

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 Zersehung 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. *Poggendorf's Annal. Bd. 37. S. 429. Dove a. a. D. Bd. 2. S. 100 u. f.*

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

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

^{**}) Vocamio (in Mailand) construirte eine galvanische Kettenkette, ohne Hinzufügung eines Metalles, aus Scheiben von Runkelrüben und 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-