

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

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

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

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

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

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

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

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

Zwecke günstige Beschaffenheit ertheilt werden. Eine Kette aus so behandeltem Gußeisen, amalgamirtem Zink und verdünnter Schwefelsäure lieferte ihm einen drei Mal stärkern Strom, als eine gewöhnliche Zinkkupferkette, der sich über anderthalb Stunden fast ganz constant blieb. *Deffen 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,