ANNALEN DER PHYSIK.

JAHRGANG 1802, SECHSTES STÜCK.

I.

Ueber

*die Fähigkeit der Flamme, der Knochen
und des luftleeren Raumes, die Wirkun-
gen der Voltaischen Säule zu
leiten,*

vom

Professor E R M A N

in Berlin,

*(eine in der philomatichen Gesellschaft gehaltne Vorlesung,
in welcher zugleich die beschriebnen Versuche angestellt
wurden.)*

Die Naturforscher waren kaum auf die Phänomene des sogenannten Galvanismus durch Zufall aufmerksam gemacht worden, so theilten sie sich auch schon in ihrer Meinung über die eigentliche Ursache derselben. Es fehlte indess damahls noch so sehr an bestimmten Thatfachen, und die Untersuchungen wurden so einseitig und so wenig im wahren Geiste der Physik angestellt, daß es kein Wunder ist, wenn über die Ursachen der Phäno-

menge beinahe gar nichts ausgemittelt wurde. Wir besaßen bereits eine bänderreiche galvanische Bibliothek, und in der Hauptsache: *Was ist Galvanismus?* waren wir nicht viel weiter, als die Aerzte des alten Roms, die doch auch schon die Migräne, die Fußgicht und den Vorfall des Mastdarms durch die electricischen Entladungen des Zitterrochen curirten oder doch zu curiren versuchten. *)

Bei diesen Umständen wäre es gleich unnütz und langweilig, die frühern und voreiligen Meinungen über die Natur des Galvanismus einer kritischen Prüfung zu unterwerfen. Nur über den der Dichotomie nach allgemeinsten disjunctiven Satz, der alle andere nothwendig unter sich begreift, ob nämlich

*) *Capitis dolorem, quamvis veterem et intolerabilem, protinus tollit et in perpetuum remediatur torpedo viva nigra, imposita eo loco, qui in dolore est, donec definat dolor et obstupefcat ea pars, quod quum primum senserit, removeatur remedium, ne sensus auferatur eius partis. Plures autem parandae sunt eius generis torpedines, quia nonnunquam vix ad duas tresve respondet curatio, id est torpor, quod est signum remediacionis. (Scribonius Largus, Cap. 1.)*
Bei dem Podagra wurden die Füße in Wasser getaucht, worin sich ein Zitterrochen befand, und der Kranke wurde so lange galvanisirt, bis die Betäubung das Knie erreichte. So wurde Anthero, Freigelassner des Tiberius, von der Fußgicht befreiet. Was die galvanische Cur des *Prolapsus recti* betrifft, so hat Dioscorides etwas darüber.
Erman.

die *gesuchte Ursache, Electricität sey oder nicht*, wird es vielleicht gerade jetzt nicht überflüssig seyn, ein Paar Worte voranzuschicken.

Man könnte sich nämlich leicht verleiten lassen, der Meinung derjenigen, welche behaupten, Electricität sey die Ursache der sogenannten galvanischen Wirkungen, den Sinn unterzulegen, als wäre die zu diesem Resultate gediehene Untersuchung dadurch als beendet anzusehen. Die Wissenschaft würde indeß durch diesen Wahn nicht wenig verlieren. Ausgemacht ist es, daß wir von dem Wesen der Electricität in mechanischer Rücksicht wenig, und in chemischer beinahe gar nichts wissen; seltsamer aber, als selbst diese Unwissenheit, ist der Umstand, daß man so geneigt ist, sie nicht anzuerkennen, oder sie ganz aus den Augen zu lassen. Eine nicht unbeträchtliche Menge von Phänomenen ist allmählig unter eine verhältnißmäfsig kleine Anzahl von Gesetzen zurückgebracht und festgesetzt worden. Man gewöhnte sich nur zu leicht, die gegebenen Fälle unter diese noch viel zu speciellen Gesetze zu subsumiren, und die Untersuchung gerieth ins Stocken, da doch der Wahlspruch der versuchenden Vernunft seyn sollte: *Nichts ist gethan, so lange etwas zu thun übrig bleibt*. Lichtenberg suchte die Physiker und Chemiker durch den Stachel der Satire aus ihrem Schlummer zu wecken. *Werden sie sich denn nicht endlich schämen*, sagte er, *die Electricität bei chemischen Untersuchungen anzuwenden, gerade wie sie die Feuer-*

zange beim Ofen brauchen. Dieser Vorwurf ist in der That buchstäblich gegründet, und doch fruchtete er nichts. Wir zerlegten nach wie vor das Wasser und das Ammonium; wir verbanden Sauerstoffgas und Stickgas zu Salpetersäure, Wasserstoffgas und Sauerstoffgas zu Wasser; wir oxydirten die Metalle und mehrere andere oxydirbare Substanzen, alles durch electriche Einwirkungen, und doch unterzog sich niemand der Untersuchung über das *Wie* und *Warum*; — viele glaubten sogar bei diesen chemischen Prozessen keine fremde Substanz mit ins Spiel gezogen zu haben.

Die neue Gestalt, unter welcher die electriche Wirkungen uns an der Volta'schen Säule gegeben werden, sind ganz geeignet, die zu früh abgebrochene Untersuchung wieder anzuknüpfen, und durch das Räthselhafte der Phänomene uns das Mangelhafte unsrer Erkenntniß recht fühlbar zu machen. Früh oder spät muß sich doch einmahl an die Periode der pneumatischen Chemie die der unwägbaren expansibeln Flüssigkeiten anschließen. Nun macht uns aber Volta's Säule nicht bloß dieses Bedürfnis fühlbar; sie giebt uns zugleich Mittel an die Hand, es zu befriedigen, und in dieser Rücksicht läßt sich kaum muthmaßen, wie schnell und wie weit diese glückliche Entdeckung uns führen werde.

Diese Wünsche und Hoffnungen würden aber alle unerfüllt bleiben, wenn sich hier auch unser Auge an das Kleid der Dinge stoßen sollte, wenn

wir, nachdem die Identität des Galvanismus und der Electricität erwiesen seyn wird, glauben sollten, den galvanischen Prozeß darum genauer zu kennen, und wenn der Eifer, mit dem man sich diesen Untersuchungen anfänglich unterzog, nachlassen sollte, sobald die sehr *unbekannte Kraft* einen sehr *bekannten Namen* führen wird.

Nachdem ich, (mir selbst zur Warnung,) diese Gedanken, die wohl nicht ganz unwichtig sind, hingeworfen habe, wende ich mich mit weniger Besorgniß, mißverstanden zu werden, zur Prüfung einiger angeblich wesentlichen Unterschiede zwischen Electricität und Galvanismus.

Die *Flamme*, die *trockenen Knochen* und der *luftleere Raum* sollen die galvanischen Wirkungen isoliren, während sie die electrischen sehr vollkommen leiten.

H. v. Humboldt, (B. 1, S. 433,) stützt sich auf diesen Umstand, um die Identität der beiden Stoffe zu leugnen; und wären die Thatfachen, die er anführt, bewährt, so scheint mir seine Folgerung ganz richtig. Der Grund der Leitungsfähigkeit liegt in der That sehr tief, und grenzt sehr nahe an chemische Verwandtschaften. *) Keine bloß außerwe-

*) Ein Beweis statt aller: So lange die electrische Materie den Leitern adhärirt, bleibt ihre chemische Beschaffenheit ungeändert; in dem Augenblicke aber, wenn die Ziehkraft dieser Substanzen aufhört auf sie zu wirken, zersetzt sie sich. Daß die Leitungsfähigkeit auf chemischen Verwand-

fentliche Modification kann daher bewirken, daß die nämliche Flüssigkeit von einem und demselben Körper bald angezogen, bald abgestoßen, bald fortgeleitet, bald isolirt werde. So mannigfaltig und verschieden die Erscheinungen der Electricität am ersten Leiter, an der Flasche, beim Electrophor und im Blitze sind, so finden wir doch, daß die Leitungs- oder Isolations-Verhältnisse in allen diesen Modificationen ungeändert bleiben. Ich gestehe es daher, so fest bei mir die Ueberzeugung der Identität des Galvanismus und der Electricität schon längst geworden ist, so unbedingt würde ich doch diese Meinung aufgeben, wenn es ausgemacht wäre, daß es Substanzen giebt, welche die Wirkungen der einen Art völlig isolirten, indess sie die der andern Art fortleiteten. Ich wünschte hier die vollwichtige Autorität des Herrn Ritter für mich zu haben, finde aber mit Verwunderung, daß dieser Gelehrte, nachdem er sich früher ganz unbedingt für die Identität erklärt hat, letzthin die isolirende Eigenschaft

schaften beruhe, dagegen scheint indess auf der andern Seite der Einfluß des Aggregations-Zustandes auf die Leitungsfähigkeit zu sprechen; ein Einfluß, worüber sich einige Versuche am Ende dieses Aufsatzes finden. Bloß chemisch scheint hiernach der Grund des Isolirens und des Leitens doch schwerlich zu seyn; es sey denn, das Wasser werde in jenen Versuchen, indem es fest wird, chemisch verändert, welches man wenigstens nicht durchgängig annimmt. *Erman.*

der Flamme im galvanischen Prozesse erwähnt, und sie fogar durch neue Versuche zu beweisen sucht, (*Annalen*, IX, 335,) ohne die aus diesem Umstande entstehende Schwierigkeit dem Leser sichtbar zu machen, geschweige denn, daß er sie geloben hätte. Dieses war mir um so auffallender, da ich mich bereits lange vorher bemüht hatte, durch directe Versuche diesen Knoten zu lösen. Das Resultat dieser Untersuchung ist, *daß die galvanische Wirkung nicht mehr und nicht weniger als die electrische durch die Flamme, die Knochen und den luftleeren Raum geleitet wird.* Da diese Arbeit zugleich über den Mechanismus der Electrification im sogenannten galvanischen Prozesse einiges Licht mit verbreiten hilft, so sey es mir erlaubt, Ihnen einiges darüber mitzutheilen.

Von der Flamme.

1. Verbindet man den einen Pol, (zum Beispiel den $+$ Pol,) einer völlig isolirten Säule von 100 Schichtungen, mit einem sensibeln Electrometer, so wird sich eine geringe Divergenz einstellen, die bald ihr Maximum erreichen, und von nun an unverändert bleiben wird. Berührt man darauf den Draht vom entgegengesetzten Pole mit der Flamme eines gut isolirten Lichts, so nimmt die Divergenz des Electrometers etwas zu. Wenn man aber das Licht, oder besser die Flamme selbst, ableitend berührt, so nimmt augenblicklich das Electrometer

eine äußerst starke Divergenz an, beinahe eben das Maximum, als hätte man den entgegengesetzten Pol selbst ableitend berührt.

Gerade das nämliche gilt vom — Pole.

2. Verbindet man beide Polardrähte mit ihren Electrometern, und berührt man mit der isolirten Flamme einen dieser Drähte, so verliert augenblicklich das dazu gehörige Electrometer einen Theil seiner Divergenz. Ist das Licht, oder besser noch die Flamme, in leitender Verbindung mit dem Boden, so hört augenblicklich jede Spur von Divergenz auf.

3. Führt man die Polardrähte jeden für sich in eine isolirte Flamme, so nehmen beide Electrometer ihre natürliche Divergenz an. Berührt man aber die eine Flamme ableitend, so tritt augenblicklich das Maximum der Divergenz für diesen Fall am entgegengesetzten Electrometer ein, eben so, als hätte man den Pol selbst unmittelbar berührt.

4. Ein Electrometer ragt mit seinem Zuleitungsdrahte in eine Flamme; in diese nämliche Flamme ragt der eine Polardraht der Säule. Berührt man nun den entgegengesetzten Pol dieser Säule, so fährt das Electrometer aus einander, beinahe eben so, als wenn es mit der Säule durch eine Wassersäule verbunden wäre. Berührt man die Flamme, so entladet man dadurch das Electrometer völlig.

Es erhellt hieraus zur Genüge, daß die Flamme die Electricität der Säule ganz bestimmt leitet, da man durch ihre Dazwischenkunft die Pole laden und

entladen, und dem Electrometer eine äusserst starke Divergenz beibringen und auch nehmen kann.

Es finden sich indess gewisse Eigenthümlichkeiten der Leitungsart der Flamme, die wichtig sind, da der ganze Ladungsmechanismus der Säule auf der Leitungsart der feuchten Leiter beruht, den wir nur durch sorgfältige Vergleichung mit der Leitungsart der andern Halbleiter der Electricität genau erkennen können.

5. *Die Flamme gehört nämlich unter die Halbleiter* und wirkt hier nicht so vollkommen als die Metalle.

Beweis. Verbindet man den einen Pol durch einen Draht mit dem Electrometer, und bringt an diesem Drahte die unifolirte Flamme an, so wird, wie wir sahen, die natürliche Divergenz des Electrometers ganz aufgehoben. Bringt man diese Divergenz durch augenblicklich vorübergehende Berührung des entgegengesetzten Pols auf ihr zweites Maximum, so wird auch dieses durch die Einwirkung der Flamme ganz aufgehoben. Bleibt aber die Ableitung an dem entgegengesetzten Pole continuirlich angebracht, so erleidet die Divergenz am $+$ Pole nicht die mindeste Verminderung; nur am $-$ Pole scheint manchemal eine ganz unbeträchtliche Verminderung der Divergenz Statt zu finden, viel öfter aber verhält sich der $-$ gerade wie der $+$ Pol.

Wie ganz anders würde hier ein vollkommener Leiter wirken! Sobald ein solcher an dem mit dem Electrometer verbundenen Pole angebracht ist, wird

jede Beibringung der Divergenz durch ableitende Berührung des entgegengesetzten Pols völlig unmöglich.

6. Wenn aber, wie wir gesehen haben, die Flamme als ein ziemlich guter Leiter für die Electricität der Säule wirkt, woher kommt es, daß sie in einer andern Rücksicht die Wirkungen des sogenannten galvanischen Processes hemmt? Denn es ist bekanntlich Thatsache, daß die Flamme als Glied in der von Pol zu Pol zu schließenden Kette die *Wasserzersetzung* nicht gestattet, und die *Contractionen der Muskelfaser nicht gewährt*. Folgende Beobachtungen werden uns vielleicht einiger Maßen von dieser Anomalie Rechenschaft geben, und nach anzustellenden Vergleichen auf jeden Fall einige Winke über die bis jetzt so räthselhafte Art der Concurrency der feuchten Leiter zur Action der Voltaischen Säule verschaffen.

Es erhellt nämlich aus folgenden Versuchen, daß die Flamme, wenn die beiden Polardrähte sich in ihr verbinden, den electricischen Zustand beider Pole sehr *ungleich* modificirt, und zwar so, daß nur ein einziger, (der — Pol,) seine Wirksamkeit behält, und folglich an keine entgegengesetzte Action, das heißt, an keine electricische Ladung, zu denken ist. Auch in diesem Falle also finden wir die electroskopischen Wahrnehmungen mit den Anomalien der sogenannten galvanischen Wirkungen vollkommen übereinstimmend.

7. Man führe beide Drähte der Säule in die nämliche Flamme, so hört alle natürliche Divergenz am $+$ Pole auf, und der $-$ bekommt eine Divergenz, die das natürliche Maximum sehr überschreitet, und beinahe eben so stark ist, als hätte man den $+$ Pol ableitend berührt. Dieses findet statt, die Flamme mag isolirt seyn oder nicht; nur stellt sich das Phänomen viel schneller, (ganz augenblicklich,) aber nicht ausgezeichneter ein, wenn die Flamme nicht isolirt ist. Hat der $+$ Pol zufällig oder absichtlich durch vorherige Berührung des $-$ Pols einige Divergenz erhalten, so benimmt sie ihm die gemeinschaftliche Lage in der isolirten Flamme sehr bald; und in einem Momente, wenn die Flamme in ableitender Berührung mit dem Boden ist.

Hieraus folgt, daß die Flamme ungleich mehr vom $+$ E als vom $-$ E zerstreuet, und an die umgebende Luft absetzt, und daß folglich keine Ladung möglich wird. Das nämliche in der Franklinischen und Voltaischen Sprache lautet: Die Flamme sammelt und zerstreuet E , (daß sie beides thue, ist bekannt genug;) daher ladet sie, an jedem Pole einzeln angebracht, den entgegengesetzten Pol. Sie zerstreuet aber viel besser und leichter, als sie sammelt; daher ladet sie bloß den $-$ Pol, wenn beide in einer gemeinschaftlichen Flamme wirken. *)

*) Hierauf gründet sich die Erscheinung der *Dendriten*, die Herr Ritter, (*Annalen*, IX, 338,) mit der ihm eignen Genauigkeit beschrieben hat,

8. Es giebt eine Möglichkeit, dieses durch einen für die Chemie sehr wichtigen Versuch anschaulich zu machen.

Beide Polardrähte seyen in die gemeinschaftliche Flamme gebracht. Nun führe man in diese nämliche Flamme den zuleitenden Draht eines sensibeln Electrometers. Das Electrometer wird keine natürliche Divergenz erhalten, (was doch sonderbar genug ist.) Eben so wenig wird es divergiren,

und die mir nur zu bekannt waren, weil sie ein schwer zu überwindendes Hinderniß bei Anstellung dieser Versuche darbieten. Der in der Mitte einer Kerzenflamme frei werdende Kohlenstoff, der sich bei mangelnder Berührung mit dem Sauerstoffgas nicht in kohlenfaures Gas verwandeln kann, setzt sich in concretem Zustande auf den in die Flamme geführten Batteriedrähten, wie auf jedem ihm dargebotnen Körper, in Gestalt eines Rufs ab. Da aber jeder Batteriedraht sich in einem electrifirten Zustande befindet, so werden die Theilchen des Rufs auf demselben Drahte sich wechselseitig abstoßen, weil jedes Theilchen eine gleichnamige Electricität besitzt. Da aber am + Drahte die Electricität *kräftiger ausgestoßen* wird, so ist auch auf diesem Drahte die electrometrische Repulsion der Kohlentheilchen *kräftiger* als auf dem negativen Drahte; daher die hier höher anwachsenden Dendriten. — Man bringe über einer kleinen Weingeistlampe eine Metallplatte an, auf diese lege man ein Stück *Kampher*, und setze den Apparat auf den electrifirten positiven Leiter einer Electrilmaschine. Es werden

wenn man den $+$ Pol berührt. Bringt man aber die Ableitung an den $-$ Pol, so erhält das Electrometer augenblicklich von der Flamme das Maximum der Divergenz, und diese Divergenz ist $+$.

Der negative Pol hält nämlich durch sein natürliches $-E$ einen correspondirenden Theil des $+$ E der Säule gebunden, so daß es von der Flamme nicht zerstreut werden konnte. Berührt man nun den $-$ Pol, so zieht er $+$ E aus dem Boden, sät-

sehr ansehnliche Vegetationen auf dem schmelzenden Kampher erscheinen; einige Zweige dieser Dendriten werden sogar losgerissen und weggeschleudert werden. Auf den negativen Leiter gebracht, zeigt der Kampher ähnliche Erscheinungen, nur ist alles viel kleiner und unbedeutender. Die Kohle und der Kampher geben uns also hier *Lichtenberg'sche Figuren*, nach den drei Ausmessungen des Raumes, da die gewöhnlichen nur zwei gewähren. Die Dendriten des einen Drahts werden ganz natürlich von denen des andern angezogen, und im Augenblicke ihrer wechselseitigen Berührung, die sich sehr bald einstellt, wenn beide Drähte in die nämliche Flamme geführt sind, hört nothwendig jede Möglichkeit einer electroscopischen Beobachtung auf. Man beugt diesem höchst verdrießlichen Hindernisse dadurch vor, daß man eine Weingeistflamme anwendet. Diese setzt keinen Kohlenstoff ab, und die Beobachtung geht einen ruhigen Gang. Doch weiß ich durch ganz bestimmte Wahrnehmungen, daß alle hier aufgestellten Gesetze ebenfalls bei Flammen von Wachs- und Talglichtern statt finden. *Erman.*

tigt sich damit, und so wird augenblicklich der vorher gebundene Theil von $+$ E des positiven Pols frei und sensibel, und afficirt das Electrometer, welches mittelst der Flamme mit dem $+$ Pole in Verbindung ist, beinahe eben so, als wenn eine continuirliche metallische Leitung statt fände.

Von den Knochen.

Humboldt behauptet, daß selbst die trockensten Knochen, die 20 Jahr in einer osteologischen Sammlung gelegen hatten, die Electricität, sogar besser als Metall, leiten, die galvanische Wirkung aber ganz vollkommen isoliren. Dieses ist indess eine große Uebertreibung der sehr schwach leitenden Kraft der Knochen. Ich habe die Thatfachen, auf die er sich stützt, mit möglichster Sorgfalt wiederholt, und sie nicht gegründet befunden.

1. Ein am Feuer möglichst ausgetrockneter Unterkiefer von einem vor mehreren Jahren gesprengten Menschenkopfe wurde an die innere und äussere Belegung einer Leidener Flasche angelegt. Ich fand die Flasche nach mehreren Umdrehungen der Scheibe dessen ungeachtet sehr stark geladen. Ich liefs die Processus Coronoidäi lange an den Belegungen liegen, und fand nachher die Flasche noch äusserst merklich geladen. Ich lud die Flasche wie gewöhnlich, und suchte sie durch den Unterkiefer zu entladen, fand sie aber nachher noch sehr stark geladen.

Sehr oft nahm ich diesen Unterkiefer, wie er da lag, ohne ihn vorher durchs Feuer getrocknet

zu haben, und unter so günstigen Umständen leitete er doch eben so unvollkommen.

Ich isolirte lange äußerst trockene Schenkelknochen, brachte an dem einen Ende ein feines Electrometer an, und gab dem entgegengesetzten Ende etwas Electricität durch geriebenen Bernstein. Es ging allerdings etwas Electricität zum Electrometer über, aber wenig und langsam. Wie unvollkommen aber diese Zuleitung war, erhellt daraus, daß ich den zuleitenden Knochen mit Metall berühren, ja mit der bloßen Hand abheben konnte, ohne die Divergenz des Electrometers sehr merklich zu verringern.

Ich legte einen Knochen auf ein Electrometer, und berührte diesen Knochen mit einer geladenen isolirten Scheibe; das Electrometer divergirte, aber nur schwach und langsam. Wurde der Knochen berührt, so entladete es sich nicht augenblicklich; im Gegentheile stellte sich die Divergenz beinahe eben so stark wieder ein, als die Berührung aufhörte, woraus mehr ein Spiel der Atmosphären, als eine wirkliche Leitung erwiesen wird. Auch konnte man das divergirende Electrometer mit einem Knochen, den man frei in der Hand hielt, berühren, ohne ihm die Divergenz zu benehmen.

Ich verband zwei Electrometer durch einen und den nämlichen Knochen. Berührte ich das eine Ende des Knochens mit der geladenen Scheibe, so ging das nächste Electrometer auseinander; dasjenige, welches mit dem abgewendeten Ende des Kno-

chens in Berührung war, divergirte aber gar nicht, oder äußerst schwach, so daß ich das eine Electrometer ableitend berühren konnte, ohne das zweite zu entladen.

Hieraus folgt also, daß die Knochen, nach wie vor, den höchst unvollkommenen, oder besser, langsamsten, Leitern der *E* zuzuschreiben sind. In der That beweist dieses schon der Umstand selbst, den Humboldt anführt, um zu zeigen, daß Knochen *noch besser als metallische Substanzen leiten*. Er sagt nämlich: *Ich fühle stechendere Schläge, wenn ich auf dem Isolatorio durch einen Knochen, als wenn ich mittelst eines metallnen Leiters mit dem Conductor verbunden bin.*

2. Eben so verhalten sich die Knochen in Rücksicht ihrer Fähigkeit, die Electricität der Säule zu leiten. — Man lege einen Unterkiefer auf ein Electrometer; auf diesem Knochen ruhe der eine Polardraht der isolirten Säule, und man berühre nun den entgegengesetzten Pol ableitend. Das Electrometer wird eine ziemlich merkliche Divergenz bekommen, die sich aber nur langsam einstellen, und bei weitem nicht das Maximum erreichen wird, die eine metallische Zuleitung geben würde.

Eben das geschieht, wenn statt des Unterkiefers ein *Radius* oder irgend ein andrer langer Knochen die mittelbare Verbindung zwischen dem Polardrahte und dem Electrometer bewirkt.

Wie mangelhaft und langsam auch hier die leitende Eigenschaft der Beinsubstanz sey, erhellt daraus,

daraus, daß ein zweites Electrometer, welches mit dem Polar-Electrometer durch einen Knochen verbunden ist, keine Divergenz annimmt, wenn das erste durch die ableitende Berührung des entgegengesetzten Pols bereits merklich divergirt.

Auch hier sieht man, daß die ableitende Berührung des Knochens bei weitem das Electrometer nicht so entladet, wie es seyn müßte, wenn die Knochen die vollkommenen Leiter wären, für die sie Herr von Humboldt fälschlich ausgiebt.

Bei so schlechter Leitungsfähigkeit der Knochen ist es nun wohl kein Wunder, daß sie die Wasserzersetzung und die Muskular-Contraction nicht gestatten. Sehr feuchtes Holz, welches die Electricität in der Säule ziemlich gut fortleitet, giebt ebenfalls keine Spur von chemischer oder organischer Einwirkung, und wir finden darin nur die Bestätigung eines Satzes, welcher sich uns in der ganzen Praxis des Galvanismus alle Augenblicke aufdringt, daß nämlich die electriche Wirkung der Säule die bestmögliche Leitung erfordert, um durch chemische und organische Veränderungen wahrnehmbar zu werden, während die electroskopischen Veränderungen bei weitem nicht diese innige Fortleitung erfordern. Hiervon soll gleich eine sehr neue und unerwartete Thatfache die Bestätigung gewähren.

Vom luftleeren Raume.

Die comparative Leitungsfähigkeit des luftleeren Raumes soll für die gewöhnliche Electricität voll-

kommen, und für die Electricität der Säule Null feyn. Es ist indess auffallend, daß man noch immer dem leeren Raume die Leitungsfähigkeit so allgemein und unbedingt zuschreibt, da doch eine mit gut getrocknetem Quecksilber angefüllte Röhre in ihrem Torricellischen leeren Raume die Electricität nur leuchtend durchströmen läßt. Dieser, mit Lichterscheinung begleitete Uebergang beweist doch schon, daß die electriche Flüssigkeit sich nicht in der leitenden Continuität des luftleeren Raumes verbreitet; denn die chemische Zerfetzung, wovon die leuchtende Erscheinung abhängt, findet nur statt, wenn die electriche Thätigkeit von einem Leiter zum andern im freien Zustande überspringt. Es war also zu vermuthen, daß die Leitung des sogenannten luftleeren Raumes nur von der Gegenwart irgend einer in diesem Raume vertheilten Substanz, und vermuthlich des Wasserdampfes, abhängt.

Morgan's schätzbare Versuche, (*Phil. Transactions for 1785*, p. 273,) haben gezeigt, daß in schlecht ausgekochten Barometerröhren die leitende Eigenschaft des Torricellischen Raumes schon beträchtlich geringer ist, und daß sie endlich ganz und gar aufhört, wenn die Röhre durch 3- oder 4stündiges Auskochen des Quecksilbers ganz von feuchter Luft befreiet worden. Ein schöner Versuch, der etwas früher bei Herm. Walfsch, in Gegenwart von Franklin, Smeaton, de Lüc, Cavallo u. a. m., angestellt wurde, hatte das nämliche bewiesen. Eine große zweifelhafte gebogene

Röhre von Barometercaliber, die so lang war, daß jeder Schenkel 2 Fuß Länge über die Normalhöhe hatte, wurde sorgfältig mit Quecksilber angefüllt, die Mündung jedes Schenkels in ein Gefäß mit Quecksilber gebracht, und die Röhre aufrecht gestellt, so daß zwei Barometer daraus entstanden, wovon jedes über sich einen Torricellischen Raum von mehrern Fuß Länge hatte. Durch diesen leeren Raum hingen die beiden Quecksilberssäulen zusammen. Isolirte man nun beide Gefäße, worin sich die Schenkel endigten, und theilte dem einen etwas Electricität mit, so entstand eine leuchtende Erscheinung im leeren Raume, in dem Augenblicke, als man das zweite Gefäß berührte. Die electricische Wirkung war folglich von einem Behälter zum andern durch die leitende Eigenschaft des leeren Raumes herübergeführt worden; auch gab das andere isolirte Gefäß wirklich Funken bei der Berührung. Nun wurde aber der ganze große mit Quecksilber angefüllte Heber genau ausgekocht, (ein dreistes Unternehmen,) und wie vorher aufgestellt und behandelt. Es fand sich nun, daß in diesem vollkommen von Luft und von Wasserdampf gereinigten Raume nicht die mindeste leitende Kraft übrig war. Die dem einen Behälter mitgetheilte Electricität ging nicht im mindesten zum entgegengesetzten über. Mehrere Tage stand die Vorrichtung, und wurde täglich von vielen der daßigen Gelehrten geprüft, und die isolirende Eigenschaft dieses vollkommen leeren Raumes hielt sich trefflich, bis zuletzt sich aus dem

Queckſilber nach und nach einige zurückgebliebene oder zurückgetretene feuchte Luft allmählig nach dem Bogen der Röhre gezogen hatte; und von nun an zeigte der Torricellſche Raum eine allmählig zunehmende Leitungsfähigkeit.

Der eigentliche luftleere Raum leitet also die electriſchen Wirkungen nicht im mindeſten, und der unvollkommne ſcheint es nur in ſo fern zu thun, als er Waſſerdampf enthält, dem ſich die angehäufte Electricität frei mittheilen kann.

Da nun die *Electricität der Säule* ſo wenig Expansibilität zu haben ſcheint, daſs man, (der innigen Leitung zufolge, welche die chemiſchen und organiſchen Wirkungen erfordern,) ſogar geneigt iſt, ihr jede Action durch die umgebende Luft rund abzuſprechen, ſo wäre es wohl kein Wunder, wenn die Säule keine electroſkopischen Wirkungen durch Fortleitung des feuchten luftverdünnten Raumes zeigte.

In der Theorie, die ich mir von der Wirkung der Säule zur Zeit gemacht habe, nehme ich aber eine ſehr thätige Correspondenz der Säule mit der umgebenden Luft an. Von der Luft erhält ſie meines Erachtens die mangelnde Electricität; an dieſe ſetzt ſie die überſchüſſige ab. Ohne mich hier in dieſe weitläufige Materie weiter einzulaſſen, begrüße ich mich, die Thatſache, welche die weit ausgebreiteten electroſkopischen Wirkungen der Säule mittelſt der umgebenden Luft beweist, anzuführen.

Eine Säule von 300 Paaren, in ihrer besten Wirkung, stehe vollkommen isolirt. Auf einem andern Tische stehe ein absolut isolirtes, sehr zartes Electrometer, 7 bis 8 Fuß entfernt von der Säule. Berührt man nun den einen oder den andern Pol der Säule, so wird dieses Electrometer jedes Mal eine kleine augenblicklich vorübergehende zitternde Divergenz deutlich zeigen. Hat man dem Electrometer vorher absichtlich einen geringen Grad von Divergenz gegeben, so nimmt diese um ein kleines ab oder zu, je nachdem man den einen oder den andern Pol der Säule durch ableitende Berührung entladet, eben so, nur im Kleinen, wie es beim Funkenziehen aus dem ersten Leiter der Fall ist. Ohne diese Wahrnehmung hier weiter zu commentiren, um die wichtigen Folgerungen daraus zu ziehen, die darin liegen, will ich für jetzt nur die Anwendung davon auf die leitende Eigenschaft des feuchten, luftverdünnten Raumes zeigen. Ich schloß nämlich, daß die electrometrische Wirkung, die sich schon unter dem Drucke der Atmosphäre so verbreitete, ebenfalls, und sogar merklicher, im feuchten luftverdünnten Raume statt finden müsse.

Eine Barometerröhre, die sich oben in eine Kugel von 1 Zoll Durchmesser erweiterte, worein ein Platindraht hermetisch hineinreichte, wurde mit Quecksilber angefüllt, so genau, wie ohne Auskochung möglich war, von Luft gereinigt, und in ein isolirtes gläsernes Gefäß umgekehrt, so daß ein Torricellischer luftleerer Raum von 6 Zoll Röh-

re und die Kugel darin entstand. Nun verband ich das Electrometer mit dem Queckfilber des Gefäßes, und den obern Platindraht, der in den luftleeren Raum hineinragte, mit einem Pole der Säule. Die ableitende Berührung des andern Pols gab augenblicklich sehr starke Divergenz. Um genau zu erfahren, ob die Zuleitung nicht durch die äußere Fläche der Röhre geschehe, berührte ich diese ableitend; die Divergenz wurde etwas vermindert; es blieb aber eine sehr beträchtliche übrig, die nur auf Rechnung der zuleitenden Eigenschaft des innern Raumes der Röhre zu bringen war.

Eben so wurden schwache Grade der gewöhnlichen Electricität durch diese Röhre fortgeleitet, und es findet sich in Beziehung auf die Leitungsfähigkeit des unvollkommenen luftleeren Raumes eine völlige Uebereinstimmung zwischen Galvanismus und Electricität.

Nun wurde ein vollkommen luftleeres Barometer, dem ersten völlig gleich, nur dafs es sehr sorgfältig ausgekocht wurde, zum comparativen Versuche angewendet.

Dieses Barometer wurde vollkommen isolirt an einen Träger aufgehängt, und sein luftleerer Raum, wie beim vorigen, in die Continuität der Zuleitung von einem Pole her bis zum andern gezogen. Die ableitende Berührung des entgegengesetzten Pols gab nun nicht die mindeste Divergenz durch das Innere der Röhre; das Ausbleiben der Divergenz fand so gut beim — als beim + Pole statt.

Und eben so verhielt sich die gewöhnliche Electricität. Ich brachte das zarteste Electrometer durch einen Platindraht mit dem Queckfilber des untern Schenkels des Barometers in Verbindung. Nun ertheilte ich dem obern Platindrahte eine nicht unbedeutende Menge Electricität; das Electrometer divergirte aber nicht im mindesten.

Nur leiteten manchemahl bei feuchter Luft die äussere Fläche und das Brett des Barometers, und gaben so einige Divergenz: dieses wurde aber sehr leicht dadurch entdeckt und verhindert, daß man diese äussern Theile berührte; alsdann fand auch nicht die mindeste Divergenz, weder durch die gewöhnliche Electricität noch durch die der Säule, statt.

Luftleerer Raum, trockne Knochen und Flamme verhalten sich also in ihren Beziehungen zur Säule gerade so, wie sie es gegen die auf jede andere Art erregte Electricität thun; und eben dasselbe hat P f a f f, mit der ihm eignen Genauigkeit, vom *kalten* und *glühenden Glase* bereits bewiesen, (*Annal.*, VII, 250,) so daß wir über diesen Punkt im Reinen sind.

* *

Als *Nachtrag* zum vorigen Aufsatze mögen die Versuche dienen, durch welche ich in einer der kältesten Nächte des vergangnen Winters bestimmt ausmittelte, daß *das Wasser dadurch, daß es zu festem Eise wird, seine Leitungsfähigkeit für die Ele-*

ctricität der Säule eben so vollkommen verliert, als für jede andere Art der Electricität.

1. Ich brachte an jedem Pole einer thätigen isolirten Säule ein feines Electrometer an, füllte eine Röhre ganz mit Wasser, und steckte durch ihre Korkstöpfel zwei Platindrähte so, daß sie in $\frac{1}{8}$ Zoll Entfernung von einander blieben. Das Wasser ließ ich strenge einfrieren, und löste allmählig die Stöpfel etwas, um das Sprengen der Röhre zu vermeiden. Als das Wasser durchaus fest geworden, brachte ich die außerhalb völlig trockne Röhre als Leiter von einem Pole zum andern an. Die Electrometer behielten ihre völlige Divergenz an beiden Polen, und die Säule ertheilte nach wie vor Funken und Schläge von gleicher Intensität; kurz, die Pole waren ganz völlig isolirt, obgleich nur eine ganz dünne Schicht festen Wassers sich zwischen ihren Drähten befand.

Ich war sehr aufmerksam auf jede etwanige chemische Veränderung, die das Eis erleiden würde, bemerkte aber davon nicht die mindeste Spur. Auch trat das Zergehen an dem einen Pole nicht früher ein, als an dem andern; und als der Apparat in ein erwärmtes Zimmer gebracht wurde, konnte ich auch gar keinen Unterschied in dieser Rücksicht wahrnehmen. Die Gaserzeugung und das Zusammenfallen der Electrometer stellten sich nur ein, als flüssiges Wasser sich zwischen beiden Drähten bereits gebildet hatte. Oxydirbare Drähte, die ich an-

statt der Platindrähte anwendete, zeigten auch keine chemische Veränderung, so lange sie auch, mit festem Wasser umgeben, der Wirkung der Säule ausgesetzt blieben.

2. Ich füllte nur den einen Schenkel einer gebogenen Röhre mit Wasser, worein ein Draht durch einen Stöpsel hineinreichte. Dieses Wasser liefs ich ganz fest einfrieren. Nachher füllte ich den andern Schenkel mit tropfbarem Wasser, steckte den zweiten Draht darein, und brachte diese gebogene Röhre als Zuleiter zwischen die beiden Pole einer mit Electrometern versehenen Säule. Die Electrometer behielten ihre völlige Divergenz, und es war keine Spur von Gaserzeugung oder von Oxydation wahrzunehmen.

3. Ich füllte endlich nur den untersten Bogen der Röhre mit Eis an, und gofs in jeden Schenkel liquides Wasser darüber. Als die Batteriedrähte in dieses Wasser geleitet wurden, nahm man ebenfalls die vollkommne Isolation der Säule wahr, da die Electrometer der Pole keine verminderte Divergenz zeigten; auch war keine Spur von chemischer Wirkung vorhanden.

Gern hätte ich zum Ueberflusse Eisscheiben zwischen die Plattenpaare gebracht, und noch interessanter schien es mir, eine Säule aus *einem Metalle, Eisscheiben und Wasser* zu construiren. Die Einrichtung der kleinen Formen, worin ich das Wasser zu diesem Behufe anfrieren lassen wollte, um genaue

Berührungspunkte zu erhalten, machte mir aber einige Schwierigkeiten, und ein paar Tage darauf war das Wetter so gelinde, daß es unmöglich war, völlig trocknes Eis zu erhalten.

Erwiesen ist doch wenigstens, daß das trockne Eis, welches so idio-electrisch ist, daß Achar d daraus den Cylinder einer Electrirmaschine verfertigte, die gute Funken gab, sich eben so isolirend im sogenannten galvanischen Prozesse verhält.