

von Elektrizität, 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 Elektrizität durch wechselseitige Berührung verschiedenartiger Körper. Berührungs- (Contact-) oder Galvanische Elektrizität. Der Galvanismus; Voltaismus.

§. 30.

Entdeckung und Begriff derselben.

Die Erregungsart der Elektrizität 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 Elektrizität an. Vielleicht liegt dieser eine ähnliche Bewegung der Körpertheile, wie sie bei der Elektrizitätserregung durch Trennung derselben statt findet, zu Grunde. Die Ruhestellen (Knotenlinien) zeigen negative, die tönenden positive Elektrizität der Scheiben an. Man schließt darauf aus den verschiedenen Figuren, die aufgestreutes Kieselpulver und Harzpulver bilden. Rieß (Repert. Bd. 6. S. 297.) erinnert hierbei an die von Young gemachte Beobachtung, daß eine Leidner Flasche entladen werde, wenn man sie durch Reiben mit dem Finger zum Tönen bringt. Man vergl. hierüber einen Aufsatz von Peltier in Forriep's neuen Notizen, April 1838, No. 115. — Ebenso bedarf auch die Erregungsart der Elektrizität 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-Elektrizität, Berl. 1836. S. 4 u. 7. Dove, a. a. D. Bd. 2. S. 71.

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

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

§. 31.

Fundamental-Versuch **Volta's** über die elektromotorische Kraft der Metalle im gegenseitigen 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 Electricität entsteht §. 13.), eine Vertheilung oder Zerlegung ihrer natürlichen Electricität in $+$ und $-$ erleiden; wobei sich ein Theil dieser entgegengesetzten Electricitäten der beiden Metalle mit einander sättigt und zu $0 E$ vereinigt, und der andere Theil derselben als Ueberschuß bei der Trennung der Metalle in diesen frei wird. Leichtem bemerklich wird diese, wenn man das Ende eines Zinkstreifens mit dem eines Kupferstreifens zusammen löthet, und mit dem Kupfer, während man das Zinkende in der Hand hält

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

§. 32.

Geringe Intensität einfacher galvanisch-elektrischer Zustände.

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

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

dem Kollektor des Condensators die schwache Elektrizität in diesem anhäuft. Karsten, über Contact-Elektrizität, S. 2. Deutlicher und mit weniger Umständen machen sie sich, auch bei der schwächsten Spannung, bemerklich durch elektromagnetische Wirkung, d. h. durch ihren Einfluß auf den Stand der Magnetnadel (zumal bei gleichzeitiger Benutzung eines Multiplikators, S. 76); — sodann durch ihre Wirkung auf die Sinnesnerven und auf die entblößten Bewegungsnerven, hauptsächlich kaltblütiger (frisch getödteter) Thiere, wie der Fische, Blutegel, Frösche und anderer Amphibien; so daß die Magnetnadel und nächst ihr der thierische Nerve für die sichersten Elektroskope der Berührungs-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 geringerer Grade von Contact-Elektricität auf die Muskelnerven unlangst 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 aufrichtet. Sonst lassen sich bei großer Reizbarkeit des Thieres (welche besonders im Frühjahr vor der Begattung vorhanden ist) die Contractionen auch durch Anwendung zweier homogener Metalle, die aber rücksichtlich ihrer äußern Politur, ihrer Temperatur oder ihrer Dichtigkeit von einander verschieden sind (S. 36.), ja selbst eines einzigen Metalles und, wie N. v. Humboldt und Johannes Müller beobachteten, eines frischen Stückes Muskelfleisch, erregen, mit dem man den entblößten Nerven und den Muskel in Verbindung bringt, indem durch eine solche Verbindung von verschiedenartigen thierischen Bestandtheilen ebenfalls eine galvanische Kette gebildet wird. (S. 36.) Dr. Joh. Müller, Hdb. der Physiologie 1835, Bd. 1. S. 64. Nach Humboldt verfällt selbst ein armirtes Frosch-Präparat, dessen Nerven- und Muskel-Nematur aus einem homogenen Metalle besteht, durch einen bloßen Hauch oder durch eine verdunstende Flüssigkeit in Zuckungen, und nach Galvani's erster Entdeckung, wenn es, ohne armirt zu seyn, nur mit einem Metall an einem feinen entblößten Nerven berührt, und während dessen aus dem Conductor einer nicht zu fern stehenden Elektrisirmaschine ein Funken gezogen wird. Galvani a. a. D. 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 §. 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 (anfangs gebräuchlichste) Plattenform ist vielleicht die seltenste, deren man sich jetzt bedient. In sehr kleiner Dimension ist sie aber neuerlichst bei elektro=magnetischen Versuchen mit dem Schweigger'schen Multiplikator, um das feine Reaktionsvermögen der Magnemadel gegen galvanische Ströme zu versinnlichen, und in größerer von Dr. Neeff zur Erzeugung von magnetischer Polarität in Eisen durch dergleichen Ströme (S. 74. *) wieder in Gebrauch genommen worden. (S. 76. *) Häufig werden die beiden Metalle in die leitende Flüssigkeit isolirt eingesenkt, und der Schluß der Kette dann durch Metalldrähte bewirkt. Eine solche Kette stellen z. B. eine Silber- und eine Zinkstange vor, die in ein Glas mit Salzwasser getaucht und außerhalb desselben unmittelbar oder durch Draht mit

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

§. 36.

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

Beccquerel's einfache Kette.

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

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

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

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

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

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

§. 37.

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

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

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

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

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

Was den feuchten Leiter anbelangt, so ist die Wirkung um so stärker, je besser leitend dieser ist. Außerdem muß derselbe wenigstens auf eins der Metalle chemisch (oxydirend) wirken (wobei es gleichgültig ist, ob die Verwandtschaft des Sauerstoffs zu dem Metalle schon vorher für sich besteht, oder erst durch die galvanische Action herbei geführt wird, S. 50.); oder, wenn er auf beide eine chemische Wirkung äußert, diese auf das eine stärker seyn, als auf das andere. Ketten von Platin, Gold und Salpetersäure, oder von Gold, Silber und Salzsäure sind fast ganz unwirksam, weil jene Metalle von den genannten Säuren nicht angegriffen werden; thätiger ist schon eine Kette von Gold, Silber und Salpetersäure. Wasser leitet und wirkt als Zwischenkörper am schlechtesten, besser Auflösungen von Alkalien und Neutralsalzen in Wasser, besonders die leicht zerfälligen Lösungen von Salmiak, Kochsalz und Salpeter, und am stärksten Metallsalzaufösungen und verdünnte Säuren (Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure, 1 Th. davon auf 5 — 10 — 60 Th. Wasser). Da aber bei der Benutzung von starken Säuren die metallischen Erreger sehr bald ihren regulinischen Zustand einbüßen und sich mit Dryd (einem schlechten Leiter) bedecken, wodurch die Wirksamkeit der Kette beeinträchtigt wird (S. 51.): so bedient man sich jener nur in solchen Fällen, wo man die höchste Wirksamkeit der Kette nur Augenblicke hindurch benutzen will, und wendet in andern, wo es weniger auf eine sehr starke als auf eine länger dauernde Wirkung ankommt, z. B. bei Anstellung von manchen elektromagnetischen Experimenten, oder bei Benutzung der physiologischen Wirkungen einer 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 bestreicht, und hierauf das Metall einige Stunden an der Luft liegen läßt, wonach es eine grüne Farbe und damit einen negativen Charakter annimmt (S. 37.), — dessen Repertor. Bd. 1. S. 388, — oder daß man, nach Poggendorff, das Kupfer über Kohlenfeuer so lange erhitzt, bis die anfangs erscheinenden Farben wieder verschwinden — daß man dasselbe in Salpetersäure eintaucht und alsbald in Wasser wieder abspült — oder daß man demselben einen Ueberzug von gefälltem pulverförmigen Kupfer giebt, wie es in der Daniell'schen Kette ausgeschieden wird, wenn die Lösung des Kupfervitriols dünn genug ist und freie Säure enthält. (S. 74.) Bei Anwendung der letzten drei Verfahrensarten bemerkt man, daß die Stärke des elektrischen Stromes erst eine geraume Zeit (gewöhnlich eine halbe Stunde und darüber) zunimmt, bevor sie ihr Maximum erreicht, und dann mehrere Stunden sich constant bleibt, bevor sie wieder merklich sich vermindert —, vorausgesetzt, daß an der Kette keine Aenderung vorgenommen, namentlich der Leitungswiderstand (z. B. durch Verlängerung des Leitungsdrahtes), nicht beträchtlich verändert wird. Durch dieselben Mittel kann, nach Poggendorff's Erfahrung, wenigstens zum Theil, auch der Oberfläche des Eisens und anderer negativen metallischen Erreger eine dem obgedachten

entwickeln, so müssen diese noch mit Quecksilber eingerieben werden; unterläßt man dieses, so werden die vernachlässigten Stellen sehr bald von der Säure durchfressen. Moser a. a. O. Hat die Kette eine 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. Dessen Annal. Bd. 51. S. 384. — Maßbestimmungen über die galvanische Kette, von Th. G. Fehner, Leipz. 1831. — Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet von Dr. Ohm, Berl. 1827. Durch beide zuletzt genannte Schriften haben wir die erste gründliche Belehrung über den Einfluß erhalten, den die einzelnen Elemente der geschlossenen galvanischen Kette auf die Wirksamkeit derselben ausüben, so wie über die Art, wie jener numerisch bestimmt werden kann. Es ist hierbei namentlich der Widerstand, den der elektrische Strom auf seinem Wege durch die Elemente der Kette, durch den Leitungsdraht oder die Flüssigkeit, womit dieselbe geschlossen wird, und bei dem Uebergange aus den Metallen (festen Körpern) in die Flüssigkeit, erfährt, von Belange. Dieser Widerstand und nebst ihm die elektromotorische Kraft der Kette sind die beiden Momente, von denen die Intensität des elektrischen Stromes abhängt. Nach Ohm ist diese der Quotient aus der Division der letztern durch den erstern.

§. 38.

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

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

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

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

§. 39.

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

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

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

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

Leitung und Vertheilung der elektrischen Spannung von Kette zu Kette immer mehr erschwert, und die Säule einer trocknen (Zambonischen) immer ähnlicher macht (S. 43.). Die Wahl des feuchten Leiters selbst richtet sich nach den S. 37. bereits erörterten und in S. 40. noch aus einander zu setzenden Verhältnissen. Sehr viel kommt auch auf die Temperatur an. Durch eine mäßige und noch mehr durch eine ungleiche Temperatur in den einzelnen Theilen der Säule wird die Kraft derselben erhöht, weshalb es gut ist, die Platte vor dem 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) Papieres, 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 Zerfegbarkeit des Leiters und in dem Maasse, 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 Oxydations-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 Oxydation der Metalle erst in Folge des erregten elektrischen Stromes eintritt. (S. 51.) Die Steigerung der Wirksamkeit einer Kette durch die verschiedenen Leiter zweiter Klasse erklärt sich daraus, daß diese ihrer Seite, nächst ihrer Funktion, die metallisch erregte Elektricität nach ihrer physischen Beschaffenheit mehr oder weniger gut (nach Volta) fortzuleiten oder

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

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

§. 42.

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

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

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

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

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

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

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

das Zink zu sehr angreift, und nicht in dem Verhältnisse, als sie dadurch nachtheilig wird, stärkere Wirkung leistet, als jene, und Kochsalz- und Salmiak-Auflösungen, bei gleichem Nachtheile für das Zink, noch dadurch unbequem werden, daß sie, wenn die Tröge oder Kästen nicht hart gelöthet sind, das weiche Loth (Klempnerloth), mit dem die gewöhnlich zusammengelöthet sind, zerstören. Nach dem Gebrauche der Schwefelsäure lassen sich auch die Metalle, das Zink sowohl als das Kupfer leicht durch Abspülen mit Wasser reinigen, was bei der Anwendung von andern Flüssigkeiten nur durch starkes Scheuern mit Sande erlangt werden kann. Der einzige Nachtheil, den die Schwefelsäure mit sich führt, ist die starke Entwicklung von Wasserstoffgas (einer irrespirablen Gasart), die sie erzeugt (§. 50.), welche zwar bei kleineren Apparaten keine erhebliche 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 Zollen giebt. Aus einer Säule von 2000 Paaren will Zamboni Funken von 1 und v. Delin selbst von 3^{'''} Länge erhalten haben. — Zuweilen hört (oft erst nach Jahren) die Wirksamkeit der trocknen Säule eine Zeit lang ganz auf, und findet sich nachher von selbst wieder ein, ohne daß man bis jetzt die Ursache von dem Einen oder dem Andern entdeckt hat. Zamboni in *Annal. d. Chim.* Juin. 1825. — Eine eigene Anwendung von der trocknen Säule hat man in dem

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

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

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

§. 44.

Wirkungen des verstärkten Galvanismus im Allgemeinen.

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

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

§. 45.

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

Wenn die Volta'sche Säule vollkommen isolirt steht (und ihre Pole nicht durch einen Leitungsdraht mit einander communiciren), so hat sie in der Mitte einen 0- oder Indifferenzpunkt, d. h. es ist hier eine Kette, wo die Säule gar keine freie Elektricität, selbst an dem besten Condensator und dem empfindlichsten Elektrometer, zu erkennen giebt. Von hier aus wächst die freie Elektricität nach den beiden Enden zu, auf entgegengesetzte Art, so daß in arithmetischer Progression von einem Plattenpaare zu dem andern nach der positiven Elektrode zu immer mehr $+E$, nach der negativen hin zunehmend mehr $-E$ sich zeigt, und die isolirte Säule gleichsam in zwei Hälften von entgegengesetzter elektrischer Spannung, eine positive und eine negative, zerfällt. Weil aber die entgegengesetzten Elektricitäten in den einzelnen Plattenpaaren sich gegenseitig binden (§. 14.), so ist diese Spannung bei Säulen von 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 Haken 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 kompletten Lähmung der Hände, gegen die außer andern arzneilichen Mitteln die Maschinen-Elektrizität (anfangs durch die sanftern Methoden, später durch Funkenziehen aus dem Hauptleiter der $\frac{7}{4}$ " lange Funken schlagenden Maschine und mittelst der Leidner Flasche), so wie Versuche mit thierischem Magnetismus (durch Auflegen der Hände auf große junge lebenskräftige Hunde und Kneten der Extremitäten durch Diener) vergeblich angewendet worden waren, durch eine sechswochentliche galvanische Kur so weit zu heilen, daß der über den günstigen Erfolg dieser Behandlung neu aufstehende Greis wieder selbst essen und seinen Namenszug deutlich lesbar zu schreiben vermochte, was ihm vorher nur durch Führung der Hände durch den Diener möglich war. Als Elektromotor diente dabei ein Becher-Apparat, der etwas abweichend von Volta's erstem Apparate dieser Art aus 94 Bechern zusammengesetzt war, und seine Brauchbarkeit für die medicinische Praxis bei andern physiologischen und therapeutischen Versuchen schon mehrmals bewährt hatte. Aus diesem wurde täglich $\frac{3}{4}$ Stunden lang der galvanische Strom in beide Arme und Hände geleitet. Das technische Verfahren damit war so, daß die zu galvanisirende Hand, mit Salzwasser stark benäßt, den breiten Theil eines großen silbernen Löffels umfaßte, dessen Stielende auf dem + Pole des Apparates ruhte, während ein starker Kupferdraht (etwa von der Stärke, wie man ihn zu Multiplikatoren thermo elektrischer Ströme benutzt), der an dem — Pole befestigt war, mit einer bestimmten Stelle der durch eine Nadel wund geritzten Haut in Kontakt stand. Zu dieser Stelle wurde bald die Mitte des Ellenbogens, wo der nervus cutaneus medius und n. medianus sich in ihre tiefer liegenden und seitlichen Verzweigungen verflächten, bald die Nähe des plexus brachialis in der Achselhöhle, am Meisten aber die Gegend des Austrittes der untern Halsnerven aus dem Kanale des Rückenmarkes gewählt, und so auf verschiedene Weise der leidende Theil in den elektrischen Entladungskreis gezogen. Eine besondere Rücksicht auf die Wirkung des positiven und negativen Stromes wurde insofern genommen, als, um die durch längeres Galvanisiren abgestumpfte Reizbarkeit wieder herzustellen, der negative Pol an die Stelle des positiven gebracht wurde, wenn dieser eine Zeit lang hier gebraucht worden war und so vice versa. — Eine gleich glückliche Heilung einer Paraplegie durch die Erschütterungen einer aus nur 30 Plattenpaaren aufgeschichteten Säule wird in Forrier's Notizen, Febr. 1826, No. 270 erzählt; die Heilung einer 9

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

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

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

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

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

§. 49.

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

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

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

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

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

und einem Cylinder von sorgfältig amalgamirtem Zink, welche in ein Glas mit verdünnter Schwefelsäure gestellt werden, so daß die obere Enden aus der Flüssigkeit herausragen. Beide Metalle sind hier mit Vertiefungen oder kleinen Näpfchen versehen, welche mit Quecksilber angefüllt werden. Zur Schließung der Kette dient ein kurzer, an den Spitzen amalgamirter Kupferdraht, der so eingerichtet ist, daß er in die Quecksilberbehälter eintauchen kann. Der Schließungspunkt blüht in dem Momente auf, wo die metallische Verbindung hergestellt — der gewöhnliche Desinnungspunkt, 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 Proceffe durch die Säule. Das
Volta-Elektrometer.

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

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

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

Eben so, wie die Intensität eines galvanischen Stromes durch die Länge eines durch ihn glühend gewordenen Drahtes einer bestimmten Gattung gemessen wird, kann dieselbe auch durch die Menge des unter seinem Einflusse aus einer elektrolytischen Flüssigkeit (S. 51.) sich entwickelnden Gases gemessen werden. Man hat hierauf die Einrichtung eines besondern Instrumentes — das unter dem Namen des Volta=Elektrometers bekannt ist — gegründet, welches besonders brauchbar ist, wenn die Summe aller Intensitäten des Stromes, der in einer bestimmten Zeit durch eine Flüssigkeit geht, bestimmt werden soll. Es ist ein galvanischer 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 zersekende 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 Zersekung 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 verfehlt, zwischen die Enden der Rheophoren bringt. Auf diese Weise machte man die später so fruchtbare Entdeckung, daß die bis dahin jedem Versuche einer Analyse widerstehenden und deshalb für feuerbeständig und einfach gehaltenen Alkalien und Erden besondere metallische Substanzen als Grundstoffe besitzen, und eigentlich Metalloxyde sind. Wird z. B. mit einem Stückchen Pflanzenalkali die Säule geschlossen, so giebt dieses an den $+$ Draht seinen Sauerstoff ab, welcher hier, wenn er zu dem Metalle des Polarrahtes keine Verwandtschaft hat, in Gasform entweicht, oder im andern Falle (wenn der Draht aus einem oxydirbaren Metalle besteht) sich mit ihm zu einem Oxyd verbindet, und die metallische Basis desselben setzt sich in Gestalt kleiner glänzender Metallkugeln als Kaliummetall an der Stelle, wo der $-$ Draht das Alkali berührt, ab. War zufällig ein wenig Quecksilber mit dem Kali in Verbindung, so wird dieses sogleich durch das neu entstandne Metall amalgamirt.

Hat man den einen Rheophor mit einer fein polirten Metallplatte von Gold oder Platin versehen, und richtet das zugespitzte Ende des andern gegen diese: so lagern sich, selbst bei schwacher Wirkung der Säule, die ausgeschiedenen Stoffe an dieser in Form concentrischer Ringe und regelmäßiger Schichten ab, die in ähnlichen Regenbogenfarben spielen, wie Newton's bekannte Farbenkreise, oder die durchsichtigen Häutchen der Seifenblasen, und deren Centrum der Spitze des Rheophors gegenüber sich befindet. Der Entdecker dieser Farbenbilder ist der verstorbene Professor Nobili (zu Reggio), der dieselben in größter Vollkommenheit und Schönheit mittels einer Säule aus 12 \square 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 Kohlenäure und Kohlenoxydgas an der positiven Elektrode, bei der Elektrolyse des Wassers, wenn Kohle zur Schließung der Säule genommen wird; da sonst, wenn mit Platin- oder Golddraht die Schließung bewirkt wird, an der + Elektrode Sauerstoff ausgeschieden worden seyn würde. Der sorgfältigsten Erforschung derselben hat sich Moser (in Dove's Repert. Bd. 1. S. 214. u. f.) hingegeben, und nächst ihm Fischer (in seiner Schrift: „Das Verhältniß der chemischen Verwandtschaft zur galvanischen Electricität.“ Berlin 1830). — Von den merkwürdigen Bewegungen, welche bei der elektrischen Zersetzung flüssiger Leiter zuweilen vorkommen, wird bei einer andern Gelegenheit gesprochen werden. (S. 85.)

*) Diese Protpektoren, auf deren Beschreibung wir später zurückkommen werden (kleine Stüchchen eines positiv gegen das Kupfer sich verhaltenden Metalles, z. B. von Zink, Eisen, Zinn, die an verschiedenen Stellen des Kupferbeschlags 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 Öffnung mit Rind'sblase (einem porösen Körper, der die Vermischung der beiden anzuwendenden Flüssigkeiten verhindern soll, ohne den Durchgang des elektrischen Stromes durch diese aufzuhalten) sorgfältig überzogen ist. In seiner Stellung wird der Cylinder entweder durch Stückchen Kork, die man in den Zwischenraum zwischen ihm und dem Glase einklemmt, oder besser dadurch fixirt, daß man ihn in die seiner Weite entsprechende Öffnung eines zu diesem Zwecke in der Mitte durchlöcheren und auf das Glas horizontal gelegten Brettes so tief eindreht, bis er 1 bis 2 Zoll durch dieses nach unten hervorragt. Letzteres ist bis fast an den Rand **aa** mit einer gesättigten filtrirten Kupfervitriollösung gefüllt, in welche (um die Lösung immer von Neuem zu sättigen, wenn durch die galvanische Zersetzung das Kupfer aus ihr geschieden wird) zum Ueberfluß noch eine Quantität gepulverter Kupfervitriol geworfen wurde. Der Cylinder **BB** selbst ist bis **bb** mit einer Auflösung von Kochsalz oder mit sehr verdünnter Schwefelsäure (1 Th. Säure und 25 Th. Wasser) angefüllt. Ein schmaler (ungeglühter) in die Form **c d e f g** gebogener Streifen Kupferblech taucht mit dem einen Ende **c** in die Salzauflösung bis dicht über die Rind'sblase, und mit dem andern Ende **g**, $1\frac{1}{2}$ bis 3 Zoll von der Blase entfernt, in die Kupferauflösung ein. So weit der Streifen in dieser sich befindet, also von **g** bis **a**, ist er, um den Niederschlag des ausgeschiedenen Kupfers an ihn zu vermeiden, mit Siegellack überzogen. Das Ende **g** des Streifens (das vom Siegellack frei bleibt), und eben so das andere Ende **c** desselben ist in einen horizontalen Ring umgebogen. Letzterer ist zur Aufnahme eines Stückes Zink (das das positive Element der Kette ausmacht) bestimmt, und auf den Ring **g** wird die Kupferplatte (der negative Erreger) oder überhaupt der zu behandelnde metallische Gegenstand gelegt.

Bei dieser Anordnung des Apparates wird durch die metallische Verbindung der beiden heterogenen Metalle (des Zinkes und Kupfers) mittelst des kupfernen Streifens der galvanisch-electrische 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 Electricität zerlegt wird, die beabsichtigte Niederschlagung des aufgelösten Kupfers an die Kupferplatte bewirkt. — Man kann diese Wirkung der galvanischen Electricität 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 Electricität 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 umgebogen 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.
