

**Zeitschrift:** Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali

**Herausgeber:** Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

**Band:** 34 (1849)

**Artikel:** Ueber die chemische Theorie der Volta'schen Säule

**Autor:** Schönbein, C.F.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-89811>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 03.04.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## B e i l a g e 11.

---

### Ueber die chemische Theorie der Volta'schen Säule.

Von

**C. F. Schönbein.**

Häufig ist von der chemischen Theorie des Voltaismus behauptet worden, dass sie eine äusserst merkwürdige, an der offenen hydro-elektrischen Säule auftretende Erscheinung nicht zu erklären vermöge, und deshalb allein schon gegen die Contacts-Hypothese, welche über das fragliche Phänomen genügende Red' und Antwort zu geben wisse, im entschiedensten Nachtheil stehe. Diese Erscheinung ist das Zunehmen der sogenannten elektrischen Spannung mit dem Wachsen der Zahl der Elemente der Säule. Eine derartige Behauptung dürfte nicht ganz unbegründet sein, wenn sie bezogen wird auf die chemische Theorie, wie dieselbe von *de la Rive*, *Becquerel* und Andern aufgestellt worden ist; ich muss aber entschieden in Abrede stellen, dass der gemachte Vorwurf auch diejenige Ansicht treffe, welche ich über die nächste Ursache der hydro-elektrischen Erscheinungen hege, und die von mir in einer eigenen kleinen Schrift, »Beiträge zur physikalischen Chemie,« schon vor geraumer Zeit ziemlich umständlich entwickelt wurde. Da der verehrungswürdige Senior der Elektriker, Herr *Pfaff*, und mit ihm andere Physiker dennoch meiner Theorie die Fähigkeit abgesprochen haben, über die statisch-elektrischen Erscheinungen der Säule Rechenschaft abzulegen, so halte ich es nicht für überflüssig, die Grundlosigkeit einer solchen Behauptung darzuthun und zu zeigen, dass die mit dem Wachsen der Zahl der Plattenpaare einer Säule

eintretende Steigerung der elektrischen Spannung von meiner Hypothese gerade so nothwendig, wie von der Contactstheorie gefordert wird.

Bekanntlich bin ich selbst mit den strengsten Contactisten über die Richtigkeit der Annahme einverstanden, dass es viele hydro-elektrischen Ketten gebe, welche voltaisch wirksam sind, ohne dass in ihnen vor bewerkstelligter Schliessung irgend eine, entweder durch Verbindung oder Zersetzung sich äussernde, chemische Thätigkeit statt finde, z. B. ein Metall der Kette oxydirt und deren feuchter Leiter zerlegt werde. Ketten dieser Art sind Zink, Platin und reines Wasser; Zink, Platin und Zinkvitriollösung, Wasserstoff, Platin und reines Wasser; Bleisuperoxyd, Platin und Wasser; Chlor, Platin und Wasser u. s. w.

Nichtsdestoweniger suche ich aber die Ursache der in solchen Ketten auftretenden elektrischen Erscheinungen gar nicht in einem blossen, von allem Chemismus unabhängigen Contacte verschiedenartiger Materien, z. B. zweier Metalle, sondern in einer allerdings durch Berührung bedingten chemischen Anziehung, welche ein Bestandtheil der Kette, z. B. das Zink, der Wasserstoff, das Chlor oder der Sauerstoff eines Superoxydes entweder gegen den Sauerstoff oder den Wasserstoff des Wassers, oder überhaupt gegen das Anion oder Kathion einer zur Kettenbildung angewendeten elektrolytischen Flüssigkeit ausübt. Der chemischen Anziehung z. B. einer sauerstoff- oder wasserstoffgerigen Substanz gegen das eine oder andere Ion des Wassers schreibe ich eine Störung des ursprünglichen chemischen Gleichgewichtszustandes eines Wassermoleküles zu, welches mit einer Substanz der angedeuteten Art in Berührung geräth, ohne dass aber hierdurch die Verbindung der Bestandtheile des Wassermoleküles aufgehoben zu werden und einer seiner Bestandtheile mit der anziehenden Substanz sich in der Wirklichkeit chemisch zu vereinigen braucht. Eine solche Störung des chemischen Gleichgewichtes hat nach meinem Dafürhalten auch diejenige des elektrischen Gleichgewichtes des besagten Wasser-Moleküles oder denjenigen Zustand zur Folge, welchen ich elektrische

**Polarisation zu nennen pflege.** Die Wasserstoffseite unsers elektrolytischen Wassermoleküles wird positiv elektrisch, dessen Sauerstoffseite negativ. Zieht eine Substanz den Sauerstoff des Wassers an, was der häufigere Fall ist, so wird die ihr zugewendete Seite des Wassermoleküles negativ, also die Sauerstoffseite sein; übt die Substanz eine chemische Anziehung gegen den Wasserstoff des Wassers aus, so kehrt sich ihr die positive oder die Wasserstoffseite des Wassermoleküles zu.

Befindet sich auf einer Seite unsers Wassermoleküles eine Sauerstoff anziehende, auf der andern Seite eine Wasserstoff begierige Materie, so ist klar, dass unter diesen Umständen zwei chemisch-elektro-motorische Einflüsse auf das Wassermolekül ausgeübt werden, welche nothwendiger Weise mit Bezug auf die eintretende elektrische Polarisation oder die Spannung stärker wirken müssen, als nur ein einziger, weil dieselben das Wassertheilchen in gleichem Sinne polarisiren. Stellt man an die entgegengesetzten Seiten des Wassertheilchens Substanzen, welche eine gleich starke chemische Anziehung entweder nur gegen den Sauerstoff oder nur gegen den Wasserstoff des elektrolytischen Moleküls ausüben, so sieht man leicht ein, dass keine elektrische Polarisation desselben erfolgen kann, weil in diesem Falle die wirkenden chemischen Zugkräfte das Wassermolekül mit gleicher Stärke im entgegengesetzten Sinne zu polarisiren suchen. Stehen an entgegengesetzten Seiten des Wassermoleküles Substanzen, von denen ebenfalls jede entweder nur den Sauerstoff oder den Wasserstoff des Wassers anzieht, sind aber diese gegen den gleichen Bestandtheil des Elektrolyten gerichteten chemischen Anziehungen an Stärke einander ungleich, so tritt zwar unter derartigen Umständen auch noch eine Polarisation des Wassermoleküles ein; es wird aber die Intensität derselben nur dem Unterschied der Grösse der von beiden Substanzen gegen das gleiche Ion des Wassers ausgeübten chemischen Anziehungen proportional sein können. Was im Voranstehenden von der Polarisation des Wassers gesagt worden, findet leicht seine Anwendung auf die durch chemische Ziehkräfte zu bewerk-

stellende Polarisation aller elektrolytischen Flüssigkeiten. Nach dieser kurzen Darlegung meiner Ansicht über die nächste Ursache der elektrischen Polarisation elektrolytischer Körper durch chemische Ziehkräfte werde ich nun auch leicht zeigen können, dass die zwischen der Stärke der elektrischen Spannung und der Zahl gleichartiger Elemente einer Säule bestehende Proportionalität eine nothwendige Folge der eben entwickelten Ansicht ist.

Wählen wir zum Behufe einer solchen Beweisführung den Fall, wo Wasser die elektrolytische Verbindung und Zink der Sauerstoff anziehende Körper ist, und denken wir uns ein Molekül dieses Metalles und ein Molekül der Flüssigkeit in unmittelbare Berührung gesetzt. — Gemäss dem Gesagten wird unter diesen Umständen zunächst das Wassermolekül elektrisch polarisirt, und zwar so, dass seine dem Zink zugewendete Seite in den negativen, die entgegengesetzte Seite aber in den positiven Zustand tritt, und dauert dieser Zustand der Polarität des Wassermoleküles so lange an, als die Ursache zu wirken währt, die ihn hervorgerufen, also so lange, als das Zink in unmittelbarer Berührung mit dem Wasser bleibt. Auch versteht es sich von selbst, dass die Intensität der Polarität dieses Wassermoleküles abhängig ist von der Stärke der vom Zink gegen den Sauerstoff des Wassers ausgeübten chemischen Anziehung, d. h. von dem Grad der Oxydirbarkeit dieses Metalles. — Setzen wir die Intensität der im Wassermolekül durch das Zink hervorgerufenen Polarität zu 1, und lassen wir mit jenem (dem Wassermolekül) ein zweites Wassertheilchen in Berührung treten, so wird letzteres durch Induktion ebenfalls polarisirt, und zwar in dem gleichen Sinne, in welchem es das erste Wassertheilchen durch die chemische Ziehkraft des Zinkes geworden; wobei es sich von selbst versteht, dass die Stärke der elektrischen Polarität oder Spannung dieses zweiten Wassermoleküles nicht grösser sein kann, als die des ersten, d. h. nicht grösser als 1. Ein drittes Wassertheilchen dem zweiten angereicht, erlangt unter dem inducirenden Einfluss des letztern

ebenfalls eine Spannung von 1 und man sieht leicht ein, dass jedes einzelne Glied einer stetigen Reihe von Wassertheilchen, deren eines Ende in Berührung steht mit einem Wassermolekül, welches sich unter dem Einfluss der chemischen Ziehwalt eines Zinktheilchens befindet: durch eine von Molekül zu Molekül gehende Induktion in elektrische Spannung treten muss, dem Sinne und der Stärke nach gleich der Polarisation des ersten Wassermoleküles. Es bedarf wohl kaum der ausdrücklichen Bemerkung, dass auch unser Zinktheilchen durch das mit ihm in unmittelbarer Berührung stehende Wassermolekül in der Weise elektrisch gespannt wird, dass die gegen das Wasser gekehrte Zinkseite positiv und die entgegengesetzte Seite negativ elektrisch ist. — Begrenzen wir nun das vom Zink abstehende freie Ende einer stetigen Reihe polarisirter Wassertheilchen durch ein Molekül einer Materie, die gegen den Sauerstoff oder Wasserstoff des Wassers sich so gut als chemisch indifferent verhält, z. B. durch ein Platinmolekül, so wird auch dieses Metall von dem angrenzenden polarisirten Wassertheilchen durch Induktion polarisirt werden, eine Spannung von 1 erhalten und dessen vom Wasser abgekehrte oder äussere Seite  $\dagger$  E zeigen. Würde man an dieses Platintheilchen eine zweite stetige Reihe von Wassermolekülen grenzen lassen, so sieht man leicht ein, dass jedes Glied dieser Reihe durch die inducirende Wirkung des Platintheilchens in gleichem Sinne und gleicher Stärke elektrisch gespannt werden müsste, in welchem das besagte Metalltheilchen es selbst ist, es müsste somit die Spannung der zweiten Reihe von Wassermolekülen ebenfalls gleich 1 sein. Brächten wir unser polarisirtes Platintheilchen mit dem einen Ende einer stetigen Reihe von Zink- oder andern metallischen Molekülen in Berührung, so würde auch die Spannung der Glieder dieser Reihe nur 1 betragen und keine Zunahme der elektrischen Polarität erfolgen können, wie viele einzelne Reihen von Metalltheilchen gleicher oder verschiedener Art wir auch in Berührung mit dem polarisirten Platinmolekül hintereinander aufstellen möchten, denn die Spannung dieser Reihen wird nur durch Induktion und

nicht durch neu hinzukommende elektro-motorische Kräfte hervorgerufen.

Ganz anders aber verhält sich die Sache, wenn das am Ende einer stetigen Reihe polarisirter Wassertheilchen stehende Platinmolekül mit einem Zinktheilchen und dieses dann mit einem Wassermolekül in Berührung gesetzt wird. Durch Induktion erhält dieses Wassertheilchen eine Spannung von 1, wie dies der Fall wäre mit irgend einem Theilchen irgend einer leicht inducirbaren Materie; dann kommt aber auch der oben besprochene elektro-motorische Einfluss unsers zweiten Zinktheilchens auf das angrenzende Wassermolekül in's Spiel, welcher Einfluss dieses Wassertheilchen in gleicher Weise elektrisch spannt, in welcher es schon durch Induktion polarisirt werden; es muss somit die Spannung des in Rede stehenden Wassermoleküles doppelt so gross werden, als sie es vorher war. Fügt man an das Wassertheilchen von doppelter Spannung eine zweite stetige Reihe von Wassermolekülen, so werden nothwendiger Weise alle Glieder derselben durch Induktion ebenfalls polarisirt werden und eine Spannung von 2 erlangen. Aber das Wassertheilchen mit doppelter Spannung übt seinen Einfluss nicht nur in der Richtung der zweiten Wassermolekülreihe, sondern auch nach der entgegengesetzten Richtung hin aus, und steigert daher auch die Polarisation aller der in dieser Richtung liegenden Wasser- und Metalltheilchen von 1 auf 2; so dass alle stetig zusammenhängenden Moleküle unserer Vorrichtung im gleichen Zustande elektrischer Entzweigung sich befinden. Wird unsere zweite Wassermolekülreihe an ihrem freien, vom zweiten Zinktheilchen abstehenden Ende wieder von einem Platintheilchen begrenzt, so erlangt auch dieses eine Spannung von 2, ebenso ein weiter angefügtes Zinktheilchen, wie auch ein mit letzterem in Berührung gesetztes Wassermolekül. Da aber letzteres durch die chemisch-elektromotorische Thätigkeit des mit ihm in Berührung stehenden dritten Zinktheilchens eine Spannung von 1 erhält und das fragliche Wassermolekül durch vorangegangene Induktion schon eine Spannung von 2 hatte, so muss dieselbe auf 3 erhoben, dann aber aus den vorher

angegebenen Gründen in jedem Theilchen unserer Vorrichtung die Stärke der Polarisation um 1 vermehrt werden.

Die beschriebene Vorrichtung ist nun offenbar nichts anders als eine Volta'sche Säule, und man begreift leicht, dass in eben dem Verhältniss, in welchem wir die Zahl der erwähnten Combinationen vergrössern, wir auch die Spannung einer solchen Säule steigern, so also, dass, wenn die Spannung einer einzelnen Combination gleich  $t$  ist, die Spannung von  $n$  Combinationen derselben Art  $= n t$  sein wird. Was nun die Grösse von  $t$  in jeder einfachen Kette betrifft, so richtet sich dieselbe, wie bereits angedeutet, nach der chemischen Beschaffenheit ihrer Bestandtheile und verändert sich mit der Veränderung eines oder aller Kettenglieder. Haben wir z. B. in einem Falle eine Combination von Zink, Wasser und Platin, in einem andern Fall eine Kette von Zink, Wasser und Kupfer, so wird die Spannung der ersten Combination grösser als die der zweiten sein, weil in der ersten der Unterschied der Oxydirbarkeit der angewandten Metalle grösser als in der zweiten Combination, und die Stärke der elektrischen Polarisation der Wassertheilchen immer diesem Oxydirbarkeits-Unterschied proportional ist.

Aus voranstehender Erörterung erhellt, dass der zwischen der Ansicht der Contactisten und der Meinigen bestehende Unterschied wesentlich darauf hinausläuft, dass ich den Sitz der elektro-motorischen Kraft der besprochenen Kette oder Säule ausschliesslich an die Berührungsstelle von Zink und Wasser setze, und diese elektro-motorische Kraft in der chemischen Anziehung suche, welche das Zink gegen den Sauerstoff des Wassers ausübt; während der Contactist die elektro-motorische Kraft vorzüglich an den Berührungsstellen von Zink und Platin thätig sein lässt und von den chemischen Beziehungen des Zinkes und Platins zu den Bestandtheilen des Wassers gänzlich absieht. Würde es sich nun um nichts weiteres als um die Erklärung der Thatsache handeln, dass in einer offenen Säule die Spannung mit der Zahl der Elemente wächst, so liegt am Tage, dass es völlig gleichgültig wäre, ob man in einer solchen Säule den



Sitz der elektro-motorischen Kraft dorthin oder daher schöbe und ob man diese Kraft von chemischen Affinitäten oder von etwas anderm ableitete, denn die eine und die andere Hypothese fordert, dass die Spannung der Säule mit der Zahl der Elemente zunehme. Es trifft somit meine Hypothese der ihr gemachte Vorwurf, welcher als der wichtigste bezeichnet wurde, in keinerlei Weise, und steht dieselbe in vollkommenem Einklang mit den Ergebnissen der genauesten, an der offenen Säule angestellten elektrostatischen Messungen; wesshalb ich auch hoffen will, dass die Behauptung nicht werde wiederholt werden: es vermöge die chemische Theorie des Voltaismus die Spannungsverhältnisse der Säule nicht zu erklären.

Unter den von Herrn *Pfaff* gegen meine Hypothese erhobenen Einwürfen findet sich auch der, dass ihr gemäss in gegebenen Fällen ein ganz anderer Volta'scher Erfolg eintreten sollte, als der ist, welcher in der Wirklichkeit erhalten wird. Ein solcher Fall ist für den Kieler Physiker folgender: ein Trog sei an einem seiner Enden mit einer Zinkplatte *a*, am andern Ende mit einer Platinplatte *c* begrenzt, und werde das den Trog füllende Wasser durch eine Zinkplatte *b* in zwei Hälften getrennt. Herr *Pfaff* meint nun, dass nach meiner Theorie beim Herstellen einer leitenden Verbindung zwischen der Zinkplatte *a* und der Platinplatte *c* kein Strom auftreten dürfte, weil die beiden Zinkplatten eine gleich starke chemische Anziehung gegen den Sauerstoff des zwischen sie gestellten Wassers ausüben, das Wasser somit nicht polarisirt werden und desshalb auch keinen Strom liefern könne. Der Versuch zeige aber, dass ein Strom von der Platinplatte *c* zu der Zinkplatte *a* und von da durch die beiden Wasserhälften gehe. Herr *Pfaff* hat vollkommen Recht, wenn er behauptet, dass die beiden Seiten der Zinkplatten, welche dem zwischen *a* und *b* stehenden Wasser zugekehrt sind, auf letzteres keinen polarisirenden Einfluss ausüben können, da ihre gegen den Sauerstoff dieses Wassers gerichteten Anziehungen, gleich stark aber einander entgegengesetzt sind, sich somit aufheben und das Wasser nicht zu polarisiren vermögen; der Kieler

Physiker hat aber vergessen, an die Seite des Zinkstückes *b* zu denken, welche gegen das zwischen ihr und dem Platin gelegenen Wasser steht. Diese Zinkseite polarisirt zunächst die mit ihr in unmittelbarer Berührung stehenden Wassermoleküle, diese wieder durch Induktion die zunächst liegenden Wassertheilchen und diese von Wassermolekül zu Wassermolekül gehende Induktion polarisirt endlich auch die Theilchen der Platinplatte. Es ist aber klar, dass die durch besagte Zinkseite unmittelbar polarisirten Wassertheilchen auch nach der entgegengesetzten Seite, also zunächst auf die Theilchen der Zinkplatte *b* und von da aus durch das hinten ihr liegende Wasser auf die Moleküle der Zinkplatte *a* inducirend wirken. Gemäss den oben entwickelten Grundsätzen muss in der besprochenen Vorrichtung die Polarisation aller ihrer Theilchen so sein, dass die Aussenseiten oder die vom Wasser abgewendeten Seiten der Theilchen der Zinkplatte *a* negative, die Aussenseiten der Theilchen der Platinplatte *c* aber positive Polarität haben, was erfahrungsgemäss ist und die vorhin erwähnte Stromerscheinung vollkommen erklärt. Nach dieser Erörterung halte ich es für überflüssig, die weiteren Einwürfe *Pfaffs* zu widerlegen, welche sich auf die Ergebnisse noch anderer mit seiner Vorrichtung angestellten Versuche stützen; denn bei richtiger Anwendung der obersten Grundsätze meiner Theorie auf die angeführten Fälle wird man leicht finden, dass auch letztere ganz einfache Consequenzen dieser Theorie sind.

Eine Einwendung ganz anderer Art, die der verdienstvolle Kieler Naturforscher gegen einen Hauptsatz meiner Theorie gemacht hat, kann ich jedoch nicht mit Stillschweigen übergehen, da dieselbe, wenn gegründet, sicherlich das Ganze dieser Theorie unzulässig machte. Herr *Pfaff* ist der Meinung, es sei den Leitungsgesetzen der Elektrizität entgegen, dass die Theilchen so vollkommener Leiter, wie die Metalle sind, in den von mir vorausgesetzten elektrisch-polaren Zustand zu treten vermögen. Bei der Wichtigkeit dieses Streitpunktes sei es mir gestattet, etwas umständlich mich darüber auszusprechen.

Ich theile ganz und gar die Meinung *Faraday's*, gemäss welcher es unmöglich ist, dass irgend ein Theilchen irgend einer Materie entweder bloss positiv oder bloss negativ elektrisch werden könne. Ein Körpertheilchen elektrisiren heisst: in ihm eine Thätigkeit hervorrufen, welche nach entgegengesetzten Richtungen hin entgegengesetzt wirkt, oder es ist ein solches Theilchen nach der gewöhnlichen physikalischen Redeweise auf einer seiner Seiten positiv, auf der andern negativ. Diese gleichzeitige Doppelthätigkeit oder Polarität ist ein Grundcharakter dessen, was man den elektrischen Zustand eines Körpertheilchens oder schlechtweg Elektrizität heisst. Hienach kann von der Anhäufung nur einer Elektrizität auf einem Molekül oder Körper ebensowenig, als von der fortschreitenden Bewegung einer einzigen Elektrizität über oder durch einen Körper die Rede sein, d. h. davon, dass Elektrizität wie Wasser etwa in einem Behälter angehäuft und von da aus zum Abfliessen gebracht werden könne. Ein positiv geladener Konduktor z. B. ist für mich nichts anderes, als ein Körper, dessen Oberflächetheilchen auf ihren der Luft zugekehrten Seiten positiv, auf ihren einwärts gerichteten Seiten negativ sind. Dieser polare Zustand der Oberflächetheilchen übt einen inducirenden Einfluss aus, theils auf die einwärts liegenden Theilchen des Konduktors selbst, theils auf die benachbarten Theilchen der umgebenden Luft u. s. w., so dass von der Oberfläche des Konduktors aus durch alle mit ihr stetig untereinander zusammenhängende gewichtige Moleküle eine Induktionwirkung geht. Dieser Vorstellung gemäss bestände somit die positive Ladung unsers Konduktors darin, dass sowohl seine eigenen Theilchen als diejenigen der ihn umgebenden Körper in einem bestimmten Sinne elektrisch polarisirt oder gespannt wären. Falls die Anordnung der elektrischen Pole aller dieser Theilchen die umgekehrte von derjenigen ist, die eben erwähnt worden, nennen wir den Konduktor negativ geladen.

Entladung eines solchen Konduktors oder irgend eines irgendwie elektrisirten Körpers ist völlig gleichbedeutend mit Aufhebung der elektrischen Polarität seiner Theilchen. Wie man aus dem

Gesagten leicht begreift, kommt die Fähigkeit der Körpertheilchen, sich elektrisch polarisiren und depolarisiren zu lassen, bei allen elektrischen Vorgängen ins Spiel und ist das, was man statische Elektrizität eines Körpers nennt, der bipolare Zustand seiner Theilchen. Die sogenannte strömende Elektrizität hat man als den Zustand zu betrachten, in welchem die Körpertheilchen sich befinden, während die durch irgend eine Ursache in ihnen hervorgerufenen elektrischen Polaritäten wieder verschwinden.

Leitungsfähigkeit eines Körpers für Elektrizität ist gleichbedeutend mit der elektrischen Polarisirbarkeit seiner Theilchen, und die Leitung der Elektrizität selbst durch einen Körper hindurch betrachte ich als zwei der Zeit nach unendlich nahe zusammenfallende Thätigkeiten, nämlich als Polarisirung und Depolarisation der aneinander gereihten Theilchen eines solchen Körpers, wobei erstere Thätigkeit der letztern nothwendig vorausgeht. Je schwieriger die Theilchen eines Körpers durch Induction oder anderweitige Einflüsse sich polarisiren lassen, um so schwieriger findet in ihnen, einmal polarisirt, auch die Depolarisation statt, und es sind deshalb gute Leiter solche Körper, deren Theilchen sich leicht, und schlechte Leiter solche Materien, deren Theilchen sich schwierig polarisiren und depolarisiren lassen. Mag es sich aber mit der Richtigkeit der voranstehenden Ansichten verhalten, wie da will, so gibt es einige wohl bekannte Thatsachen, welche zur Annahme eines elektrisch-polaren Zustandes des Körpertheilchen führen, dessen Möglichkeit von Herrn *Pfaff*, als mit den Leitungsgesetzen der Elektrizität im Widerspruch stehend, bestritten wird. Eine Thatsache dieser Art ist der Zustand, in den ein isolirter metallischer Körper tritt, wenn unter dem inducirenden Einfluss z. B. eines positiv geladenen Konduktors gestellt. Die statisch elektrischen Erscheinungen, welche unter diesen Umständen an dem besagten isolirten Körper auftreten, können meines Bedünkens nur durch die Annahme erklärt werden, dass die Seiten der Theilchen dieses Körpers, welche dem Konduktor zugekehrt sind, im negativen Zustande, die von dem Konduktor abgewendeten Seiten

der gleichen Theilchen im positiven sich befinden. Trotz der grossen Leitungsfähigkeit des isolirten metallischen Körpers dauert in letzterem der Zustand elektrischer Entzweiung fort, so lange der inducirende Einfluss des Konduktors währt. Es ist überhaupt klar, dass das, was man »Elektrisiren durch Vertheilung« nennt, gar nicht möglich wäre, wenn nicht Metalltheilchen an entgegengesetzt elektrischen Polen sich berühren könnten, ohne dass zwischen diesen eine Ausgleichung stattfände. Auch die offene hydro-elektrische Kette oder Säule liefert einen schlagenden Beweis von der Polarität eines Systemes in einer bestimmten Ordnung sich berührender Theilchen gut leitender Körper, und vollends endlich der von den Contactisten so viel besprochene sogenannte Fundamentalversuch *Volta's!* Lässt man denn nicht in demselben zwei gut leitende Metalle sich innig berühren und wird nicht versichert, dass dessen ungeachtet das eine Metall positiv, das andere negativ werde? Warum gleichen sich denn hier trotz der vortrefflichen Leitungsfähigkeit der in Berührung gesetzten Körper die hiedurch hervorgerufenen elektrischen Gegensätze nicht sofort wieder aus, oder vielmehr, warum treten überhaupt unter solchen Umständen dennoch an den sich berührenden Metallen solche elektrischen Gegensätze auf? Sollte diess nicht auch den Leitungsgesetzen der Elektrizität entgegen sein? Wenn nun der Contactist zur Erklärung dieser Erscheinung behauptet: seine elektro-motorische Kraft bringe zwei Wirkungen hervor, sie trenne nicht nur die in den Metallen vereinigten Elektrizitäten, sondern halte diese, einmal getrennt, auch auseinander, so wird man mir erlauben, auch für meine elektro-motorische Kraft die gleiche Wirkung in Anspruch zu nehmen. Von zwei Sachen die eine: entweder trifft der von Herrn *Pfaff* erhobene Einwurf meine Hypothese oder er trifft sie nicht. Ist ersteres der Fall, so können die vom Kieler Physiker den Leitungsgesetzen der Elektrizität entnommenen Gründe gerade so gut gegen die Contacts-Hypothese, als gegen die von mir aufgestellte Theorie geltend gemacht werden.

Es sei mir gestattet, noch eine Thatsache zur Sprache zu

bringen, welche von den Contactisten zu Ungunsten der chemischen Theorie ausgelegt worden ist. Angestellten Messungen zufolge bleibt sich die Grösse der elektro-motorischen Kraft zweier Metalle z. B. von Zink und Platin merklich gleich, welches auch die oxyelektrolytische Flüssigkeit sei, mit der sie zur Kette verbunden werden, ob z. B. mit reinem Wasser oder mit wasserhaltiger Schwefelsäure, Salpetersäure, Kalilauge u. s. w. Da nun derartige Flüssigkeiten in sehr von einander abweichender Weise auf ein Metall des erwähnten Plattenpaares chemisch einwirken, bevor die Kette geschlossen ist, z. B. das Zink gar nicht oder lebhaft angegriffen wird, so wurde aus der unter so verschiedenen Umständen sich zeigenden Veränderlichkeit der Grösse des elektro-motorischen Vermögens des Plattenpaares der Schluss gezogen, dass der Hauptsitz dieses Vermögens an den Berührungspunkten der Metalle und nicht an den Contactsstellen des oxydirbaren Metalles und der oxyelektrolytischen Flüssigkeit der Kette sich befinde und somit die chemische Theorie des Voltaismus unrichtig sei. Man sieht leicht ein, dass die vorhin erwähnte Thatsache mit meinen Ansichten über die Natur und den Sitz der elektro-motorischen Kraft einer hydro-elektrischen Kette nicht nur nicht im geringsten Widerspruch steht, sondern eine einfache Consequenz derselben ist. Die Grösse der elektro-motorischen Kraft, welche zwei Metalle in einer oxyelektrolytischen Flüssigkeit zeigen, ist für mich, wie oben schon erwähnt, gleich dem Unterschied der Grade ihrer Oxydirbarkeit, oder noch genauer ausgedrückt, gleich dem Unterschied der Stärke, mit welcher diese Metalle den Sauerstoff des Wassers oder irgend eines andern oxyelektrolytischen Körpers anziehen. Ob nun die Metalle eines Plattenpaares in entgegengesetzten Richtungen ihre Anziehung ausüben gegen den Sauerstoff des reinen Wassers oder gegen den Sauerstoff von Wasser, das mit Schwefelsäure, Kali u. s. w. vergesellschaftet ist, immer bleibt der zwischen der Stärke dieser Anziehungen bestehende Unterschied gleich, folglich auch die Grösse der elektro-motorischen Kraft der Metalle unverändert. Wie also dem Contactisten in seinen

**Kettencombinationen mit gleichbleibenden zwei Metallen und wechselnden oxyelektrolytischen Flüssigkeiten die Grösse seiner elektro-motorischen Kraft sich unverändert erhalten muss, so auch mir die Grösse meines elektro-motorischen Vermögens; ihm bleibt der Contact des gleichen Metallpaares, mir der Unterschied der Oxydirbarkeit der Metalle unverändert.**

Dass dieselben zwei Metalle mit verschiedenen oxyelektrolytischen Flüssigkeiten zur Kette verbunden dennoch verschiedene Stromintensitäten zeigen, erkläre ich natürlich wie die Contactisten, d. h. aus dem verschiedenen Leitungswiderstand dieser Flüssigkeiten, oder um meine eigene Sprache zu reden, aus dem verschiedenen Einfluss, den die mit Wasser vergesellschafteten Stoffe auf die Polarisirbarkeit der Wassermoleküle ausüben. Alle Substanzen, welche die Polarisation der Wassermoleküle erleichtern, erhöhen auch die Stromintensität, indem, wie bereits angedeutet, der Grad der Leitungsfähigkeit oder des Leitungswiderstandes einer Materie nichts anderes ist, als der Grad der Leichtigkeit oder Schwierigkeit, d. h. der Schnelligkeit oder Langsamkeit, mit der die Theilchen dieser Materie sich polarisiren oder depolarisiren lassen. Aus Gründen, die uns noch völlig unbekannt sind, werden die Theilchen des reinen Wassers schwieriger polarisirt und deporalisirt, als diejenigen des säure- oder kalihaltigen Wassers. In einer z. B. aus Zink, Platin und reinem Wasser zusammengesetzten Kette wird desshalb auch eine kleinere Menge der beiden Elektrizitäten erst in Spannung treten und dann zur Ausgleichung kommen, als die Menge der Elektrizitäten beträgt, welche zu gleicher Zeit zur Entzweiung und Wiedervereinigung gelangen in einer Kette ebenfalls aus Zink, Platin und Wasser bestehend, welches letztere jedoch mit einem sauren, alkalischen, salzigen Körper u. s. w. vergesellschaftet ist.

Unterschied der Stromintensitäten zweier Ketten ist aber gleichbedeutend mit dem Unterschied der Mengen der Elektrizitäten, die in diesen Ketten in gleichen Zeiten zur Spannung und Ausgleichung kommen.

Nachdem ich gesucht habe zu zeigen, dass die an hydroelektrischen Ketten und Säulen auftretenden elektrischen Spannungs- und Strömungserscheinungen, wie auch die Gesetze, nach welchen dieselben statt finden, nach meiner Hypothese eben so genügend, als durch die Ansichten der Contactisten erklärt werden können, so bleibt mir nur noch übrig, die Gründe anzugeben, welche mich bestimmen, an die Stelle der Volta'schen Lehre eine andere zu setzen.

Möglichst viele Erscheinungen aus möglichst wenig Ursachen abzuleiten, ist mit Recht ein auf allen Forschungsgebieten befolgter Grundsatz. In Uebereinstimmung mit demselben darf man daher keine eigenthümliche Kraft für das Hervorrufen der Volta'schen Erscheinungen annehmen, wenn es möglich ist, letztere auf eine Kraft zurückzuführen, die schon bekannt ist, d. h. deren Annahme dazu dient, ganze Reihen anderartiger Erscheinungen in Zusammenhang zu bringen. Als eine solche Kraft sehe ich das Etwas an, was verschiedenartige Materien bestimmt, zu anscheinend gleichartigen Körpern zusammen zu treten und was man chemische Anziehungskraft zu nennen beliebt hat. Die beiden Gebiete der chemischen und Volta'schen Erscheinungen fallen in der Wirklichkeit so nahe zusammen, dass der unbefangene Forscher nicht umhin kann, zwischen denselben die innigste Verknüpfung, d. h. ein Verhältniss zu vermuthen gleich demjenigen, das zwischen Ursache und Wirkung besteht. Eine solche Vermuthung ist in der That auch schon früh ausgesprochen worden, was eben Anlass zu dem so lang über den Quell der Volta'schen Elektrizität geführten Streit gegeben. Niemand kann die Verdienste, welche der Gründer der Contactshypothese um die Wissenschaft sich erworben hat, höher anschlagen, als ich es thue; diess verhindert mich aber nicht, der Meinung zu sein, dass der italienische Physiker viel zu wenig Chemiker, oder vielmehr, dass die Chemie zur Zeit *Volta's* noch nicht weit genug vorgerückt war, als dass er oder seine Zeitgenossen eine richtige Einsicht hätten gewinnen können in den Zusammenhang, welcher zwischen den chemischen und



Volta'schen Erscheinungen besteht. Die von dem glücklichen Naturforscher aufgestellte Theorie der Säule konnte daher, trotz des ausgezeichneten Scharfsinnes ihres Urhebers, nicht anders als unvollkommen, lückenhaft und theilweise irrig sein. In eben so grosse Irrthümer verfielen indessen auch diejenigen, welche, den Metallen die Fähigkeit absprechend, durch gegenseitige Berührung in entgegengesetzt elektrische Zustände sich zu versetzen, behaupteten: es liege die Ursache des hydro-elektrischen Stromes in der chemischen Verbindung eines der Metalle der Kette oder Säule mit einem Bestandtheil des feuchten Leiters derselben, z. B. in der wirklichen Oxydation eines solchen Metalles, welche Oxydation der Zeit nach dem Auftreten des Stromes vorausgehe und vom Schliessen der Kette unabhängig sei. Die Contactisten hatten Unrecht, dass sie die chemische Anziehung nicht als electro-motorische Kraft anerkannten und die Vertheidiger der chemischen Theorie des Voltaismus täuschen sich schwer, indem sie behaupteten, dass der Störung des elektrischen Gleichgewichtes einer Kette oder Säule immer ein chemischer Act chemischer Verbindung oder Trennung innerhalb dieser Vorrichtungen der Stromerscheinung vorausgehen müsse, und dass die in der geschlossenen Kette oder Säule wirklich stattfindenden chemischen Vorgänge nicht die Wirkung, wie diess die Contactisten mit Recht annehmen, sondern die Ursache des Stromes sei.

Ich glaube, dass die Zeit zum Abschluss eines Vergleichs zwischen den beiden Rivaltheorien des Voltaismus gekommen ist; denn es liegen jetzt den Streitenden so viele klar redende Thatsachen vor, dass ihrer Autorität jeder Forscher sich gerne unterwerfen wird, dem es mehr um den Besitz der Wahrheit, als um die Aufrechthaltung seiner bisherigen Meinung zu thun ist, der, mit andern Worten, mehr Wahrheitsliebe als Eitelkeit und Eigenliebe hat. Was mich selbst betrifft, so stehe ich gar nicht an, offen und unverholen zu bekennen, dass ich in früheren Zeiten Manches im Sinne der chemischen Theorie vertheidigte, was ich jetzt als Irrthum Preis gebe und umgekehrt

gewisse Annahmen der Contactisten als irrig betrachtete, welche ich nun für vollkommen begründet halte.

Nach dieser Abschweifung komme ich endlich zur summarischen Beantwortung der vorhin gestellten Frage: warum ich trotz des sogenannten Volta'schen Fundamentalversuches und anderer Vorzüge der Contactslehre dennoch der von mir aufgestellten chemischen Theorie den Vorrang einräume? Auf diese Frage antworte ich, wie folgt:

- 1) Weil die Contactshypothese absieht als von einer elektromotorischen Ursache und absehen muss von allen chemischen Beziehungen der Stoffe zu einander, welche in die Zusammensetzung einer hydro-elektrischen Kette oder Säule eingehen, während andererseits die Erfahrung lehrt, dass in allen bis jetzt beobachteten Fällen zwischen den volta'schen Erscheinungen hydro-elektrischer Vorrichtungen und dem chemischen Verhalten ihrer Bestandtheile zu einander eine innige Beziehung statt findet;
- 2) weil aus den chemischen Beziehungen der Bestandtheile hydro-elektrischer Combinationen zu einander immer mit Sicherheit vorausgesagt werden kann, in welchem Sinne die Polarisation oder Spannung dieser Combinationen erfolgen, welche relative Stärke sie haben, in welcher Richtung der Strom in geschlossenen Ketten sich bewegen werde u. s. w., während die Contactshypothese keine solchen Anhaltspunkte hat und die eben bezeichneten Verhältnisse in neu konstruirten Ketten immer erst durch den Versuch ermitteln muss;
- 3) weil endlich die letztgenannte Hypothese zum Behufe der Erklärung der Volta'schen Erscheinungen eine neue Kraft voraussetzt und zwar eine Kraft, deren Wirkungsgrösse in gar keinem endlichen Verhältniss zur Grösse der Massen der Materien steht, in denen man sie (die Kraft) wirksam sein lässt, eine Kraft also, welcher man ununterbrochene Arbeit zumuthet, ohne dass ihr gestattet wäre, sich je zu erschöpfen, während dagegen die chemische

Theorie aus einer schon durch anderweitige Wirkungen bekannten Kraft auch die Volta'schen Erscheinungen entspringen und dieselbe nach bekannten Gesetzen wirken lässt.

Aus diesen Gründen ziehe ich meine Erklärungsweise der Contactshypothese *Volta's* und seiner Nachfolger ganz entschieden vor und bin der Meinung, dass jene dem jetzigen Stande der Wissenschaft mehr genüge, als diess die von mir bestrittene Theorie thut. Indem ich aber eine derartige Meinung hege, gebe ich nicht nur gerne zu, sondern bin sogar auf das Lebhafteste davon überzeugt, dass auch der von mir unternommene Erklärungsversuch noch sehr weit von einer genügenden Theorie des Voltaismus entfernt ist; denn nur zu deutlich sehe ich ein, dass vor Allem das Wesen der Elektrizität und deren Beziehungen zum Chemismus viel genauer gekannt, noch viel tiefer erforscht sein müssen, ehe wir an die Aufstellung einer solchen Theorie ernsthaft denken können.