar
so, als wenn zwei Stangen an einander gelegt worden wären, deren
Enden man erhitzt hat. —

Yelin ordnete die Metalle hinsichtlich der Stärke, mit wel-
cher sie, zu einfachen Magnetomotoren verwendet, durch Temperatur=
Ungleichheit elektrisch werden, in folgende Reihe: Wismuth (das
wirksamste), Antimon, Zink, Silber, Platin, Kupfer, Mess-
sing, Gold, Zinn, Blei (das schwächste). In Rücksicht auf
die Richtung des in ihnen erzeugten elektrischen Stromes zerfallen
sie nach Nobili und Emmet in zwei Gruppen: bei der einen,
zu welcher (nach Nobili) Wismuth, Platin, Gold, Silber,
Zinn, Messing, Blei, Kupfer gehören, geht der (positive)
Strom von der warmen zu der kalten Stelle, also mit der Wärme;

bei der andern, zu welcher Zink, Eisen und Antimon gezählt werden, umgekehrt von der kalten nach der warmen Stelle, also der Wärme entgegen. Nach Emmet bilden die eine Gruppe: Platin, Gold, Silber, Kupfer und Nickel; die andere: Zinn, Blei, Zink, Eisen, Messing, Arsenik, Antimon und Wismuth.

§. 110.

Thermo-Elektricität krystallisirter Fossilien (elektrischer Nichtleiter). Krystall-Elektricität.

Die erste Beobachtung einer durch Temperatur-Veränderung erzeugten elektrischen Erregung machte man an einem schlechten Leiter der Elektricität, nämlich an dem Turmalin (Stangenschörl, Zeylonschen Magnet), einem halbdurchsichtigen, dunkelrothen, in der Gestalt eines 9flächigen Prisma (das an einem Ende mit sechs, an dem andern mit drei Flächen zugespitzt ist) krystallisirten, glasartigen und sehr harten Steine von der Größe (höchstens) einer welschen Nuß, der früher in verschiedenen Gegenden Ostindiens, namentlich auf der Insel Zeylon, später aber auch in Grönland und Tyrol gefunden wurde. Bei seiner gewöhnlichen Temperatur zeigt dieser Krystall nicht die mindeste Spur von freier Elektricität, und läßt sich auf die gewöhnliche Art durch Reiben, gleich einem andern Glase (§. 3.), elektrisch machen. Sobald aber seine Temperatur erhöht oder vermindert wird, nimmt er auf eine ganz eigenthümliche Art Elektricität an, welche sich indessen von der Thermo-Elektricität in guten Elektricitäts-Leitern wesentlich und dadurch unterscheidet, daß sie, weil in Folge des schlechten Leitvermögens des Steines die Trennung der Elektricitäten nur sehr langsam erfolgt (§. 4.), nicht durch elektrische Ströme, welche auf die Magnetnadel wirken, sich äußert, sondern vielmehr durch eine elektrischpolare Spannung sich individualisirt, welche durch elektrisches Anziehen und Abstoßen, folglich auch durch Wirkungen auf das Elektrometer, sich bekundet. Wird nämlich der Stein erwärmt z. B. dadurch, daß man ihn, in seiner Mitte mit einer Pinzette gehalten, einige Minuten lang in siedendes Wasser taucht: so zeigt er sich, nach dem Herausnehmen, stark elektrisch, aber nicht an seiner ganzen Oberfläche, sondern, einem Magnete ähnlich, nur an zwei einander entgegengesetzten Punkten, die in den beiden Endspitzen seiner Längsachse liegen, so

daß die von sechs Flächen gebildete — E, die von drei Flächen gebildete + E bekommt, und in der Mitte des Steines eine Stelle übrig bleibt, wo gar keine Electricität vorhanden ist oder elektrische Indifferenz herrscht. Man nennt diese beiden elektrischen Punkte, welche mit der Krystallisationsachse in gerader Linie liegen, elektrische Pole. Bringt man diese Pole mit einem empfindlichen Elektroskop oder mit einem, durch eine bekannte Electricitäts- Art geladenen isolirt hängenden Kügelchen in Berührung, so läßt sich das entgegengesetzte elektrische Verhalten derselben genau beobachten. Er man prüfte es, indem er den Krystall mit seinen äußersten Enden auf zwei feine Goldblatt-Elektrometer legte, und Sonnenstrahlen durch ein Brennglas auf seine Mitte fallen ließ. Die Elektrometer divergiren in gleicher Stärke mit entgegengesetzter Electricität. Dr. Hantel (*Dissertatio de thermo-electricitate crystallorum. Hal. 1839*) empfiehlt dazu den Bohnenbergerischen Elektrophanten. Er legt den Krystall vor sich auf einen kleinen Messingtisch, der durch eine unter seinem Mittelpunkte stehende Lampe erhitzt wird, und berührt die elektrischen Punkte mit dem durch eine Glasröhre hinlänglich isolirten Ende eines langen dünnen Drahtes, der mit seinem andern Ende an dem Stifte befestigt ist, von welchem das Goldblättchen in dem Elektrophanten herabhängt. Oft ist nur eine kleine Temperatur-Erhöhung nöthig, um eine Anhäufung der entgegengesetzten Electricitäten an den Polen zu erstreben. So wird der Stein z. B. elektrisch, wenn er nur auf heiße Asche gelegt wird, wo er diese anzieht und an seinen Polen ansammelt. Er hat hiervon den Namen Aschenzieher (*Turnamal*) erhalten. Die durch Erwärmung in ihm erzeugte elektrische Polarität dauert immer nur so lange, als er warm bleibt; wird er kühler, so verliert er sie allmählig, erlangt sie aber wieder, sobald er ganz kalt geworden ist; bis zum Eispunkte abgekühlt verliert er sie vom Neuem, erhält sie aber abermals, wenn er einem noch tiefern Kältegrade ausgesetzt wird, wobei sich seine Pole umkehren, indem der vorher positive Pol negativ und der vorher negative positiv elektrisch wird. Eben so verschwindet die durch Erwärmung in ihm erregte Electricität, wenn er über den Siedpunkt des Wassers (nach Andern schon, wenn er über + 50° oder + 30° R.) hinaus erhitzt wird; erlangt sie aber auf's Neue, wenn die Erhitzung noch weiter getrieben wird, wobei wieder, wie vorhin, seine Pole

wecheln. Wenn man daher die eine Spitze eines Turmalins erwärmt, während die andere abgekühlt wird, so bekommen beide eine und dieselbe Electricität. Wird ein erwärmter Turmalin in Stücke zerschnitten, so bekommt jedes einzelne Stück seinen eignen + und — Pol; eine Erscheinung, die bei demselben Verfahren auch am Magnete sich darbietet (S. 55). Zwei dergleichen polarische Stücke oder überhaupt zwei Turmaline ziehen sich auch, wie Magnete, mit ungleichnamigen Polen an, und stoßen sich mit den gleichnamigen ab. Wird dem Turmalin im Dunkeln Polarität gegeben, so strahlt er ein lebhaftes Licht aus, das an jedem Polende ein anderes Colorit hat. Er verliert seine Eigenschaft, durch Erwärmen elektrisch zu werden, selbst im gepulverten Zustande nicht. —

Außer dem Turmalin ist noch vielen andern krystallisirten Fossilien (Isolatoren der El.), besonders solchen, deren Achsen zu beiden Seiten nicht von symmetrischen Flächen begrenzt sind, und die also nicht zu dem gleichgliedrigen Systeme gerechnet werden, mehr oder minder (manchen sogar in noch höherem Grade) die Fähigkeit des Elektrischwerdens durch die Wärme eigen. Zu diesen gehören vorzüglich: der brasilianische und sibirische Topas, der krystallisirte Galmei (ein Zinkoryd), der Lüneburger Boracit (Borarspath), der Mesotyp, der Prehnit, der Sphen (Titanit), der Apatit, der Apinit, der Diamant, Amethyst, Smaragd und andere Edelsteine mehr *). In der Regel ist an ihnen, wie am Turmalin, dasjenige Achsenende bei der Abkühlung positiv elektrisch, welches von den meisten Flächen umgeben ist. Nach den Versuchen des Abtes Haüy zeigt der Boracit 8 Pole, wenn er erwärmt wird, 4 positive und 4 negative.

Man nennt die Electricität, welche sich an dem Turmalin und den übrigen krystallisirten Körpern des Mineralreichs (sogenannten thermo-electrischen Krystallen) nach ihrer Erwärmung oder Abkühlung äußert, zum Unterschiede von der auf gleiche Veranlassung

*) Nach Brewster zeigen nicht nur die genannten natürlichen Krystalle elektrische Polarität, sondern auch künstliche, aus Auflösungen dargestellte, z. B. essigsaures Blei, Eisenvitriol, Weinsäure, Zucker, und am stärksten Seignette-Salz (weinsäurehaltiges Kali-Natron). Zur Prüfung derselben ist die oben mitgetheilte von H ankel eingeschlagene Methode zu empfehlen.

in manchen Metallen (sogenannten thermo=elektrischen Metallen) hervorgebracht, sehr bezeichnend auch Krystall=Elektricität. — Annal. d. Ph. Bd. 78. St. 3. Schweigg. Journ. Bd. 13. S. 1. Hany über die Elektricität des Boracits, in Gren's Journ. d. Ph. Bd. 7. S. 87. Dove und Mos. Repertor. Bd. 2. Seite 81.

§. 111.

Elektricitäts=Erregung durch Erwärmung unkrystallinischer Nichtleiter der Elektricität.

Die Versuche hierüber stehen sehr vereinzelt da. Durch Munké wird (in Poggendorff's Annal. Bd. 20. S. 417.) dargethan, daß Glas durch geringe Veränderungen in seiner Temperatur, die kaum 2 bis 3° R. betragen (ohne alle Reibung, S. 3.), in den elektrischen Zustand kommt. Er führt an, daß ein leichter Wagebalken, der an einem torstonsfreien einfachen Seidenfaden in einem Glaszylinder aufgehängt ist, nach derjenigen Stelle des Glases, die von außen her erwärmt wird, sich hindreht, und schließt daraus, daß diese Stelle des Glaszylinders elektrisch geworden seyn müsse und auf den Wagebalken durch Anziehung wirke. Dieselbe Eigenschaft ist von ihm auch an Eise, Thon und Papper wahrgenommen worden. Von Lenz wird das Elektrischwerden des Glases durch den Wärmeeinfluss in Zweifel gezogen, und die von Munké erkannte Elektricität in obigem Versuche der durch die Wärme erzeugten Luftströmung zugeschrieben. Aus mehreren Versuchen, die er zur Prüfung der von Munké aufgestellten Behauptung anstellte, glaubt er den Schluß ziehen zu müssen, daß derselbe bei seinem Experimentiren nicht mit der erforderlichen Umsicht verfahren und manchen Nebenumstand unberücksichtigt gelassen habe. Den von Munké für die Thermo=Elektricität des Glases angeführten Grund „daß schon eine gewöhnliche Glasplatte, die auf einem warmen Ofen erwärmt wird, elektrisch werde und das Elektrometer bewege, eine frei schwebende Pflaumsfeder anziehe u. s. w.“ weist er ohne Weiteres mit dem Nichtgelingen dieses Versuches bei sorgfältiger Wiederholung desselben zurück, und räumt bedingungsweise nur so viel ein, daß vielleicht die Glasorte, deren sich Munké bei seinen Versuchen bedient hat, für thermo=elektrische Erregung mehr als anderes gestimmt

gewesen sey. Becquerel dagegen hatte schon früher Versuche an-
gestellt, welche für die Eigenschaft des Glases, durch Wärme
elektrisch erregt zu werden, zu sprechen scheinen. Er hing
unter andern eine 3 Zoll lange und $\frac{1}{2}$ Linie dicke Röhre von har-
tem Glase bei trockner Luft mittelst eines Coconsfadens in einem Glas-
cylinder auf. Die Röhre drehte sich jedesmal nach einer Seite des
Cylinders hin, wo eine durch Reiben elektrisirte Siegellackstange von
außen her diesem genähert wurde. Dove a. a. D. Bd. 2. S. 80. —
Weniger bezweifelt und sicherer nachzuweisen sind die elektrischen Er-
scheinungen, welche nach v. Yelin an erwärmtem Papiere be-
obachtet werden können. Breitet man über eine verhältnismäßig
große Marmorplatte ein Blatt feines und erwärmtes Papier auf,
setzt auf dieses eine stark erwärmte aus trockenem Holze geschnittene,
etwa 4" große und $\frac{1}{4}$ " starke Scheibe, in deren Mitte man vorher
als Handhabe eine Stange Siegellack angeschmolzen hat, und läßt
diese auf dem Papier erkalten, während man sie mit einem Finger
gegen dieses drückt: so wird das Papier, nach Abhebung der Holz-
scheibe, sich am Bennet'schen Goldblatt-Elektrometer deutlich + elek-
trisch zeigen, und zwar bei gutem Gelingen des Versuches in
solcher Stärke, daß man mit dem zwischen den Fingern gehaltenen
Papiere das Elektrometer noch nach einigen Stunden zur Di-
vergenz bringen kann. Gilb. Annal. 1823. Bd. 75. S. 197.
v. Yelin, Versuche und Beobachtungen zur nähern Kenntniß der
Zambonischen trocknen Säule. München, 1820. 4. S. 9. Legt
man einen halben Bogen an einem Feuer wohl durchwärmtes Brief-
papier platt auf eine Schiefertafel, einen Tisch, oder am geeignetsten
auf ein stark erwärmtes Brett und reibt dasselbe, während man es an
einer der 4 Ecken mit der linken Hand fest hält, mit einem Stück
elastischen Harzes: so klebt sich das Papier an seine Unterlage
fest an, und man hört, wenn man es in paralleler Lage durch
Fassen an zwei Ecken aufzuheben bemüht ist, ein leises Knistern,
wie von einer geriebenen Glasstange. Ist das Papier von dem
Brette getrennt, so erhält man bei Annäherung des Knöchels eines
Fingers selbst einen kleinen (aber nur im Dunkeln sichtbaren) Fun-
ken. Glänzender und stärker (selbst bis zur Länge von $\frac{1}{2}$ bis 1")
wird dieser, wenn statt des einfachen Bogens zwei Blätter Brief-
papier, zwischen die in der Mitte ein Blättchen Schaumgold von

etwa $2\frac{1}{2}$ Seiten gelegt ist, zusammen geklebt und auf die gedachte Weise gerieben werden. Hat man vorher auf die obere Seite dieses so armirten Papiers von einer Ecke zu der nächsten andern mit Bleistift eine im Zickzack laufende Linie gezeichnet: so erhält man einen Funken in der Hand, wenn man das Papier an der einen Ecke aufzieht, und es zeigt sich die ganze Linie hell erleuchtet. Die Elektrizität, welche ein auf die obige Art erwärmtes und geriebenes Papier zeigt, ist, so lange es auf dem Brette anhängt, immer negativ; sobald es aufgehoben ist, aber positiv. Zwei Blätter Schreibpapier von gleicher Größe, warm auf einander gelegt und gerieben, hängen nicht an der Unterlage, aber unter einander fest zusammen; aus einander gezogen erweist sich das oberste +, das untere — elektrisch. — Nicht selten kommen durch Zufall ähnliche elektrische Erregungen in Fabriken vor. In der Patentpapierfabrik zu Berlin z. B., wird das über den erwärmten Metallcylinder hingleitende Papier so stark elektrisch, daß beständig knisternde Funken überspringen, und die zusammengelegten Bogen an einander haften. Repertor. 1842. Bd. 6. S. 293.



VI.
Der Photo-Magnetismus *)

§. 112.

Erregung und Verstärkung des Magnetismus durch
das Sonnenlicht. **Morichini.**

Es ist aus der Dioptrik bekannt, daß das Licht, wenn es durch Mittel von ungleicher Dichtigkeit, z. B. aus der Luft in Glas, geht, gebrochen wird und, indem es seine weiße Farbe verliert, eine Zertheilung in verschiedentlich gefärbtes Licht erfährt. Am schönsten nimmt man diese Erscheinung wahr, wenn man ein Bündel Sonnenstrahlen durch eine kleine runde Oeffnung in dem Fenster in ein dunkles Zimmer, und hier auf ein dreiseitig geschliffenes Glas fallen läßt, hinter dem ein weißer Schirm aufgestellt ist. Nach ihrem Austritt aus dem Glase breiten sich die Lichtstrahlen wie ein Fächer aus, und stellen auf dem Schirme (oberhalb der Stelle, wo ohne das Glas ein weißes rundes Sonnenbild entstanden seyn würde) ein farbiges, unten und oben abgerundetes, Bild (das prismatische Farbenbild oder farbige Sonnenbild) dar; welches ungefähr fünf Mal länger als breit ist, und in welchem sich in derselben Ordnung wie am Regenbogen, folgende sieben Farben deutlich unterscheiden lassen: zu unterst (wenn die Brechungskante des Glases nach unten gehalten wurde) roth, dann orangengelb, hierauf hellgelb, grün, hellblau, dunkelblau und zu oberst violet. Diesen farbigen Strahlen sind besondere Kräfte eigen: manche von ihnen zeichnen sich durch ihre leuch-

*) D. h. Magnetismus durch Licht erzeugt; von dem Griechischen τὸ φῶς, Genit. φωτός, das Licht.

tende, andere durch ihre chemische und erwärmende Wirkung aus. Die erleuchtende Kraft ist im gelben Lichte am größten (dem Orange etwas näher als dem Grünen); weshalb eine Schrift, vom rothen oder violeten Licht beleuchtet, nicht so deutlich als im grünen oder gelben erscheint. Nach den beiden Enden des Farbenbildes zu nimmt sie ab. Die chemische Kraft, welche eine desoxydirende ist, ist im violeten Strahl am stärksten und wird gegen den rothen Strahl hin allmählig geringer. Ein mit Chlor Silber bestrichenes Papier, in den violeten oder blauen Strahl gehalten, wird daher stark geschwärzt (desoxydirt), während es in dem rothen oder gelben unverändert bleibt *). Die erwärmende Kraft ist in dem violeten Strahl am schwächsten, und steigt von diesem nach dem rothen zu. Bringt man in jeden der sieben farbigen Strahlen ein Thermometer, so findet man bei unsichtig angestelltem Versuche, daß dasselbe in dem violeten Strahl den Grad der Temperatur der umgebenden Luft beibehält, im blauen ein wenig, im grünen mehr und im rothen am höchsten steigt. — Zu diesen Wahrnehmungen kamen in neuerer Zeit noch andere. Es wurde bemerkt, daß jenseits des violeten Strahles, also an einem Orte, wo gar kein Licht hinfällt, das Chlor Silber ungleich schneller geschwärzt wird; daß also hierher unsichtbare Strahlen fallen, welche noch stärker durch das Glas gebrochen werden als das Violet, und in chemischer Beziehung das Violet noch übertreffen. Ferner fand Herschel (und spätere Versuche bestätigten diese Entdeckung), daß auch das Maximum der Wärme des prismatischen Sonnenbildes nicht in das Roth, sondern jenseits desselben, also eben-

*) Wenn man nach Berard die eine Hälfte der Strahlen des Farbenbildes, vom Roth an, mit einem biconver geschliffenen Glase auffängt, so sammeln sich diese hinter dem Glase in einen farblosen, außerordentlich stark leuchtenden Brennpunkt, in welchem aber Chlor Silber nicht im Mindesten verändert wird, wogegen es in dem weniger leuchtenden der auf gleiche Art concentrirten violeten Hälfte des Farbenbildes in wenigen Minuten seine schneeweiße Farbe in Schwarz verwandelt. — Wie die farbigen Strahlen des Sonnenbildes wirken auch die weißen Sonnenstrahlen, wenn sie durch jenen gleich gefärbte Gläser gehen: hinter violetem Glase wird daher Chlor Silber schwarz gefärbt, und hinter rothem bleibt es unverändert oder erhält nur die Farbe des darauf fallenden rothen Lichtes. Man hat hierauf bei der Wahl der Gläser, in welchen der chemischen Zerlegung unterworfenen Flüssigkeiten aufbewahrt werden sollen, Rücksicht zu nehmen.

falls ganz außerhalb des Lichtes fällt, und daß folglich dorthin unsichtbare Strahlen treffen, die weniger brechbar als der rothe sind; denn ein Thermometer, neben den rothen Strahl, in einem Abstände von $1\frac{1}{2}$ Zoll von diesem, gestellt, steigt höher, als in dem rothen Strahle selbst. Hieraus folgt, daß das Licht bei seinem Durchgange durch das Glasprisma in dreierlei Arten von Strahlen von ungleicher Brechbarkeit, in leuchtende farbige und in nicht leuchtende desoxydirende und erwärmende, zertheilt wird; daß folglich die sieben farbigen Strahlen nicht die einzigen Bestandtheile des Sonnenlichtes sind, sondern daß uns die Sonne außer diesen sichtbaren Strahlen auch unsichtbare (dunkle) zuendet, deren Wirkungsvermögen von dem der sichtbaren ganz verschieden ist. Es werden durch diese verschiedenen Strahlen, weil sie wegen ihrer ungleichen Brechbarkeit nicht auf eine und dieselbe Stelle fallen, hinter dem Glase demnach drei verschiedene Sonnenbilder erzeugt: ein desoxydirendes mit der stärksten Brechbarkeit, welches noch über das Violett (den am stärksten gebrochenen farbigen Strahl) hinausragt, ein erwärmendes mit der schwächsten Brechbarkeit, welches unterhalb des Rothes fällt, und ein gefärbtes, welches in der Mitte zwischen beiden culminirt*). — Mit diesen Beobachtungen sollte aber das Gebiet der Kenntniß von den Wirkungen der durch das Prisma zerlegten Sonnenstrahlen noch nicht erschöpft seyn. Domenico Morichini, Professor der Chemie zu Rom, lenkte im J. 1812 die Aufmerksamkeit der Physiker auf eine neue Eigenschaft derselben hin, indem er dadurch, daß er durch Bestrahlung mit violetem Lichte Eisen magnetisch machte, eine magnetische Kraft in dem dunkelfarbigen Sonnenlichte nachwies, und so die bis dahin bekannten Methoden, Magnetismus zu erregen, um eine neue vermehrte. (S. 66.) Er brachte 6 Gran schwere $2\frac{1}{2}$ Zoll lange unmagnetisirte Compagnadeln, die mit gläsernen Hütchen auf seinen Spitzen balancirten, in das dunkle des-

*) Wegen der geringeren Brechbarkeit der wärmenden Strahlen trifft auch der Brennpunkt derselben mit dem der leuchtenden nicht zusammen. Läßt man Sonnenstrahlen durch ein ringförmiges Prisma, das aus einer biconvexen in der Mitte mit einer Scheibe von schwarzem Papier bedeckten Glase besteht, sich farbig brechen: so findet man, daß die wärmenden Strahlen um $\frac{1}{2}$ weiter von dem Glase in einen Brennpunkt sich vereinigen, als die leuchtenden.

oxydirende (violete) Sonnenbild, welches in einem finstern Zimmer hinter einem Glasprisma hervorgebracht war, und nahm sie nach Verlauf von einigen Stunden magnetisirt hinweg. Der Magnetismus der Nadeln wurde verstärkt und noch schneller erweckt, wenn er den durch ein Brennglas concentrirten violeten Strahl des Farbenspektrums eine Zeit lang darauf fallen ließ, und noch mehr, wenn damit die Nadeln von der Mitte aus nach dem einen Ende hin wiederholt bestrichen wurden. Sie stellten sich nach diesem Verfahren in den magnetischen Meridian, zogen mit ihren Spitzen Eisenfeilicht an, senkten sich mit einer derselben gegen den Horizont, und zeigten, wie andere Magnete, mit den ungleichnamigen Polen Freundschaft gegen einander *). Morichini und Barlocchi, der nach ihm diese Versuche wiederholte, stellen als Bedingung zum Gelingen derselben auf, daß bei ihrer Anstellung die Atmosphäre völlig heiter und rein von Dünsten seyn muß, da durch diese die magnetische Wirkung der Sonne beeinträchtigt wird. Gilb. Ann. Bd. 43. S. 212. Bd. 46. S. 367. — Eine geraume Zeit nachher, nachdem Morichini seine Entdeckungen bekannt gemacht hatte (i. J. 1825), stellte eine gelehrte Engländerin, die Lady Mary Sommerville, auf eine ganz kunstlose Weise Untersuchungen über die magnetisirende Kraft des Sonnenlichtes an, und hatte das Glück, kleine Uhrfedern von 1 bis 1½ Zoll Länge Magnetizität annehmen zu sehen, wenn die eine Hälfte derselben mit Papier bedeckt war, und die unbedeckte Hälfte dem durch eine Glaslinse concentrirten violeten (und, nach spätern Erfahrungen, auch dem blauen und grünen) Strahle eines aus englischem Flintglas gefertigten gleichschenkligen Prisma ausgekehrt wurde. Dasselbe erreichte sie an hellen Sommertagen in den Mittagsstunden auch dadurch, daß sie weißes (unzertheiltes) Sonnenlicht durch ein gewöhnliches blau oder grün gefärbtes Glas auf die bloße Stelle der zur Hälfte bedeckten Stahlfeder fallen ließ, oder wenn sie die halb mit Papier, halb mit blauem oder grünem Bände

*) Nach Morichini leistet selbst der violete Strahl des Vollmondlichtes magnetische Wirkungen, und ertheilt nach längerer Bestrahlung Stahlnadeln einen schwachen Grad von Magnetismus. Zantedeschi (in Pavia) gab dagegen der Strahl des Mondes keine magnetische Wirkung, wenigstens nicht bei einer Temperatur unter + 5° R.

umwickelte Feder einen Tag lang in die Sonne legte. *Annal. de chim.* XXXIII. p. 393. — Vier Jahre später trat (in Pavia) Zantedeschi, der anfänglich die Versuche Morichini's verdächtigt hatte, mit einer Reihe von Versuchen auf, welche dem Credit derselben noch mehr Vorschub leisteten; indem er durch ein ähnliches Verfahren, wie Morichini anwendete, Eisennadeln von beträchtlicher Länge (selbst durch den violetten Strahl eines Kerzenlichtes) in einen selbst mehrere Monate andauernden magnetischen Zustand versetzte. *Pogg. Ann.* Bd. 16. S. 563. Auch wurde von ihm eine Steigerung der magnetischen Kraft unter der Einwirkung des Lichtes beobachtet. *B. Zeitschrift.* Bd. 1. S. 365. Er leitete mittelst eines Heliostaten einen Sonnenstrahl in ein dunkles Zimmer, ließ ihn hier ein horizontales farbiges Spektrum bilden, und legte dann die zu magnetisirenden Nadeln (gewöhnliche Eisendrähte), nachdem er sich vergewissert hatte, daß ihnen keine Spur von Magnetismus adhäre, senkrecht gegen den magnetischen Meridian, mit ihren Enden in die violette Stelle desselben. Ein 4 Zoll langer und $\frac{1}{4}$ Linie dicker polirter weicher Eisendraht nahm, nachdem er 5 Minuten lang so gelegen hatte, an dem von dem violetten Strahl beschienenen Ende einen Nordpol an, und wurde nach Verlauf von 8 Minuten zu einer vollständigen Magneteinadel mit zwei deutlichen Polen. In einer so erhaltenen Magneteinadel wurden, als sie eine Zeit lang dem violetten Strahle ausgesetzt gewesen war, die Pole umgekehrt. An einem mit einer Drydschicht überzogenen stark magnetisirten Eisendrahte erfolgte dieselbe Wirkung schon in 3 Minuten. Ein Draht von obiger Beschaffenheit, der mit beiden Enden in den violetten Strahl gebracht wurde, erhielt nach 10 Minuten an jedem Ende einen Nordpol — ein oxydirter schon in 5 Minuten. Um mit Glück die Versuche über die Magnetisirung mit dem Sonnenlichte zu wiederholen, stellt Zantedeschi als Bedingung auf:

1) daß man keine Drähte von einem schwefelhaltigen und von keinem zu sehr gehärteten Eisen nehme, indem erstere sich nach seiner Erfahrung gar nicht, und letztere nur schwach sich magnetisiren lassen;

2) daß die Drähte nicht zu stark seyen, und

3) daß man nicht bei einer Temperatur unter -6° , 0° , $+10^{\circ}$ R. experimentire. Gegen die Einwendung, daß die Temperatur-

Differenz in den verschiedenen Theilen des Drahtes diesem den Magnetismus gegeben haben könne, verwahrt er sich mit der Aussage, daß, in Congruenz mit den Gesetzen des Thermo-Magnetismus, in dem dem Lichtstrahle ausgesetzten Ende kein Nord-, sondern ein Südpol hätte entstehen müssen, und daß in obigem Falle, wo der ganze Draht in den Strahl gelegt wurde, und derselbe an beiden Enden Nordpolarität annahm, nothwendig wegen Temperatur-Gleichheit gar kein Magnetismus sich hätte entwickeln dürfen; und daß er endlich dieselben Wirkungen, nur in schwächerem Grade, erhalten hätte, wenn durch künstliche Mittel die Temperatur unter dem violetten Strahle unter die der umgebenden Luft herabgesetzt worden wäre. — Inzwischen hatte die Morichini'sche Entdeckung auch durch das Zeugniß zweier anderer Gelehrten — nämlich Davy's, der selbst dem Experimentiren Morichini's beizwohnte, und Baumgartners, der unmagnetischen Stahladeln, welche an der Oberfläche zum Theil polirt und zum Theil rauh gelassen waren, durch Aussetzen an das directe volle Sonnenlicht an der glatten Hälfte Nordpolarität ertheilte, und dieses selbst unter Wasser, wo nicht etwa der Magnetismus durch Erwärmung der Nadeln erregt worden seyn konnte — wiederholt Bestätigung gewonnen. Zeitschr. Bd. 1. S. 263.

Außer der Wirkung des Sonnenlichtes, Magnetismus in Eisen und Stahl hervor zu rufen, will, mit Zantedeschi, Christie eine Verstärkung des Magnetismus in schon magnetisirten Nadeln durch dasselbe wahrgenommen haben. Eine Magnetnadel, die man im Sonnenscheine schwingen läßt, kommt nach ihm viel früher zur Ruhe, als eine andere, die sich im Schatten befindet. Ähnliche Wahrnehmungen, über die Zunahme der Kraft der Magnete, wenn sie aus dem Schatten in die Sonne gebracht wurden, machte der Obrist Gibs. Durch später von Baumgartner unternommene Prüfungen sind gegen diese Wirkung der Sonnenstrahlen wieder Zweifel rege gemacht worden.

Ein gleiches Geschick hat auch die Entdeckung Morichini's selbst von mehr als einer Seite her getroffen. Mehrern Physikern mißlangen die Versuche, Magnetismus durch die Sonnenstrahlen zu erregen, gänzlich. Man beschuldigte daher Morichini der Selbsttäuschung, und brachte den Magnetismus seiner Nadeln auf Rech-

nung der Einwirkung des Erdmagnetismus (S. 65.) und der durch die lange Bestrahlung in denselben erzeugten Erwärmung oder auch anderweitiger magnetisch wirkender Einflüsse, denen die Nadeln während der Manipulation oder während der Prüfung des vermeintlich in ihnen vorhandenen Magnetismus ausgesetzt gewesen seyn könnten *). Zu denen, welche den Magnetismus der Nadeln dem Einflusse des Erdmagnetismus zuschrieben, gehört vorzüglich *Configliachi* (in Pavia), der als Resultat seiner vielfältigen Untersuchungen bekannt machte, daß Nadeln von weichem Eisen, die er im Dunkeln aufgestellt habe, nach einiger Zeit durch ihre unveränderte Stellung eben so gut einen schwachen Magnetismus (der Lage S. 65.) angenommen hätten, als andere im farbigen Spektrum des Sonnenlichtes längere Zeit hindurch aufgestellte, und daß ihm nur durch Concentrirung des Sonnenlichtes mittelst sehr starker Glaslinsen in einigen Fällen es gelungen sey, in der Richtung der magnetischen Abweichung und Neigung stehenden Nadeln, in kürzerer Zeit einen schwachen Grad von Magnetismus zu ertheilen; wo aber offenbar die durch die starke Verdichtung des Sonnenlichtes erzeugte Wärme, durch welche bekanntlich die Disposition des Eisens für die Aufnahme von Magnetismus erhöht werde, die Erscheinung vermittelt habe. *Gilb. Ann.* Bd. 46. S. 335. Als entschiedenste Gegner der Sache aber sind *Rieß* und *Moser* (in Berlin) hervorgetreten, welche den sorgfältigsten und mühevollsten Versuchen zur Aufhellung der Streitfrage sich unterzogen, und in ihren (*in P's. Ann.* Bd. 16. S. 563 — 592. veröffentlichten) Berichten darüber anführen, daß zwar anfangs ein Magnetischwerden der Nadeln im violetten Sonnenstrahle, und überhaupt eine magnetische Wirkung des Sonnenlichtes von ihnen beobachtet worden sey, daß sie aber bei näherer Prüfung ihrer Versuche von ihrem Irrthume in dieser Beziehung überzeugt worden wären; und deshalb, zur Verhütung von Täuschungen, bei Anstellung ähnlicher Versuche die Berücksichtigung aller,

*) Bei Versuchen, die man über die Wirkung des farbigen Lichtes auf thermo-magnetische Ketten anstellte, brachten diejenigen farbigen Strahlen, im Contraste mit *Morichini's* Beobachtung, die stärkste Wirkung hervor, welche nach Obigem überhaupt am stärksten erwärmen. Die violetten Strahlen wirkten hiernach am schwächsten, die gelben und rothen am stärksten.

auch der kleinsten, Umstände, welche einen magnetischen Einfluß auf das Eisen äußern können, und insbesondere die größte Vorsicht bei Anwendung der verschiedenen Methoden zur Prüfung des vermutheten Magnetismus dringend anempfehlen *).

Die Akten über Morichini's Fund sind sonach noch nicht geschlossen, und fernere sorgsame Versuche müssen noch Entscheidung geben, auf welcher Seite die Wahrheit liegt. Fällt diese zu Gunsten der so vielfältig bezweifelte neuen Entdeckung aus, und wird die magnetische Kraft des Lichtes durch ein Experimentum crucis wirklich nachgewiesen — wozu die mit glücklichem Erfolge gekrönten Bemühungen mehrerer der genannten Experimentatoren, so wie die mit gleichem Glücke ausgeführten und ihrer Einfachheit wegen Zutrauen erweckenden Versuche der Lady Somerville über diese Art

*) Im Widerspruche hiermit stehen die glücklichen neuesten Versuche der Brüder Knox in England, welche diese an, der chemischen Kraft der Sonnenstrahlen günstigen, Tagen (wo nämlich Chlor Silber in der kürzesten Zeit, in nur wenigen Sekunden, geschwärzt wird) vornahmen. Sie umhüllten mehrere hundert Nadeln von verschiedener Länge und Dicke (nachdem sie sich davon überzeugt hatten, daß sie frei von allem Magnetismus waren) an dem einen Ende bis zur Hälfte mit weißem Papier, und legten sie drei Stunden lang (des Mittags) hinter farbigen Gläsern in die Sonne, und zwar sämmtlich in einer Richtung, die auf den magnetischen Meridian senkrecht war. Die unter dem Roth, Orange und Gelb befindlichen nahmen nicht den geringsten Magnetismus an; wogegen unbestreitbar die unter dem Violett sehr starke und die unter dem Blau und Grün etwas schwächere Spuren von Magnetismus zeigten. Um zu erfahren, welchen Antheil die oxydirende Kraft des violetten Strahles an der Magnetisirung habe, brachten sie die Nadeln, nachdem sie mit einem Ende in Salpetersäure eingetaucht worden waren, in den Wirkungskreis des verschiedenfarbigen Lichtes. Als Resultat dieses Experiments ergab sich, daß die Nadeln ebenfalls magnetisch wurden (mit einem Nordpol an dem dem Lichte ausgesetzten Ende) und zwar in viel kürzerer Zeit als vorher; daß diese Wirkung des Lichtes am stärksten eintrat unter violettem Glase, schwächer unter weißem und am schwächsten unter rothem; und daß die Wirkung statt fand, selbst wenn die Nadeln in einer solchen Richtung mit dem magnetischen Meridiane aufgestellt waren, wo durch den Einfluß des Erdmagnetismus in den frei gelassenen Enden der Nadeln Südpolarität hätte entwickelt werden müssen.

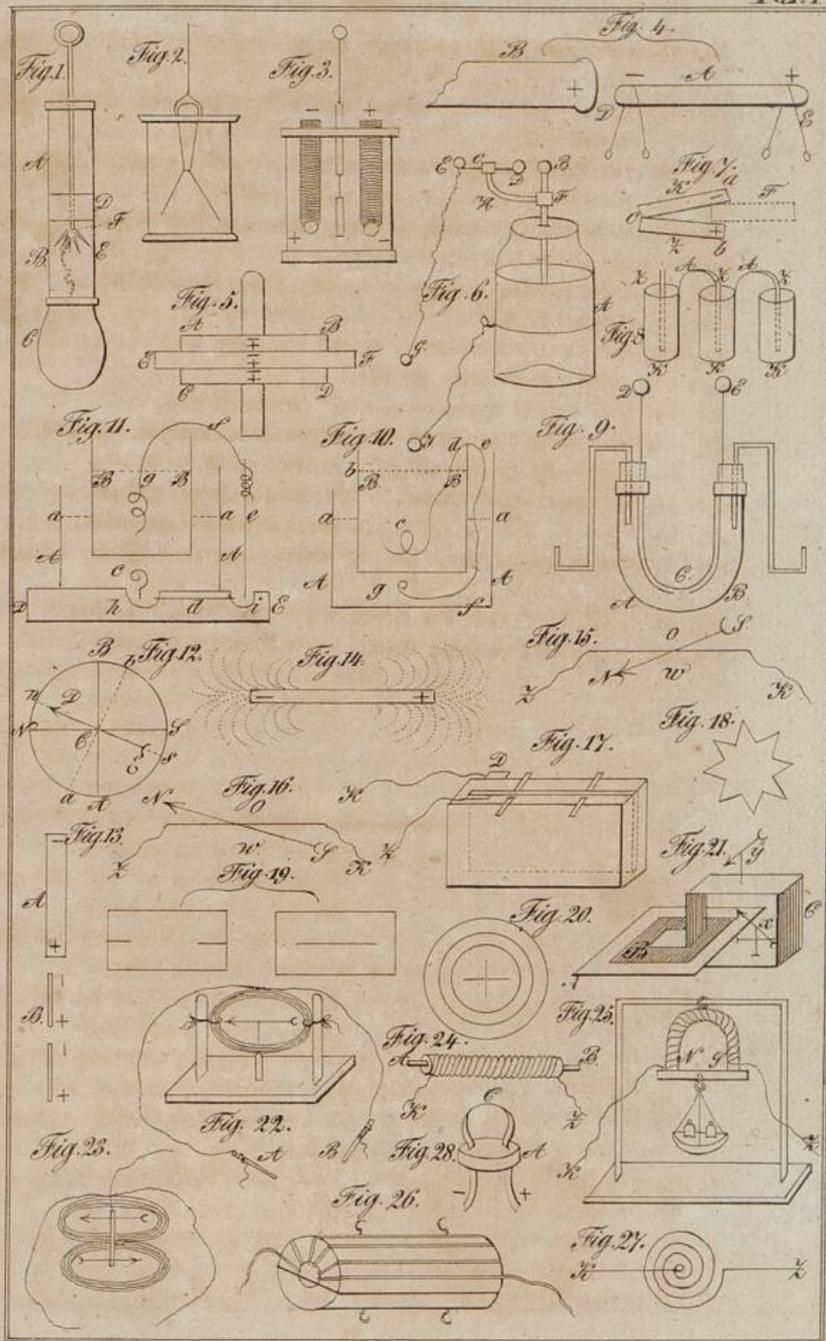
zu magnetisiren, und nicht minder die von Christie, Gibbs und Zantedeschi über die magnetische Wirkung des Sonnenlichtes auf schon magnetisches Eisen gewonnenen Erfahrungen, allerdings Hoffnung übrig lassen, — so ist Morichini die Ehre der Begründung dieses neuen Lehrzweiges der Experimental-Physik — des Photo-Magnetismus — gesichert. Bis dahin bleibt die Existenz desselben problematisch.

Nachweisung der Figuren.

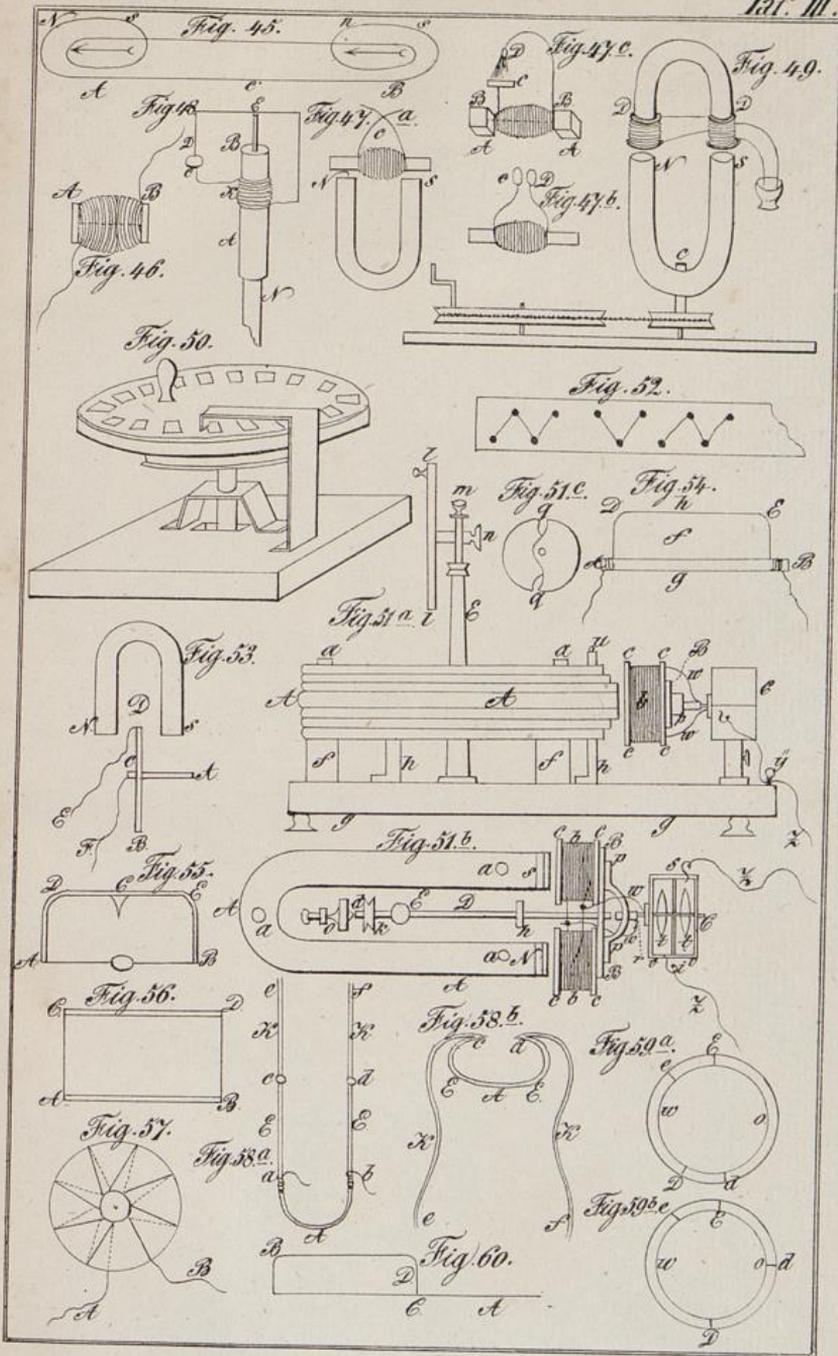
- Fig. 1. Page's kleine Elektrisir-Maschine. §. 3. *)
Fig. 2. Bennet's Goldblatt-Elektrometer, mit der Vorrichtung zur Erforschung der Luft-Elektricität. §. 11.
Fig. 3. Bohnenberger's Elektrophant. §. 12.
Fig. 4. Schema der elektrischen Vertheilung. §. 14.
Fig. 5. Franklin's elektrische Verstärkungstafel. §. 17.
Fig. 6. Lane's Auslade-Elektrometer. §. 18.
Fig. 7. Schema der geschlossenen einfachen galvanischen Kette. §. 35.
Fig. 8. Stadion's galvanischer Zellen-Apparat. §. 42.
Fig. 9. Apparat zur Wasserzersehung durch den elektrischen Strom. §. 50.
Fig. 10. Jakob's galvanoplastischer Apparat. §. 52.
Fig. 11. Galvanischer Apparat zu Vergoldungen und Versilberungen. §. 52.
Fig. 12. Schema der Abweichung des magnetischen Meridians von dem geographischen. §. 55.
Fig. 13. Schema der magnetischen Vertheilung. §. 64.
Fig. 14. Magnetische Curven. §. 64. *)
Fig. 15 und 16. Westliche und östliche Abweichung der Magnetnadel unter und über dem galvanischen Schließungsdrahte. §. 73.
Fig. 17. Galvanischer Kasten-Apparat zur Anstellung elektromagnetischer Versuche. §. 74.
Fig. 18. Die von Spencer angegebene Form des negativen Erregers (Blei) in Daniell's Zellenkette — im Querschnitt. §. 74.
Fig. 19. Die von Grüel angegebene Form des negativen Erregers (Platina) in der einfachen Grove'schen Zellenkette, und
Fig. 20. Die im Querschnitt dargestellte Grüel'sche Combination der Grove'schen Zellenkette selbst. §. 74.
Fig. 21. Bieth's einfacher Platten-Apparat zur Anstellung des Dersted'schen Fundamental-Versuchs. §. 74.
Fig. 22. Schweigger's Galvanometer oder elektro-magnetischer Multiplikator. §. 76.

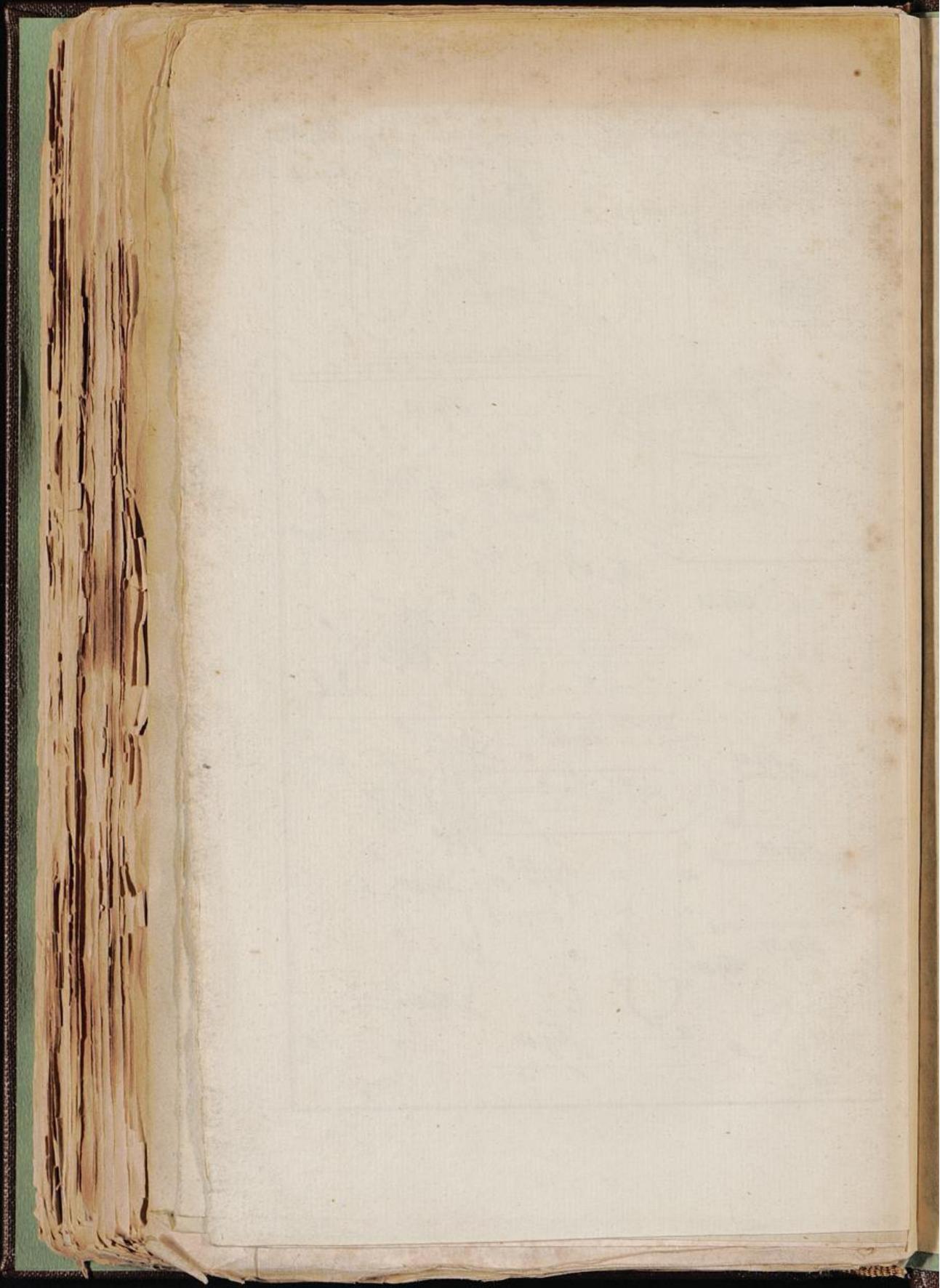
- Fig. 23. Nobili's Doppel = Galvanometer (Galvanomètre à deux aiguilles). §. 77.
- Fig. 24. Multiplikatorische Vorrichtung zur Erzeugung magnetischer Polarität in einem Eisenstäbchen durch den galvanischen Strom. §. 78.
- Fig. 25. Ansicht von der Einrichtung eines Elektro = Magneten. §. 79.
- Fig. 26. Foule's Elektro = Magnet. §. 79.
- Fig. 27. Schmidt's galvanische, Eisenseile anziehende, Drahtspirale. §. 81.
- Fig. 28. De la Rive's Schwimm = Apparat zur Darstellung der Bewegung des galvanischen Schließungsdrahtes um einen Magnetstab. §. 82.
- Fig. 29. Faraday's Doppel = Apparat, zur Darstellung der Rotation eines Magnetpols um einen fixirten Rheophor und eines Rheophors um einen fixirten Magnetpol — so wie eines Magnetes um seine eigne Achse. §. 83 und 84.
- Fig. 30. Ein im Sinne des in Fig. 29. dargestellten Faraday'schen Apparates im Kleinen ausgeführter Apparat. §. 83.
- Fig. 31. Sturgeon's Apparat für die Rotation eines Rheophors um einen ruhenden Elektro = Magneten. §. 83.
- Fig. 32. Schweigger's Apparat für die Rotation eines Rheophors über den Polen eines Magneten. §. 83.
- Fig. 33. Apparat zur Darstellung der Rotation eines Magnetstabes um seine Achse, unter dem Einflusse des galvanischen Stromes. §. 84.
- Fig. 34. Ampère's elektro = magnetischer Apparat für die Rotation eines Elementes der galvanischen Kette um einen Magneten. §. 84.
- Fig. 35. Barlow's elektro = magnetisches Rad. §. 84.
- Fig. 36. Barlow's und Marsh's um einen Magnetpol rotirende galvanische Kette. §. 84.
- Fig. 37. Ampère's Multiplikator zur Veranschaulichung des Einflusses des Erdmagnets auf den galvanischen Schließungsdraht. §. 87.
- Fig. 38. Apparat zur Nachweisung der gegenseitigen Anziehung und Abstoßung zweier Rheophoren. §. 86.
- Fig. 39. De la Rive's schwimmende, der richtenden Einwirkung des Erdmagnets folgende, galvanische Drahtspirale. §. 87.
- Fig. 40 und 41. Zwei dem de la Rive'schen Schwimm = Apparat (Fig. 39.) nachgebildete Vorrichtungen. §. 87.
- Fig. 42. Rashig's mikro = elektro = magnetischer Compaß. §. 87.
- Fig. 43 a. Sakobi's elektro = magnetische Maschine. §. 90.
- Fig. 43 b. Sakobi's Commutator. §. 90. §. 97.
- Fig. 44. Der magnet = elektrische Ring. §. 93.
- Fig. 45. Induktions = Apparat zur Nachweisung der leichten Erregbarkeit magnet = elektrischer Ströme. §. 93.
- Fig. 46. Multiplikator zur Erregung inducirter Ströme. §. 93.
- Fig. 47, a und b. Strehle's magnet = elektrische Funken = Apparate. §. 96.

- Fig. 47 c. Der von Böttger zu dem magnet = elektrischen Funken = Apparate erfundene Spigenanker. S. 96. *)
- Fig. 48. Faraday's verbesserter magnet = elektrischer Funken = Apparat. S. 96.
- Fig. 49. Der Pixii'sche magnet = elektrische Rotations = Apparat. S. 96.
- Fig. 50. Neff's Wligrad. S. 47. *), 95 und 97.
- Fig. 51, a, b und c. Magnet = Elektrische Rotations = Maschine nach v. Ettingshausen. S. 98.
- Fig. 52. Schema eines (magnet = elektrischen) telegraphischen Signals. S. 99.
- Fig. 53. Faraday's Vorrichtung für die Beobachtung radialer magnet = elektrischer Ströme. S. 101.
- Fig. 54. Eine einfache thermo = magnetische Kette. S. 103.
- Fig. 55. Cumming's thermo = elektrischer Rotations = Apparat. S. 104.
- Fig. 56. Seebeck's thermo = elektrische Kettenkette. S. 106.
- Fig. 57. Becquerel's sternförmige Thermo = Säule. S. 106.
- Fig. 58, a und b. Dutochet's und Becquerel's magnetisches Thermometer, zu Erforschung der Eigenwärme der kaltblütigen Thiere und Pflanzen. S. 107.
- Fig. 59, a und b. Seebeck's thermo = magnetische Ringe. S. 109.
- Fig. 60. v. Helin's einfacher thermo = magnetischer Drahtbügel. S. 109.









Geographisch-statistisches Zeitungs-Lexikon aller Länder der Erde.

Zum Handgebrauche zusammengestellt, nach den neuesten bekannten Angaben.
Von W. E. N. von Schlieben. 2 Bände, 87 Bogen. Klein-Portoformat. 1835.

Die Reichhaltigkeit dieses Zeitungslexikons ist anerkannt und seine innere Einrichtung läßt nichts zu wünschen übrig, um es eben so als Schulbuch, als auch als Comptoir-Handbuch zu brauchen. Man findet jede Nachweisung in Bezug auf Welttheile, Länder, Staaten, Gebietsweite, Provinzen, Städte, Flecken etc., selbst mit Angabe ihrer historischen Merkwürdigkeiten. Zu Ende des Werks ist auch eine sehr instructive Uebersicht sämtlicher Länder und Staaten der Erde nach ihrer politischen und administrativen Eintheilung beigegeben. Den Ladenpreis von 5 Thlr. 15 Sgr. konnte man bei der Konkurrenz anderer Werke dieser Art nicht halten, daher derselbe auf 3 Thlr. herabgesetzt wurde, wofür das Werk in jeder Buchhandlung zu haben ist. Da dieses Werk nun als geographischer Theil das Brockhaus'sche Conversationslexikon ergänzt, so führt dasselbe auch den Titel: Geographisch-statistische Supplemente zum Conversationslexikon, nach den Bedürfnissen des Geschäftslehrens.

Kirchen- und welthistorische Zeugnisse

für die frevelhafte Verunstaltung des Christenthums durch die römische Hierarchie. Eine zeitgemäße Zusammenstellung. Zur Erläuterung der Köhr'schen Reformationspredigt 1838. Zweite Auflage 1839. Preis: 20 Sgr.

Der Titel dieses Werchens spricht seinen Inhalt aus und es kann wohl nichts Interessanteres geben als diese geschichtliche Zusammenstellung, eben so für Lutheraner als für Katholiken. Diese Schrift ist keineswegs für Gelehrte, sondern für das Volk geschrieben. Weiden Religionspartei wird nach dem Lesen dieser Schrift Manches klar werden, was die Köhr'sche Reformationspredigt nur andeutete, denn die Bücher der Geschichte bleiben ewig wahr und sind nicht auszuwischen. Die Köhr'sche Reformationspredigt ist fortwährend für 3 Sgr. 9 Pf. in allen Buchhandlungen zu haben und es verbreitet sich dieselbe eines fortwährenden Absatzes.

Die Herrnhuter,

in ihrem Leben und Wirken nach der Wahrheit dargestellt von einem ehemaligen Mitgliede. Eine zeitgemäße Mittheilung. 8. 1839. Preis: 15 Sgr.

Es ist dieses die neueste Schrift über die Herrnhuter. Sie verbreitet sich über folgende Gegenstände: Entstehung und organische Verfassung. Religion und Cultus. Seelsorge. Erziehung. Chorplan. Geistliche Verwaltung. Finanzen. Bürgerliches und tägliches Leben. Allgemeiner Charakter. Herrnhut. Societäten und Diaspora. Missionen. Nachweis des gegenwärtigen Bestandes. Verfall und Endschick. Zugabe: Broderick's Ankunft im Himmel. Ein Gesang. Predigt über das Evangelium vom ungerechten Haushalter.

**Stammtafeln des Großherzoglichen Hauses
Sachsen-Weimar-Eisenach.**

Velinpapier, Preis: 1 Thlr. Schreibpapier 20 Sgr.

Röhr's neueste Reformationspredigt 1842.

Wie viel die Wiederherstellung des reinen Evangeliums Jesu den frühern
Bekennern desselben kostete. Preis: 5 Sgr.

Von demselben Herrn Verfasser sind bei mir kürzlich an einzelnen Ge-
legenheitspredigten erschienen:

**Der Wechsel der Heimath und des Vater-
landes, welchen das Leben für viele Men-
schen mit sich führt.**

Eine Predigt beim ersten feierlichen Kirchgange der neuvermählten Frau
Erbgroßherzogin von Weimar. Zweite Auflage. Preis: 3 Sgr.

**Der geistige Segen des Unheil drohenden
Naturzustandes um uns her.**

Dritte Auflage. Preis: 3 Sgr. 9 Pf.

Weimar.

Wilhelm Hoffmann.

