
ANNALEN DER PHYSIK.

JAHRGANG 1802, ERSTES STÜCK.

I.

*Ueber die electroskopischen Phänomene
des Gasapparats an der Voltaischen
Säule,*

vom

Professur ERMAN

in Berlin. *)

In dem Gasapparate wird die galvanische Kette durch vollkommene Leiter, welche ein unvollkommener Leiter trennt, geschlossen. Bis jetzt hat man hauptsächlich die *chemischen* Erscheinungen beachtet, welche dieser Fall darbietet; doch verdienen die *physischen* Phänomene, welche dabei stattfinden, gewiss dieselbe Aufmerksamkeit. Eine Untersuchung derselben verspricht uns manchen Aufschluss über den Ladungsmechanismus der Säule selbst, die im Wesentlichen viel Analoges mit dem Gasapparate

*) Eine Fortsetzung der Untersuchungen, deren Resultate in den *Annalen*, VIII, 197 f., mitgetheilt sind. d. H.

hat, und überdies hängt die Ausmittelung der physikalischen Beschaffenheit der galvanischen Flüssigkeit, nachdem sie bei ihrem Uebergange von Draht zu Draht neue Mischungen und Entmischungen bewirkt hat, vielleicht näher mit der Auflösung des chemischen Problems zusammen, als wir es zur Zeit vermuthen. — Folgende Sätze, welche Resultate aus sehr vielen Thatfachen sind, werden hoffentlich etwas dazu beitragen, diesen wichtigen Gegenstand aufzuhellen.

1.

Das Wasser ist ein sehr schlechter Leiter der Electricität im galvanischen Gasapparate; je reiner, desto geringer ist das Leitungsvermögen desselben, und mit diesem Leitungsvermögen steht die Intensität der chemischen Wirkung im geraden Verhältnisse. — Das Wasser leitet an und für sich die an einem Pole der Voltaischen Säule frei gewordene Electricität vollkommen; so dafs, wenn man blofs diesen Pol mit dem einen Drahte eines Gasapparats in Verbindung setzt, dieser Pol sich durch Berührung des andern aus der Röhre hervorragenden frei stehenden Drahts völlig entladen läfst. So bald aber beide Drähte des Gasapparats mit beiden Polen der Batterie in Verbindung gebracht werden, ist alles geändert, und es tritt dann das oben erwähnte Gesetz ein, wovon der Grund sich in der Folge zeigen wird.

Eine Glasröhre, zum Gasapparate bestimmt, an welche vor der Lanze einige Rührchen als Tubula-

turen angeblasen waren, (wie in Fig. 3, Taf. I,) wurde mit dem reinsten destillirten Wasser angefüllt, und zwei Platindrähte wurden so hinein gesteckt, daß die Spitzen derselben 6 Zoll von einander entfernt blieben. Diese Drähte verband ich mit den Polen einer sehr wirkfamen Batterie von 200 Plattenpaaren, und brachte zugleich an jeden Draht des Gasapparats ein äußerst feines und sicheres Blattgold-Electrometer an. Die Gaserzeugung war wenig lebhaft, und die Electrometer behielten beinahe ihre völlige Divergenz; ein Beweis, daß die Verbindung von Pol zu Pol durch diese Wasserfäule sehr unvollkommen war. Nun tröpfelte ich durch die Tubulaturen eine sehr geringe Menge einer schwachen Auflösung von salzsaurem Natrum, (ungefähr sechs bis acht Tropfen auf eine Unze Wasser, welche die Röhre ungefähr fassen konnte.) In dem nämlichen Augenblicke hörte die Divergenz in beiden Electrometern beinahe so gänzlich auf, als hätte ich von Pol zu Pol eine Metallleitung angebracht, und zugleich fingen die Platindrähte an, mit mehr als sechsfacher Heftigkeit ihre Gasarten zu geben. — Ich wiederholte diesen Versuch sehr oft, indem ich zur Vergleichung destillirtes Wasser, und gleich darauf Wasser aus dem Brunnen meiner Wohnung nahm, welches einen nicht unbeträchtlichen Antheil salzsaurer Kalkerde enthält, und fand jedes Mal, daß vollkommen reines Wasser im Gasapparate eine comparativ sehr geringe Menge Gas giebt, und den Electrometern beinahe nichts

von ihrer Divergenz nimmt, indess das Brunnenwasser, (oder das mit einem falzsauren Neutralfalze vermischte reine Wasser,) die Electricität der Säule viel vollkommener leitet, und zugleich eine diesem Leitungsvermögen entsprechende grössere Menge von Gas liefert. Diese Thatfache ist wichtig, indem sie ganz offenbar die electriche Wirkung mit der chemischen Wirkung in die innigste Causalverbindung setzt. So leidet auch das Oehl an der galvanischen Batterie ganz und gar keine Veränderung, weil es die electriche Wirkung ganz vollkommen hemmt, wie es die Electrometer zur Genüge zeigen. Auch hat diese Beobachtung einen sehr directen Bezug auf den Gebrauch des Salzwassers zum Anfeuchten der Tuchscheiben.

2.

Die Wasserfäule, welche sich im Gasapparate zwischen den beiden Batteriedrähten befindet, erhält während des galvanischen Processes wirklich Electricität.

Ein silbernes Rohr, an dessen beide Enden Glasröhren gekittet waren, in welche sich die Drähte der Batterie befestigen liessen, wurde, mit Brunnenwasser gefüllt, zum Gasapparate vorgerichtet. Nachdem ich die äussere Fläche am Feuer so genau getrocknet hatte, dass selbst mit dem Condensator nicht die mindeste Spur einer Leitung daran zu merken war, machte ich die Verbindung der Drähte mit der Batterie. Das silberne Mit-

elstück zeigte nun am Condensator äußerst starke Electricität, die nur durch die innere Wasserfäule von einem Drahte zum andern hatte hingelangen können.

Eben so gab in einer Röhre, die gegen ihre Mitte einen Tubulus hatte und als Gasapparat an die Säule angebracht war, ein Draht, welcher durch diesen Tubulus in das Wasser der Röhre getaucht wurde, starke Divergenz am Condensator.

Endlich zeigte auch das Wasser einer Schale, worin die beiden Drähte der Säule Gas und Oxyd gaben, am Condensator sehr merkliche Electricität.

Es folgt aus diesen Thatfachen, denen ich eine Menge anderer gleich lautender beifügen könnte, daß bei der Gas- und Oxyderzeugung nicht die Electricität, oder wenigstens nicht alle Electricität, so verwendet wird, daß sie aufhören sollte, ihre physischen Wirkungen zu äußern. — Die Wichtigkeit dieser Untersuchung ist einleuchtend. Denn hätte sich gefunden, daß alle electricischen Erscheinungen bei der Wasserzerfetzung aufhörten, so wären die chemische Zerfetzung der electricischen Materie, und ihre Concurrenz zur Gaserzeugung durch ihre eigne Entmischung und Abtretung ihrer Bestandtheile, erwiesen gewesen. Da es aber doch noch sehr denkbar ist, daß die Wasserfäule nur den Ueberschuß des nicht verwendeten electricischen Fluidi anzeigt, und die electricischen Erscheinungen wirklich schwächer zu werden scheinen, je mehr Wasserzerfetzungen an einer Batterie statt finden;

so ist es allerdings der Mühe werth, daß man auf diesem Wege weiter fortschreitet, und ich werde es mir angelegen seyn lassen, in der Folge durch genauere Versuche auszumachen, ob bei gänzlicher Isolirung und sehr vermehrter Wasserzerfetzung an einer Batterie, zuletzt doch nicht vielleicht jede Spur von Electricität verschwinden sollte.

3.

Metallische Leiter, welchen die galvanische Einwirkung in der Kette durch Wasserfchichten zugeführt wird, zeigen immer Polarität in Rücksicht auf die chemischen Wirkungen. — Dieses Phänomen hat die auffallendste Aehnlichkeit mit dem Spiele der Atmosphären bei Electrificationen durch Vertheilung. Ein Leiter *AB* unter diesen Umständen der oxydgebenden Spitze *C* der Batterie genähert, theilt sich in drei Theile oder Zonen, wovon die der Oxydspitze *C* zunächst liegende Gas giebt, die entgegengesetzte Oxyd erzeugt, die mittelfte aber indifferent bleibt, und weder Gas noch Oxyd liefert.

Ehe ich noch meinen tubulirten Gasapparat erhalten hatte, setzte ich einen Apparat aus zwei Glasröhren so zusammen, daß an der Stelle, wo die eine Röhre in die Mündung der andern gekittet war, ein Metalldraht *C*, (Fig. 1, Taf. I,) in den Apparat zwischen die beiden Drähte der Batterie hineinreichte, während das andere Ende dieses Mitteldrahtes außerhalb der Röhre blieb, um am Electrometer geprüft zu werden. Unter solchen Um-

ständen konnte die galvanische Wirkung vom positiven Batteriedrahte *A* nicht zum negativen Batteriedrahte *B* gelangen, ohne auf ihrem Wege dem Mitteldrahte *C* zu begegnen, und ich glaubte mich so im Besitze eines einfachen Mittels, die electriche Beschaffenheit des galvanischen Fluidi während seines Ueberganges zu prüfen. Es zeigte sich aber bald die im vorigen Satze erwähnte Wirkung, welche die beabsichtigte Prüfung sehr erschwerte. Der Mitteldraht *C* theilte sich der Länge nach in drei ziemlich gleiche Theile. Derjenige, welcher der oxydgebenden Spitze gegen über stand, gab Gas, der Theil, welcher dem gasgebenden Drahte am nächsten war, gab Oxyd, und der mittlere Theil zwischen diesen äußersten Enden blieb unverändert. Dieses Polarisiren eines Mitteldrahts, welcher sich in einer continuirlichen Wassersäule zwischen den beiden Polardrähten der Batterie frei befindet, findet immer statt. Oft habe ich in einer einzigen Röhre 6 Mitteldrähte zwischen den Batteriedrähten angebracht, und stets hatte jeder dieser Mitteldrähte seinen Oxydpol, der dem Gaspole der Batterie gegen über stand, seinen Gaspol, der dem Oxydpole der Batterie entgegengesetzt war, und eine Indifferenzregion zwischen seinen beiden Polen. Die Erscheinungen zweier Gasapparate, die mit ihren entgegengesetzten Drähten an einander hängen, zeigen sich also hier unter Umständen, die unerwartet und lehrreich sind. Das electriche Fluidum kann folglich im galvanischen Prozesse unter keinen

Umständen einem im Wasser sich befindenden metallenen Leiter durchströmen oder vertheilend afficiren, ohne auch die chemischen Zerfetzungen hervorzubringen.

Ich sah bald ein, daß dieses Phänomen des polarisirenden Mitteldrahts auch statt finden müßte, wenn dieser Mitteldraht gleich nicht mit den beiden Batteriedrähten in eine Röhre eingeschlossen wäre. Ich leitete die beiden Drähte der Batterie in eine flache Schale, in welche ich einige Linien hoch Wasser gegossen hatte; als ich zwischen ihre Enden einen vollkommen polirten Draht legte, theilte er sich augenblicklich in die drei erwähnten Zonen. Lag der Draht in der verlängerten Richtung der beiden Batteriedrähte, (im galvanischen Meridiane,) so waren sich die Gas-, die Indifferenz- und die Oxydzone an Länge gleich. Je mehr man aber den Mitteldraht gegen die Richtung der Batteriedrähte neigte, desto weiter erstreckten sich die Gas- und Oxydzone, und die Indifferenzzone wurde immer geringer. Die Gas- und Oxyderzeugung nahm aber darum nicht zu, die Wirkung war im Gegentheile absolut genommen geschwächt, nur erstreckte sie sich auf grössere Theile der Oberfläche. Als ich endlich den Mitteldraht so um seinen Mittelpunkt drehete, daß er mit der verlängerten Richtung der Batteriedrähte einen rechten Winkel machte, (im galvanischen Aequator lag,) theilte sich der ganze Mitteldraht der Breite nach in die

drei erwähnten Zonen. Die ganze dem Gaspole gegen über liegende Fläche oxydirte sich, und die dem Oxydpole entgegengesetzte gab einen zarten Schauen, der von der Gaserzeugung herrührte. In dieser Lage war aber die absolute Quantität des Gas und Oxyds sehr gering in Vergleichung mit der, die von den Spitzen in ihrer vorigen Lage herrührte. Oft wenn die Batterie sehr kräftig wirkte, fand ich an der Wasserstofffläche des messingenen Mitteldrahts eine äußerst schöne dendritische Vegetation von einem dunkeln, beinahe schwarzen Kupferoxyd, das durch den in dessen Nähe frei werdenden Wasserstoff zum Theil reducirt war. Warum aber die oft 4 bis 5 Linien langen Dendriten immer nach dem Oxydpole der Batterie ihre Richtung nahmen, ist wohl schwer zu erklären; es wäre denn, daß das Oxyd, welches durch die Wasserstofffläche zum Theil reducirt wurde, vom entgegengesetzten Oxydpole der Batterie herrührte und sich bloß gegen den Mitteldraht herüber gezogen hätte. Uebrigens ist auch in diesem Versuche die Wirkung nicht auf einen einzigen Mitteldraht eingeschränkt. Ich hatte oft in einer Schale zehn und mehr Mitteldrähte von homogenen und auch von verschiedenen Metallen, in allen möglichen Richtungen. Alle zeigten das Phänomen der Vertheilung in drei Zonen, mit den von ihrer Lage herrührenden eben erwähnten Modificationen. Dieser Versuch erfordert, wie mehrere der hier angeführten, eine sehr kräftige Säule, um bestimmte Resultate zu geben.

Diese Erscheinungen zeigen uns nebenbei, wie äußerst schlecht in Vergleichung mit den Metallen das Wasser die galvanische Wirkung leitet; denn die wechselseitige Einwirkung der Batteriedrähte geschieht nicht immediat auf dem kürzestem Wege durch das frei dazwischen liegende Wasser, sondern geht durch einen grossen Umweg durch die Endspitzen des Metalles, welchen spitzen Winkel auch der Mitteldraht mit dem galvanischen Meridiane macht. Ein ähnlicher Umweg zeigt sich bei der galvanischen Wirkung, wenn der Mitteldraht *C*, (Fig. 2, wo *o*, wie in den übrigen Figuren, das Ausbleiben jeder chemischen Wirkung anzeigt,) selbst mit einem der Pole der Säule verbunden wird. Es wende sich z. B. der Mitteldraht gleich bei seinem Eintritte in die Röhre gegen den Draht *A* des Gasapparats, und man verbinde den entgegengesetzten Draht *B* mit dem andern Pole der Batterie, so giebt eine gute Strecke von *C*, die ganz ausserhalb des geschlossenen Kreises liegt, das Gas, oder das Oxyd, je nachdem *C* mit dem negativen oder dem positiven Pole verbunden worden. Dieses ging indess nie so weit, dass die abgewendete Spitze des Drahts *C* die chemische Wirkung gezeigt hätte, sondern es war nur eine Zone von *C*, die sich dem Knie des nach *A* gebogenen Drahts bald mehr, bald weniger näherte. — Wir haben hier also zwei Fälle, wo bei zugespitzten und frei liegenden Körpern die galvanische Action sich nicht auf deren Spitzen bezieht. In der Folge werden einige noch interessantere Wir-

kungen dieser Art vorkommen, wo zwei gegen über stehende Spitzen im Gasapparate keine chemischen Wirkungen zeigen, während oberhalb dieser Spitzen die umgebogenen Knien der Drähte sehr häufiges Gas und Oxyd erzeugen.

4.

Die Wasserfäule im Gasapparate hat nicht in ihrer ganzen Länge eine gleichnamige Electricität, sondern zeigt dieselbe Polarität als eine an die Pole der Batterie angebrachte kanfene Schnur, (Annalen, VIII, 207,) und andere Halbleiter der Electricität, welche Volta unter der Benennung von Leitern der zweiten Art begreift.

Ein Gasapparat, (Fig. 3,) der drei Tubulirungen, eine *E*, gerade in der Mitte der Röhre, die beiden andern *C* und *D* in gleichen Entfernungen von den Enden der Röhre hatte, wurde an seinem äußersten Enden mit Drähten versehen, und diese, nachdem man ihn mit Brunnenwasser gefüllt hatte, mit den Polen der Säule und zugleich mit sehr zarten Bennetschen Electrometern in Verbindung gebracht. Beide Electrometer nahmen bald eine merkliche Divergenz an, deren Maximum zwar geringe, aber constant war, weil beide Pole isolirt waren. Berührte man nun mit einem wohl isolirten Drahte das Wasser im Tubulus *C*, der dem positiven Pole *A* zunächst war, so vermehrte sich augenblicklich die Divergenz des Electrometers an *B*, beinahe eben so stark, als hätte man den Pol *A*

selbst berührt. Eine Berührung des Wassers im Tubulus *D*, der an den negativen Pol *B* angrenzte, benahm dem Electrometer in *B* alle Divergenz und brachte sie ganz an das entgegengesetzte Electrometer in *A*. Berührte man aber das Wasser im mittelften Tubulus *E*, der von den beiden Batteriedrähften gleich weit ab stand, so war in keinem von beiden Electrometern eine Spur von vermehrter oder verminderter Divergenz zu merken; beide behielten sie so, wie sie ihnen im natürlichen Zustande des Gleichgewichts zukam, gerade als hätte gar keine ableitende Berührung statt gefunden, welches die Vertheilung der Electricität in der Wasserfäule aufser allen Streit setzt. Mehrere Beweise dieser Polarität findet man weiter hin.

5.

Die Mitteldrähfte im Gasapparate zeigen ihrer ganzen Länge nach nur die Electricität desjenigen Theils der Wasserfäule, worin sie sich befinden, ungeachtet sie in zwei entgegengesetzten Zuständen sind. So z. B. giebt das Knie eines Drahts Oxyd, die Spitze Gas, indess der ganze Draht nur negative Electricität zeigt, weil er sich in der Region des negativen Drahts befindet. — Dieses allgemeiner ausgedrückt, giebt folgenden sehr paradoxen Satz: *Es existirt kein beständiges Verhältniß weder zwischen wahrgenommenem — E und Gaserzeugung, noch zwischen wahrgenommenem + E und Oxydation.* Die Beobachtungen an den Polardrähften der Säule

haben veranlaßt, daß man dieses Coexistiren des wahrnehmbaren $+E$ mit Oxydation, und des $-E$ mit Gaserzeugung als Gesetz aufgestellt, und sogar im wissenschaftlichen Sprachgebrauche die Benennungen: positiver und Oxydpol, negativer und Gaspol, als völlig synonym betrachtet hat. Folgende Versuche zeigen aber ganz bestimmt, daß eine Metallspitze sehr viel Oxyd geben, und doch zugleich sehr starkes $-E$ haben, und umgekehrt viel Wasserstoffgas geben, und doch $+E$ seyn kann.

In einen tubulirten Apparat mit 3 Köhrchen, (Fig. 4,) wurden zwei Mitteldrähte von Platin C und D so hinein geschoben, daß ihre Spitzen gegen einander gerichtet waren, indem sie sich von den nächsten Polardrähten der Batterie A und B ab, gegen den Indifferenzpunkt E in der Mitte der Wasserfäule wendeten. Jeder dieser Drähte theilte sich nach dem oben angeführten Gesetze der Länge nach in drei Zonen, deren mittlere indifferent war, indest die beiden äußern, (da die Drähte Platin waren,) Gas gaben. Ich prüfte das aus dem Apparate hervorragende Ende eines jeden Mitteldrahts am Electrometer, und fand, daß C , als dem positiven Polardrahte der Batterie näher, auch positive Divergenz gab, und D , als nach dem negativen Polardrahte zu liegend, das Electrometer negativ affectirte. Hier ist also ein ganz bestimmter Fall, wo die Erzeugung des Wasserstoffgas an dem Theile eines Drahts geschah, der positive Electricität gab, und wo umgekehrt der oxydgebende Theil ei-

nes Drahts negative Electricität zeigte. Man' betrachte nur Figur 4. Der positive Pol *A* der Batterie giebt Sauerstoffgas, und daher das am Drahte *C* dem Pole *A* gegen über stehende Knie Wasserstoffgas, und doch afficirte es das Electrometer eben so positiv, wie *A* selbst. Dieselbe Anomalie zeigt der Mitteldraht *D*. Der Polardraht *B*, dem er zunächst liegt, ist negativ und giebt Wasserstoffgas, daher das Knie des Mitteldrahts Sauerstoffgas; und dessen ungeachtet wirkt dieses ganz bestimmt als negativ auf das Electrometer. Ich habe die nämliche Erscheinung in sehr vielen andern Fällen bestätigt gefunden, will aber mit Fleiß bei diesem Versuche stehen bleiben.

Es sind dagegen nur zwei Einwendungen möglich; beiden will ich zu begegnen suchen. *Einmahl* könnte es zweifelhaft scheinen, ob in diesem paradoxen Falle der positive Draht auch wirklich Wasserstoffgas, der negative Sauerstoffgas gegeben habe, da sich im tubulirten Apparate die Gasarten, welche sich an den Platindrähten entwickeln, nicht auffangen und einzeln untersuchen lassen. Ich wiederholte aber den nämlichen Versuch mit oxydirbaren Metalldrähten, und sah hier das Oxyd von einem Drahte ausströmen, der das Electrometer geradezu und ohne Condensator außerordentlich negativ afficirte. Ueberdies giebt es ein sehr leichtes und schätzbares Mittel, im tubulirten Gasapparate, worin Platindrähte gebraucht wer-

den, die chemische Constitution derselben zu prüfen. Man bringe durch den Tubulus einen zusammen gerollten Streifen Lackmuspapier dicht an die Spitze oder an das Knie des auf Sauerstoff zu prüfenden Mittel- oder Hauptdrahts. Entwickelt sich hier Sauerstoff, so wird das Papier in 8 bis 10 Minuten schon rosenroth gefärbt, (nicht ganz so schnell, aber eben so bestimmt, wenn man mit destillirtem Wasser arbeitet, welches aber bei Untersuchungen der Art gar nicht zu rathen, oder sogar in einigen Fällen, wegen der schlechten Leitungsfähigkeit des reinen Wassers, unmöglich ist.) Nach einer längern Zeit fängt das Papier an sich zu entfärben, und wird zuletzt ganz bleich, mit Ausstossung von sehr bestimmtem Geruche der überlauren Salzsäure, wovon ein Mehreres bei einer andern Gelegenheit. — Der Wasserstoffgas entwickelnde Platindraht färbt unter gleichen Umständen das Kurkumepapier sehr schön violett. Ich pflege aber das viel bequemere essiggeröthete blaue Papier anzuwenden. Ueber die Bestimmtheit und Schnelligkeit dieses Prüfungsmittels geht in der That nichts. Ich habe oft die Spitze des einen Mitteldrahts von einer Seite, und die entgegengesetzte von der andern, an das Papier in *E* gebracht, und nach sehr kurzer Zeit beim Herausnehmen gefunden, das die eine Fläche des Cylinders schön blau und die andere hochroth gefärbt war, je nachdem die Stellen des Papiers vom Oxyd- oder vom Wasserstoffdrahte berührt worden waren.

Der *zweite* mögliche Einwurf könnte die Prüfung des Mitteldrahts auf $+$ oder $-$ *E* betreffen, ob sie nämlich scharf genug, und ob es auch erlaubt gewesen sey, von dem aus dem Tubulus hervorragenden Theile des Drahts, der eigentlich das Electrometer berührt, auf den electricischen Zustand des im Wasser selbst liegenden Theiles zu schliessen. Diesem Einwurfe begegnete ich dadurch, daß ich das Electrometer unmittelbar an die Mündung des Tubulus am Mitteldrahte anbrachte; selbst da gab der oxyderzeugende Theil des Mitteldrahts *D* negative Divergenz, und das Wasserstoffgas gebende Knie von *C* war positiv. Ferner untersuchte ich in dieser Rücksicht die Enden des in einer Schale liegenden Mitteldrahts; sie zeigten eben so wenig Correspondenz zwischen der chemischen Wirkung dieser Theile und der Natur der Electricität, die sie anzeigten. Das Wasserstoffgas gebende Knie des Mitteldrahts *C* muß auch deshalb positiv seyn, weil eine ableitende Berührung dieses Theils dem Electrometer in *A* alle Divergenz nimmt, und sie auf den entgegengesetzten Pol *B* überträgt; umgekehrt macht die Berührung des oxydgebenden Knies des Mitteldrahts *D* das Electrometer des positiven Poles in *A* divergiren, und entladet das Electrometer des negativen Batteriedrahtes *B*. — Folgendes *Experimentum crucis* läßt endlich über diesen Gegenstand keine Möglichkeit eines Zweifels übrig. Die aus dem Wasser des ersten tubulirten Gasapparats hervorragenden Enden der Mitteldrähte *C* und *D*

wur-

wurden in eine zweite parallel gelegte tubulirte Röhre geführt, und sie gaben in dieser zweiten Röhre eine lebhafte Wasserzerfetzung, wobei der Draht, der aus der negativen Region des Wassers des ersten Apparats kam, auch Wasserstoffgas im zweiten Apparate gab, und der der positiven Region des ersten Apparats zugehörige Draht, auch in der zweiten Röhre Oxyd erzeugte. Es war sogar hinlänglich, die Enden der Mitteldrähte des ersten Apparats an die aus den Tubulirungen des zweiten hervorragenden Drähte anzulehnen, um in dieser zweiten Röhre die Oxyd- und Gaserzeugung zu erhalten.

Zeigt nun aber dieser paradoxe Fall nicht die Verschiedenheit der electricischen und chemischen Wirkung der Causalität nach? Muß nicht das, was Oxydation und was Gaserzeugung hervorbringt, mit dem, was $+E$ und $-E$ bewirkt, durchaus heterogen seyn? und scheidert nicht gegen diese Thatfache das ganze Lehrgebäude des Newton der Electricität? (denn Franklin war nur Volta's Kepler.)

Ich glaube, daß dieser Schluß, so natürlich und logisch er mir anfangs selbst schien, doch sehr übereilt und unrichtig wäre. Wenn in einem Körper oder in einem Systeme von Körpern irgend eine Ursache wirkt, um das Gleichgewicht der Electricität zu stören, so wird dieser Körper oder dieses System von Körpern in seinen äußersten Punkten $+E$ und $-E$ zeigen, (ein jeder wird meine nicht ganz dualistischen Ausdrücke leicht in die Sprache des

Dualismus überfetzen können.) Giebt man ihnen einen beliebigen überschüssigen Grad von $+$ oder $- E$, der den gegenwärtigen electricischen Zustand der Luft übersteigt, so wird der ganze Körper oder das ganze System dem Electrometer $+$ oder $-$ geben; darum aber hat die Kraft, die sich bestrebt, das Gleichgewicht zu heben, nicht aufgehört wirksam zu seyn, und es wird an den äußern Enden in dem mitgetheilten $+$ oder $-$ noch immer eine ungleiche Vertheilung, (ungleiche Ziehung des $+$ E und Abstossung des $- E$) statt finden. Ein solches System von Körpern ist die Voltaische Säule selbst. Die wechselseitige Wirkung des Silbers und Zinks macht das Silber negativ und den Zink positiv, und die Säule, wenn sie übrigens im electricischen Gleichgewichte mit der Luft und dem Electrometer ist, giebt diesem $+$ E am Zinkpole und $- E$ am Silberpole. Ertheilt man aber der isolirten Batterie mehr $+$ E , als die Luft und das Electrometer haben, so wird der Silberpol selbst das Electrometer stark mit $+$ E afficiren; darum hört aber der Ladungsmechanismus nicht auf. Silber und Zink haben beide mehr $+$ E als die Luft; sie vertheilen es unter sich aber wieder ungleich, so daß ein Electrometer, das eben die Ladung hätte als die Batterie, am Silberpole mehr zusammenfallen, und am Zinkpole mehr divergiren würde. Eben so kann die Säule am Zinkpole negativ gemacht werden, wenn man ihr $- E$ beibringt, und dessen ungeachtet geht der sogenannte Circulations-Prozess seinen Gang ungehindert fort. — Dis-

se Versuche, die ich an der Batterie oft anstellte, könnte man ebenfalls an der gewöhnlichen Electricitätsmaschine anstellen, wenn es möglich wäre, der Luft des Zimmers einen so hohen und beständigen Grad von $+ E$ beizubringen, daß alle Theile des Apparats, Reibzeug, erster Leiter und Electrometer, $+ Divergenz$ gäben. So wie man nun beim Drehen der Scheibe die Excitation anfangt, die auch nur in aufgehobenem Gleichgewichte besteht, würde das $+ E$ am Reibzeuge schwächer, am Leiter stärker werden; aber alle Electrometer würden, so lange wie dieser Zustand der Luft dauerte, am Reibzeuge, so wie am ersten Leiter, mit $+ E$ divergiren.

Was nun von einem Systeme von Körpern gesagt worden, gilt auch von unserm Mitteldrahte, als einzelner Körper, der durch das Electriciren des Theils der Wassersäule, worin er sich befindet, $+ E$ oder $- E$ erhalten hat, und doch zugleich durch die vertheilende Wirkung der Batteriedrähte, (die man vielleicht höchst irrig eine Strömung nennt,) an einem Ende $-$, am andern $+$ zu werden strebt. Der absolute electricische Zustand dieser Mitteldrähte ist und bleibt $+$, wenn er sich in der Region des Zinkdrahts, und $-$, wenn er sich beim Silberdrahte befindet; aber er erhält seiner Länge nach eine Tendenz zum $+$ und $-$ werden, welche von der allgemeinen Wirkung der Batterie herrührt und durch die besonders modificirte Leitungskraft des Wassers möglich bleibt.

Ehe ich diesen Gegenstand verlasse, will ich noch einige Umstände erwähnen, die sich auf die Wirkung der Mitteldrähte beziehen. Werden die Mitteldrähte *C* und *D*, (Fig. 4,) unter Wasser an einander geschoben, so hören im Augenblicke, wenn sie sich berühren, ihre Spitzen auf Gas und Oxyd zu geben, und die chemischen Wirkungen geschehen nur an den Knie-Enden dieser Drähte, die nun als ein einziger continuirlicher Leiter zu betrachten sind. Diese Erscheinung war leicht vorauszu sehen, und ist äußerst leicht zu erklären. — Etwas auffallender ist es, daß gerade das nämliche statt findet, wenn man die beiden aus den Tubulaturen hervorragenden Enden *C* und *D* auferhalb der Röhre in Berührung bringt, (Fig. 5.) Die Spitzen hören alsdann ebenfalls auf zu wirken, und nur die Knie-Enden geben Gas und Oxyd. Wenn man aber die geringe Leitungsfähigkeit des Wassers im Vergleiche der Metalle bedenkt, so bleibt kein Zweifel, daß bei der zusammenhängenden Metalleitung auferhalb der Röhre, jetzt in einer und derselben Röhre zwei verschiedene, durch Wasser isolirte, und durch Metalldrähte zusammenhängende Gasapparate entstanden sind, wobei das einzige paradox scheinende die Gaserzeugung durch einen Umweg auferhalb der Punkte, wo der Kreis eigentlich geschlossen wird, seyn könnte. Von einem ähnlichen Umwege haben wir aber schon oben Beispiele gehabt. Dieser Versuch zeichnet sich übrigens dadurch aus, daß die frei gegen über stehenden Spitzen der Mitteldrähte

kein Gas gaben, während die oberhalb liegenden stumpfen Enden dieser Drähte sehr starke Gaszeugung gewähren.

Der letzte Versuch, den ich noch schliesslich aus meinem Tagebuche ausheben will, giebt uns Gelegenheit, beinahe alle im Vorigen aufgestellte Sätze anzuwenden, und so ihre Wahrheit und ihren theoretischen Nutzen zu prüfen.

Von zwei parallel neben einander gestellten tubulirten Gasapparaten, (Fig. 6,) ist der eine (I) mit den Batteriedrähten *A*, (+*E*,) und *B*, (–*E*,) verbunden. Seine beiden Mitteldrähte *C* und *D* bleiben mit ihren gegen einander gekehrten Spitzen in gleichen Entfernungen vom Indifferenzpunkte *E*, und ihre herausragenden Enden biegen sich gegen den zweiten Apparat (II) zurück, und durch seine Tubulirungen *c* und *d* in denselben hinein, so dass sich ihre Endspitzen auch hier in gleichen Entfernungen vom Indifferenzpunkte *e* befinden. Bringt man überdies von *E* zu *e* einen dritten Mitteldraht an, der aber bloß in das Wasser der beiden Röhren hinein ragt, so wird dieser Draht *Ee* weder chemische noch elektrische Erscheinungen geben, weil sich seine Spitzen in den Indifferenzregionen der beiden Wasserläulen befinden. Zieht man die Drahtenden *C* und *D*, oder *c* und *d*, oder auch die ganzen Drähte *CD* und *cd* gleich weit zurück, so bleibt an den Spitzen *E* und *e* alles todt, weil sie nach wie vor immerfort in der respectiven Indifferenzregion sind. Zieht man dagegen *D* und *c* zur

so daß sie in die Lage kommen, welche Fig. 7 darstellt, so rückt im ersten Apparate (I) der Wirkungskreis des positiven Pols *A* vor, und macht *E* durch Vertheilung negativ. Eben so rückt im zweiten Apparate (II) die Atmosphäre des negativen Pols *d* verhältnißmäfsig vor, und macht *e* durch Vertheilung positiv. Auch giebt augenblicklich *E* Wasserstoffgas und *e* Oxyd, wenn man zu mehrerer Deutlichkeit *Ee* nicht von Platin genommen hat; wie es denn überhaupt bei diesem Versuche viel schicklicher ist, alle Drähte von einem oxydirbaren Metalle, z. B. von legirtem Silber, zu nehmen, weil sich nur alsdann alles recht deutlich ausnimmt. — Soll umgekehrt *E* Oxyd und *e* Gas geben, so braucht man nur *C* und *d* wieder vorzuschieben, und *e* und *d* zurückzuziehen. Hierbei ist zu bemerken, daß der gehörig zurückgezogene Draht *C* oder *D* des ersten Apparats aufhört, die Phänomene der Polarität seiner Länge nach zu zeigen, und nur Gas oder nur Oxyd giebt, so daß im ersten Apparate nicht mehr Gas und Oxyd gebende Punkte entstehen, als vorher da waren, und *E* nun die Stelle desjenigen vertritt, der dem zurückgezogenen Drahte abgeht. In der zweiten Röhre haben wir aber den merkwürdigen Fall eines Gasapparats mit drei distincten gasgebenden Spitzen, wovon immer die zwei nächsten ungleichartig sind.

Die zuletzt angeführte Thatfache scheint mir, so wie alle übrigen, eine wesentliche Causalverknüpfung der chemischen und electricchen Erscheinun-

gen vollkommen zu begründen. So mannigfaltig und zum Theil verwickelt die Combinationen waren, die ich vornahm, und von denen ich nur die einfachsten angeführt habe, so suchte ich doch in allen, (die zum 5ten Satze gehörigen etwa ausgenommen,) die chemische Wirkung nach der Aussage des Electrometers auf, bestimmte sie im voraus, und fand mich äusserst selten in meiner Erwartung betrogen. Die Reizversuche des Froschpräparats an den Mitteldrähten des tubulirten Gasapparats mit und ohne Batterie, bei Anwendung ganz homogener Platindrähte, werden mir künftig Gelegenheit geben, dieses ausführlicher aus einander zu setzen.

(Die Fortsetzung folgt.)
