

Es fehlte mir die Gelegenheit, an der Quelle Versuche über die Menge des in dem Wasser aufgelösten Gases anzustellen. Sie ist indess nicht groß, und das Wasser weit davon entfernt, mit Kohlensäure gesättigt zu seyn; allein es ist gesättigt mit einem Gemenge von Stickgas und Kohlensäuregas in solchem Verhältnisse, wie wenn über der Oberfläche des Wassers ein Gemenge von 6 Th. Stickgas und 1 Th. Kohlensäure befindlich wäre.

Da wir gesehen haben, daß das Wasser stickstoffhaltige Bestandtheile enthält, welche vermuthlich auf die Länge der Zeit ihre Zusammensetzung nicht unverändert behalten, so kann die Vermuthung nicht ungereimt erscheinen, daß Kohlensäure und Stickgas die Producte des Zersetzungsprocesses seyen, durch welchen die organische Substanz, unter Ausschluss der Luft, in vollkommen unorganische Verhältnisse umwandelt, und daß das Stickgas und ein Theil der Kohlensäure des Porlawassers einen solchen Ursprung haben. Ist diese Vermuthung richtig, so müssen alle Wässer, die viel Quellsäure enthalten, reich an aufgelöstem Stickgas seyn.

**IV. Dritte Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektrizität;
von Herrn Michael Faraday.**

(Aus einem vom Verfasser übersandten besonderen Abzug der in den *Philosoph. Transact. f.* 1833. erscheinenden Abhandlung. — Die beiden ersten Reihen dieser Untersuchungen finden sich in den *Annalen* Bd. XXV. S. 91 u. 142. P.)

VII. Einerleiheit der Elektrizitäten verschiedenen Ursprungs.

265) **D**ie Fortsetzung der elektrischen Untersuchungen, welche ich die Ehre hatte, der Königl. Gesellschaft vorzulegen, führte mich zu einem Punkt, wo es für den fer-

neren Verfolg meiner Arbeit nothwendig wurde, keinen Zweifel an der Einerleiheit oder Verschiedenheit der auf mannigfache Weisen erregten Elektricitäten übrig zu lassen. Zwar ist es ganz richtig, das Cavendish *), Wollaston **), Colladon ***) und Andere einige der bedeutendsten Hindernisse für die Anerkennung der Einerleiheit gemeiner, thierischer und voltascher Elektricität aus dem Wege geräumt haben, und ich glaube, im Allgemeinen werden diese Elektricitäten wirklich als gleich von den Physikern angesehen. Allein andererseits ist es eben so wahr, das man die Genauigkeit der Wollastonschen Versuche bestritten hat †), und das einer derselben, der von mehren Physikern vorzugsweise als Beleg für die chemische Action der gemeinen Elektricität angesehen worden ist (336. 346), wirklich keinen Beweis dafür abgiebt (309. 327). Ueberdies ist es Thatsache, das noch heut zu Tage mehre Physiker eine Unterscheidung zwischen den Elektricitäten verschiedenen Ursprungs machen, oder mindestens zweifeln, ob ihre Einerleiheit erwiesen sey. Humphry Davy z. B. hält es in seinem Aufsatz über den Zitterrochen ††) für wahrscheinlich, das die thierische Elektricität eine eigene Art ausmache, und

*) *Philosoph. Transact.* 1776, p. 196.

***) *Phil. Trans.* 1801, p. 434 (Gilbert's Ann. Bd. XI. S. 104).

***) *Ann. de chim. et de phys. T. XXXIII p. 62* (diese Annalen, Bd. VIII S. 336).

†) *Phil. Transact.* 1832, p. 282 Note (Ann. Bd. XXVII S. 554 Anmerk.).

††) *Philos. Trans.* 1829, p. 17 (Annal. Bd. XVI S. 314 und 315.

»Die gemeine Elektricität wird auf Nichtleitern erregt u. s. w.« Magnetismus, ist er Elektricität unter einer anderen Form, gehört nur den vollkommenen Leitern an, und in seinen Modificationen, einer besonderen Klasse von ihnen). — Das Letzteres nicht der Fall sey, hat Dr. Ritchie gezeigt. *Phil. Trans.* 1832, p. 294 (Annal. Bd. XXVII S. 552. — Der dort angeführte Versuch ist, wie ich später bemerkt habe, bereits von Fehner in Schweigg. Journ. Bd. 57 (1829) S. 15 beschrieben. P.)

indem er sie mit der gemeinen Elektrizität, der voltaschen Elektrizität und dem Magnetismus vergleicht, sagt er: Bei Erforschung der mannigfaltigen Abänderungen und Eigenschaften, welche die Elektrizität in diesen verschiedenen Formen darbietet, mögen sich wohl noch Unterschiede feststellen lassen etc. In der That brauche ich wohl nur auf den letzten Band der *Philosoph. Transactions* hinzuweisen, um zu zeigen, daß die Frage keineswegs als erledigt zu betrachten ist *).

266) Ungeachtet man allgemein die verschiedenen Elektrizitäten für identisch hält, sind offenbar die Beweise

*) *Philos. Trans.* 1832, p. 259. Dr. Davy hat bei Anstellung der Versuche mit dem Zitterrochen (*Annal.* Bd. XXVII S. 542) dieselben Wirkungen erhalten, welche von der gemeinen und der voltaschen Elektrizität erzeugt werden, und sagt, daß dieser Fisch in seiner magnetischen und chemischen Kraft nichts wesentlich Eigenthümliches darbiete (p. 274); allein p. 275 sagt er: es gibt andere Punkte des Unterschiedes, und nachdem er sie aufgezählt, setzt er hinzu: Wie sind diese Verschiedenheiten zu erklären? Erlauben sie eine Erklärung, ähnlich der, welche Cavendish in seiner Theorie des Zitterrochens aussprach, oder dürfen wir, nach der Analogie mit den Sonnenstrahlen annehmen, daß die elektrische Kraft, sie mag nun durch die gewöhnliche Maschine, durch die voltasche Batterie oder durch den Zitterrochen erregt werden, keine einfache Kraft sey, sondern eine Combination von Kräften, welche in verschiedenartiger Verknüpfung vorkommen, und so die uns bekannten Varietäten von Elektrizität hervorbringen?

Auf p. 279 desselben Bandes der *Philosoph. Trans.* beginnt Dr. Ritchie's Aufsatz, in welchem es unter andern heißt: »Gemeine Elektrizität verbreitet sich auf der Oberfläche des Metalls; — voltasche Elektrizität existirt dagegen innerhalb desselben. Freie Elektrizität wird auf der Oberfläche des dünnsten Goldblatts eben so kräftig fortgeleitet als auf einer Masse Metall von derselben Oberfläche; — voltasche Elektrizität erfordert Metalldicke zu ihrer Leitung;« — ferner p. 291: »Die vorausgesetzte Analogie zwischen der gemeinen und voltaschen Elektrizität, welche seit der Erfindung der Säule so eifrig verfolgt wurde, schlägt in diesem Falle ganz fehl, wiewohl man glaubte, derselbe liefere die auffallendste Aehnlichkeit.«

dafür nicht klar und entscheidend genug gewesen, um die Billigung der Sachkenner zu erlangen. Die Aufgabe scheint mir viel mit der gemein zu haben, welche Humphry Davy so schön gelöst hat, nämlich der: Ob die voltaische Elektrizität die, nach ihrer Einwirkung auf das Wasser, in demselben befindlichen Säuren und Alkalien immer blofs ausscheide, oder in einigen Fällen wirklich erzeuge. Dieselbe Nothwendigkeit, die ihn antrieb, den zweifelhaften Punkt, welcher sich der Ausbildung seiner Ansichten widersetzte und die Strenge seiner Schlüsse vernichtete, zur Entscheidung zu bringen, hat mich zur Ermittlung der Frage gezwungen, ob die gemeine und die voltaische Elektrizität identisch oder verschieden seyen. Ich habe mich überzeugt, dafs sie identisch sind, und hoffe, dafs die Beweise, welche ich vorlegen werde, so wie die aus ihnen hervorgehenden Resultate für beachtungswürdig von der K. Gesellschaft gefunden werden mögen.

267) Die mannigfachen Erscheinungen, welche die Elektrizität darbietet, lassen sich zum Behufe des Vergleichs in zwei Klassen bringen; zu der ersten gehören die der Spannungs-Elektrizität, zu der andern die der strömenden Elektrizität. Ich mache diese Unterscheidung, nicht weil sie philosophisch, sondern weil sie bequem ist. Die Wirkung der Spannungs-Elektrizität besteht übrigens entweder aus Anziehung oder aus Abstofsung in merklichen Entfernungen. Als Wirkungen elektrischer Ströme lassen sich nennen: 1) Wärme-Erregung, 2) Magnetismus, 3) chemische Zersetzungen, 4) Physiologische Erscheinungen, und 5) Funken. Meine Absicht wird nun seyn, die aus verschiedenen Quellen entspringenden Elektrizitäten, besonders die gemeine und die voltaische, hinsichtlich ihrer Fähigkeit zur Hervorbringung dieser Wirkungen mit einander zu vergleichen.

I. Voltasche Elektrizität.

268) *Spannung.* Untersucht man die Enden einer voltaschen Batterie von 100 Plattenpaaren mit einem gewöhnlichen Elektrometer, so findet man sie bekanntlich positiv und negativ. An dem nämlichen Ende der Batterie stoßen die Goldblättchen einander ab, an den entgegengesetzten Enden befindlich, ziehen sie sich an, selbst wenn zwischen ihnen eine Luftschicht von einem Zoll und mehr in Dicke befindlich ist.

269) Dafs gemeine Elektrizität sich aus Spitzen mit Leichtigkeit in die Luft entladet, sie stark verdünnte und auch erhitzte Luft, wie z. B. eine Flamme, ohne weiteres durchdringt, rührt von ihrer hohen Spannung her. Ich suchte daher nach ähnlichen Wirkungen bei der Entladung voltascher Elektrizität und gebrauchte dabei als Probe für den Durchgang der Elektrizität entweder das Galvanometer oder die chemische Action, welche in der weiterhin (312. 316) beschriebenen Vorrichtung erzeugt wurde.

270) Die voltasche Batterie, über welche ich zu verfügen hatte, bestand aus 140 Paaren vierquadratzölliger Platten, mit Doppelplatten von Kupfer. Sie war völlig isolirt, und brachte ein Goldblatt-Elektrometer bis zu der Divergenz von etwa einem Drittelzoll. Ich bemühte mich, diese Batterie durch feine Spitzen, die sehr sorgfältig angeordnet und einander genähert waren, in der Luft sowohl als in einer leergepumpten Glocke zu entladen, konnte aber keine Anzeigen eines Stromes erhalten, weder durch magnetische noch durch chemische Action. Hierin zeigte sich jedoch keine Verschiedenheit zwischen voltascher und gemeiner Elektrizität; denn wenn eine Leidner Batterie (291) so geladen ward, dafs sie das Goldblatt-Elektrometer zu gleich starker Divergenz brachte, zeigten jene Spitzen sich ebenfalls unfähig sie bis zur Ausübung magnetischer oder chemischer Wirkungen zu entladen. Diefs geschah, nicht weil die gemeine

Elektricität nicht diese beiden Wirkungen hervorzubringen vermöchte (307. 310), sondern weil, wenn sie von so schwacher Intensität ist, die zur Erzeugung sichtbarer Effecte erforderliche Menge [welche außerordentlich groß ist (371. 375)] in gehöriger Zeit nicht durchgelassen werden kann. Vereint mit den weiterhin folgenden Belegen, beweisen auch diese Wirkungen der Spitzen nicht die Verschiedenheit, sondern die Einerleiheit der gemeinen und voltaschen Elektricität.

271) Da die gemeine Elektricität durch heiße Luft mit größerer Leichtigkeit als durch Spitzen entladen wird, so hoffte ich, daß auch die voltasche Elektricität auf diese Weise entladen werden würde. Zu dem Ende errichtete ich den Apparat (Taf. I Fig. 5), bei dem *AB* ein isolirter Glasstab ist, auf welchem die beiden Kupferdrähte *C*, *D* wohl befestigt sind. An diese Kupferdrähte sind zwei Stücke feinen Platindrachts gelöthet und bei *e* mit ihren Enden einander so weit genähert als es ohne gegenseitige Berührung angeht; der Kupferdraht *C* ist mit dem positiven Pol *P* einer voltaschen Batterie verbunden, und der Draht *D* mit einem Zersetzungs-Apparat *D* (312. 316), durch welchen die Communication mit dem negativen Pol *N* der Batterie geschlossen wurde. Zu diesem Versuche wurden nur zwei Tröge oder zwanzig Plattenpaare angewandt.

272) In diesem Zustande fand nun keine Zersetzung bei *a* statt; so wie aber eine Weingeistflamme unter die Platinenden bei *e* gebracht wurde, so daß diese in helle Rothgluth kamen, trat Zersetzung ein; alsbald erschien Jod am Punkte *a*, und der Uebergang der Elektricität durch die erhitzte Luft war erwiesen. Bei Steigerung der Temperatur der Spitzen *e* mittelst eines Löthrohrs, war die Entladung noch freier und die Zersetzung trat augenblicklich ein. Bei Fortnahme der Wärmequelle hörte der Strom sogleich auf. Als die Enden seitwärts und parallel einander sehr genähert wurden, doch so, daß sie

sich nicht berührten, kamen die Erscheinungen vielleicht noch leichter als vorhin zu Stande. Bei Anwendung einer gröfseren voltaschen Batterie (270) wurden sie auch deutlicher erhalten.

273) Nach Fortnahme des Zersetzungs-Apparats und Einschlebung eines Galvanometers statt seiner, schwang die Nadel sogleich nach einer Seite, sobald die Spitzen e erhitzt wurden, und als man während der Zeit ihrer Rückkehr (303) die Hitze entfernte, waren die Ablenkungen alsbald schwach, zum Beweise, dafs ein die Luft durchdringender Strom vorhanden war. Allein das angewandte Instrument war für die chemische Action nicht so empfindlich.

274) Diese, unter der gegenwärtigen Form bisher nicht bekannten oder erwarteten Erscheinungen sind nur Fälle der Entladung, welche durch Luft zwischen Kohlenspitzen der Pole einer mächtigen Batterie stattfindet, wenn dieselben nach der Berührung langsam getrennt werden. Hier ist der Durchgang durch erhitzte Luft genau dem der gemeinen Elektrizität gleich, und Humphry Davy berichtet, dafs der Strom der damaligen Batterie der Royal Institution durch eine mindestens vier Zoll dicke Luftschicht ging *). Im luftleeren Recipienten strich die Elektrizität durch einen fast Zoll langen Raum, und die vereinte Wirkung der Verdünnung und Erhitzung auf die eingeschlossene Luft war so stark, dafs diese dadurch fähig ward, die Elektrizität durch einen Raum von sechs bis sieben Zoll zu leiten.

275) Die augenblickliche Ladung einer Leidner Batterie durch die Pole eines voltaschen Apparats ist ein anderer Beweis von der Spannung und auch von der Menge der von letzterem entwickelten Elektrizität. Sir H. Davy sagt **): »Wenn die beiden zu den Enden des Appa-

*) *Elements of chemical Philosophy*, p. 153.

**) Ebendasselbst p. 154.

rates führenden Leiter mit einer Leidner Batterie verbunden wurden, einer mit deren innerer, der andere mit deren äußerer Belegung, so wurde die Batterie augenblicklich geladen, und, nach Fortnahme der Drähte und Herstellung der nöthigen Verbindungen, konnte entweder ein Schlag oder ein Funke erhalten werden. Eine auch noch so kurze Berührung war hinreichend, die Ladung in ihrer ganzen Stärke zu erneuen.

276) *Voltasche Elektrizität in Bewegung. I. Wärme-Entwicklung.* Die Erregung von Wärme in Drähten und Flüssigkeiten durch den voltaschen Strom ist eine weltkundige Thatsache.

277) II. *Magnetismus.* Keine Thatsache ist den Physikern besser bekannt, als das Vermögen des voltaschen Stroms, nach *gewissen Gesetzen* die Magnetnadel abzulenken und Magnete zu machen. Keine Wirkung kann bezeichnender seyn für einen elektrischen Strom.

278) III. *Chemische Zersetzung.* Die chemische Wirksamkeit des voltaschen Stroms und deren Abhängigkeit von *gewissen Gesetzen* ist ebenfalls genugsam bekannt.

279) IV. *Physiologische Effecte.* Die Fähigkeit des voltaschen Stroms, wenn er stark ist, den ganzen thierischen Organismus zu erschüttern, und, wenn er schwach ist, auf die Zunge und die Augen zu wirken, ist sehr charakteristisch.

280) V. *Funken.* Der glänzende Lichtstern, welcher bei Entladung einer voltaschen Batterie entsteht, ist Allen als das Schönste vom künstlich zu erzeugenden Lichte bekannt.

281) Dafs diese Wirkungen sich fast unendlich abändern lassen, einige sich steigern, während andere geschwächt werden, ist allgemein anerkannt, und doch wird Keiner an der Identität der so in ihren Wirkungen ver-

schieden gemachten voltaschen Ströme zweifeln. Die schöne Erklärung dieser Variationen durch Cavendish's Theorie von Quantität und Intensität braucht gegenwärtig nicht mehr unterstützt zu werden, da sie, so weit wie bekannt, nicht in Zweifel gezogen wird.

282) Wegen der Vergleiche, die weiterhin zwischen voltasche und gemeine Elektrizität leitenden Drähten gemacht werden, und auch wegen gewisser Ansichten über den Zustand der die Pole des voltaschen Apparats verbindenden Drähte oder leitenden Substanzen sonstiger Art, wird es nöthig seyn, eine Definition zu geben von dem, was ein voltascher Strom heisst, im Gegensatze zu irgend einem anderen besonderen, nicht progressiven Zustand, welcher für den Draht oder die Elektrizität in demselben vorausgesetzt werden mag. Wenn man nach symmetrischer Aufstellung und Isolirung zweier voltaschen Tröge P , N , $P'N'$ (Fig. 1 Taf. I) die Enden der NP' durch einen Draht verbindet, über welchem eine Magnetnadel schwebt, so wird dieser Draht keine Einwirkung auf die Nadel ausüben; so wie man aber auch die Enden PN' durch einen anderen Draht in Verbindung setzt, wird die Nadel abgelenkt, und zwar so lange als der Bogen geschlossen bleibt. Bestände nun die Wirkung der Tröge blofs darin, daß sie in dem Drahte eine besondere Anordnung seiner Theilchen oder seiner Elektrizität hervorruft, und machte diese Anordnung den elektrischen oder magnetischen Zustand aus, so müßte der Draht NP' vor der Verbindung von P und N' , wie *nach* derselben in einem ähnlichen Zustand von Anordnung seyn, und auch im ersten Fall die Nadel abgelenkt haben, wiewohl weniger stark, vielleicht nur halb so weit als bei vollständiger Schließung des Bogens. Hängen aber die magnetischen Wirkungen von einem Strom ab, dann ist klar, weshalb sie in keinem Grade vor der Schließung des Bogens erzeugt werden konnten, eben weil damals noch kein Strom vorhanden war.

283) Unter *Strom* verstehe ich irgend ein Fortschreitendes, sey es nun eine elektrische Flüssigkeit, oder zwei in entgegengesetzter Richtung sich bewegende Flüssigkeiten oder bloß Vibrationen, oder, noch allgemeiner gesprochen, fortschreitende Kräfte. Mit *Anordnung* meine ich eine örtliche nicht progressive Zurechtstellung der Theilchen von Flüssigkeiten oder der Kräfte. Viele andere Gründe ließen sich zur Stütze der Ansicht von einem *Strom* gegen die von einer *Anordnung* aufstellen, allein ich vermeide ängstlich jede unnöthige Ausführlichkeit hinsichtlich dessen, was gegenwärtig von Andern ergänzt werden kann.

II. Gemeine Elektrizität.

284) Unter gemeiner Elektrizität verstehe ich diejenige, welche durch die Elektrisirmaschine, aus der Atmosphäre, durch Druck oder Spaltung von Krystallen, oder durch viele andere Operationen erhalten werden kann. Ihr Hauptcharakter ist eine große Intensität, und das Vermögen der Anziehung und Abstofsung, nicht bloß auf merkliche, sondern auf beträchtliche Entfernungen.

285) Die durch die gemeine Elektrizität bewirkten Anziehungen und Abstofsungen auf merkliche Entfernungen sind bekanntlich in einigen Fällen so stark, daß sie die ähnlichen Erscheinungen der andern Arten von Elektrizität fast unendlich übertreffen. Allein dennoch sind diese Anziehungen und Abstofsungen genau von gleicher Natur wie die bereits unter dem Abschnitt *Spannung, Voltasche Elektrizität* (268) beschriebenen; und der Unterschied zwischen ihnen, dem Grade nach, ist nicht größer als sich oft zwischen Fällen von gemeiner Elektrizität findet. Ich halte es für überflüssig, noch ausführlicher einzugehen in die Beweise für die Einerleiheit dieses Charakters der beiden Elektrizitäten.

286) Die Entladung der gemeinen Elektrizität durch erhitzte Luft ist eine wohlbekannte Thatsache. Der pa-

rallele Fall bei der voltaschen Elektricität ist bereits beschrieben worden (272).⁴

287) *Gemeine Elektricität in Bewegung*. I. *Wärmeentwicklung*. Dafs die gemeine Elektricität bei ihrem Durchgange durch Drähte oder andere Substanzen dieselben erhitzt, ist zur Genüge bekannt. Die Uebereinstimmung zwischen ihr und der voltaschen Elektricität in dieser Beziehung ist vollständig. Hr. Harris hat nach diesem Principe ein sehr schönes und empfindliches Instrument construirt *), mit welchem die Wärme, die in einem Drahte durch Entladung eines blofsen Funkens gemeiner Elektricität erzeugt wird, leicht zu zeigen ist; in einem folgenden Abschnitt dieses Aufsatzes werde ich Gelegenheit nehmen, auf dasselbe zurückzukommen (344).

288) II. *Magnetismus*. Die voltasche Elektricität besitzt sehr auferordentliche und starke magnetische Kräfte. Ist die gemeine Elektricität identisch mit ihr, so mufs sie dieselben Kräfte haben. Im Magnetisiren von Nadeln und Stäben kommt sie der voltaschen Elektricität gleich, und die *Richtung* des Magnetismus ist bei beiden dieselbe; allein beim Ablenken einer Magnetnadel hat sie sich so schwach erwiesen, dafs dies Vermögen ihr zuweilen ganz abgesprochen worden ist, und dafs man bei anderen Gelegenheiten hypothetisch Unterscheidungen gemacht hat, um die Schwierigkeit zu heben **).

289) Hr. Colladon, von Genf, meinte, der Unterschied rühre wohl daher, dafs man zu allen Versuchen über diesen Punkt unzureichende Mengen gemeiner Elektricität angewandt habe, und beschrieb in einem 1826 der Pariser Academie vorgelegten Aufsatz ***) Versuche, in

*) *Philosoph. Trans.* 1827, p. 18. — Harris, *On a New Electrometer etc. Edinburgh Transact. f.* 1831.

**) *Demonferrand's Manuel d'Electricité dynamique*, p. 121.

***) *Annal. de chim. et de phys. T. XXXIII p. 62* (diese Ann. Bd. VIII S. 336).

welchen es ihm gelang, durch Anwendung einer Batterie, einiger Spitzen und eines empfindlichen Galvanometers, Ablenkungen zu erhalten und damit die Identität in dieser Beziehung festzustellen. Hr. Arago, Ampère und Savary werden in jenem Aufsatz als Zeugen der erfolgreichen Wiederholung der Versuche aufgeführt. Indes da keine anderweitige Bestätigung dieser Effecte zum Vorschein gekommen ist, die HH. Arago, Ampère und Savary ihre Guttheilung der Resultate meines Wissens nicht selbst bekannt gemacht haben, und Andere nicht im Stande gewesen, die beschriebenen Wirkungen zu erhalten, so hat man Hrn. Colladon's Schlüsse bezweifelt und verworfen; daher war es für mich ein wichtiger Punkt, die Richtigkeit jener Resultate festzustellen oder sie ganz aus der Reihe der experimentellen Beweise fortzuschaffen. Ich bin so glücklich sagen zu können, daß meine Resultate die des Hrn. Colladon vollkommen bestätigen; und ich würde daher keine Gelegenheit nehmen sie zu beschreiben, wenn sie nicht als Beweise der Richtigkeit der endlichen und allgemeinen Schlüsse, welche ich in Bezug auf die magnetische und chemische Thätigkeit der Elektrizität zu ziehen im Stande bin (360. 366. 367. 377 u. s. w.), so wesentlich wären.

290) Die von mir angewandte Elektrisirmaschine hatte eine Scheibe von funfzig Zoll im Durchmesser und zwei Paare von Reibzeugen; ihr erster Conductor bestand aus zwei Messingcylindern, die durch einen dritten zusammenhingen; die gesammte Länge betrug zwölf Fufs, und die mit der Luft in Berührung stehende Oberfläche 1422 Quadrat Zoll. Bei guter Erregung gab Eine Umdrehung der Scheibe zehn bis zwölf Funken vom Conductor, jeden einen Zoll lang. Funken oder Blitze von zehn bis vierzehn Zoll Länge konnten mit Leichtigkeit aus dem Conductor gezogen werden. Jede Umdrehung der Scheibe erforderte bei mäßiger Anstrengung etwa vier Fünftel einer Secunde.

291) Die elektrische Batterie bestand aus funfzehn gleichen Flaschen. Sie waren vom Boden ab acht Zoll hoch belegt und maßen dreiundzwanzig Zoll im Umfange, so daß die belegte Fläche auf beiden Seiten des Glases 184 Quadratzoll betrug, aufser der an den Böden, die von dickerem Glase waren, und auf jeder Seite etwa 50 Quadratzoll betrug.

292) Es wurde eine gute Ableitung (*discharging train*) vorgerichtet, durch metallische Verknüpfung eines hinreichend dicken Drahts zuerst mit den metallenen Gasröhren des Hauses, dann den metallenen Gasröhren des öffentlichen Gaswerks von London, und endlich den metallenen Wasserröhren von London. Sie war so wirksam, daß sie Elektrizität von der schwächsten Spannung, selbst die eines einzigen voltaschen Trogs augenblicklich fortleitete; für manchen Versuch war sie wesentlich.

293) Das Galvanometer war eins oder das andere von den früher beschriebenen (87. 205 — Ann. Bd. XXV S. 122 und 165); allein die Glasglocke, welche dasselbe bedeckte und die Nadel trug, war in- und auswendig mit Zinnfolie belegt, und der obere Theil, der unbelegt blieb, damit die Nadel beobachtet werden konnte, wurde bedeckt mit einem Gehäuse von Drahtgeflechte, von dem viele scharfe Spitzen hervorragten. Wenn dieß Gehäuse und die beiden Bälge mit der entladenden Ableitung (292) verbunden waren, konnte eine mit der Maschine während ihrer größten Thätigkeit verbundene isolirte Spitze oder Kugel, jedem Theil des Galvanometers bis auf einen Zoll genähert werden, ohne die darin befindliche Nadel durch gewöhnliche elektrische Attraction oder Repulsion irgend zu afficiren.

294) Im Zusammenhange mit diesen Vorsichtsmaßregeln wird die Bemerkung nöthig seyn, daß der magnetische Zustand der Nadel des Galvanometers in Folge eines elektrischen Schlags durch das Instrument sehr leicht gestört, geschwächt und selbst umgekehrt werden kann.

Vor Allem, wenn die Nadel bei dem Durchgange des Schlags schief, in falscher Stellung gegen die Drahtwindungen steht, kann man diese Erscheinungen mit Sicherheit voraussetzen.

295) Es war die Verzögerungskraft der schlechten Leiter, mittelst der ich anfangs hoffte im Stande zu seyn, die gemeine Elektrizität mehr zur Annahme der Kennzeichen und Fähigkeiten der voltaschen Elektrizität zu veranlassen, als man ihr beizulegen pflegt.

296) Die Bedeckung und Bekleidung des Galvanometers wurde zuerst mit der entladenden Ableitung verbunden (292); das Ende *B* (87) des Galvanometers verband ich mit der äußeren Belegung der Batterie und dann diese beiden mit der entladenden Ableitung; das Ende *A* des Galvanometers wurde mittelst eines genähten Fadens von vier Fufs Länge mit einem entladenden Stab verbunden, und endlich, nachdem die Batterie durch etwa vierzig Umdrehungen der Maschine positiv geladen worden, wurde sie mittelst des Stabes und des Fadens durch den Galvanometer entladen. Augenblicklich gerieth die Nadel in Bewegung.

297) Während die Nadel ihre Schwingung in der ersten Richtung vollbrachte und zurückkehrte, wurde die Maschine gedreht, und, wenn die Nadel bei dem Schwingen ihre erste Richtung wieder annahm, wurde der Schlag abermals durch den Galvanometer geleitet. Durch wenigmalige Wiederholung wuchsen die Schwingungen bald bis zu einer Ablenkung von 40° nach jeder Seite von der Ruhelinie.

298) Diese Wirkung konnte nach Belieben hervor gebracht werden. Auch wurde sie auscheinend weder der Richtung noch dem Grade nach verändert, wenn statt des dünnen langen Fadens eine kurze dicke Schnur oder vier solcher Schnüre angewandt wurden. Mit einem empfindlicheren Galvanometer liefs sich durch Eine Entladung der Batterie eine vortreffliche Schwingung der Nadel erhalten.

299) Bei Umkehrung der Verbindungen des Galvanometers, so daß die Entladung von *B* nach *A* gehen mußte, wurde die Nadel eben so gut, jedoch in entgegengesetzter Richtung abgelenkt.

300) Die Ablenkungen hatten dieselbe Richtung wie wenn ein voltascher Strom durch den Galvanometer gegangen war, d. h. die positiv geladene Fläche der elektrischen Batterie verhielt sich wie das positive Ende des voltaschen Apparats (268) und die negative Fläche der ersten wie das negative Ende des letzteren.

301) Die Batterie wurde nun außer Gebrauch gesetzt, und die Verbindungen jetzt so geordnet, daß der Strom von dem ersten Conductor durch den gegen ihn gehaltenen Entlader, durch die feuchte Schnur und die Galvanometerwindungen in die entladende Leitung (292) gehen mußte, durch welche letztere er endlich zerstreut wurde. Dieser Strom konnte in jedem Augenblick unterbrochen werden, entweder durch Fortnahme des Entladers oder durch Stillhalten der Elektrisirmaschine, oder durch Verbindung des ersten Conductors mittelst eines anderen Entladers mit der Ableitung (292). Eben so konnte der Strom augenblicklich wieder hergestellt werden. Die Nadel war so ajustirt, daß sie, wenn sie mäsig schnell und in kleinen Bogen schwang, fünfundzwanzig Schläge einer Uhr gebrauchte, um in einer Richtung den Bogen zu durchgehen, und dieselbe Zeit erforderte sie also, um ihn in der andern Richtung zu durchlaufen.

302) Nachdem bei dieser Anordnung die Nadel zum Stillstand gekommen, wurde der Strom direct von der Elektrisirmaschine fünfundzwanzig Uhrschräge lang durch den Galvanometer geleitet, dann fünfundzwanzig Uhrschräge lang unterbrochen, wieder fünfundzwanzig Uhrschräge lang hindurchgeleitet, abermals eben so lang unterbrochen, und so fort. Die Nadel begann bald sichtbar zu schwingen, und nach mehren Abwechslungen hatten ihre Schwingungen eine GröÙe von 40° und mehr erreicht.

303)

303) Bei der Umkehrung der Richtung des durch den Galvanometer geleiteten Stroms kehrte sich auch die Ablenkung der Nadel um. Immer war die Bewegung der Nadel von gleicher Richtung mit der, welche bei Anwendung einer elektrischen Batterie oder eines voltaschen Trogapparats (300) erfolgte.

304) Ich ersetzte nun die feuchte Schnur durch einen Kupferdraht, so daß die Elektrizität der Maschine gänzlich durch eine Drahtverbindung, von der das Galvanometergewinde einen Theil ausmachte, direct in die Ableitung ging. Die Wirkungen waren jetzt genau den früheren gleich (302).

305) Statt bei Leitung der Elektrizität durch das System den Entlader mit seinem Ende in Berührung mit dem Conductor zu bringen, wie bisher, wurden jetzt an dem Entlader vier Spitzen befestigt, und diese, wenn der Strom durchgeleitet werden sollte, dem Conductor bis auf etwa 12 Zoll genähert, und dagegen fortgezogen, wenn jener unterbrochen werden sollte. Als dann, mit Ausnahme dieser Abänderung, wie zuvor verfahren wurde (302), wich die Nadel sogleich stark ab und in völliger Uebereinstimmung mit den früheren Resultaten. Spitzen waren die Mittel, durch welche Hr. Colladon immer die Entladungen vollzog.

306) Endlich leitete ich die Elektrizität durch eine ausgepumpte Glasglocke (so daß sie daselbst nordlichtartig erscheinen mußte) und dann durch den Galvanometer in die Erde. Auch jetzt noch wirkte sie ablenkend auf die Magnetnadel, und anscheinend mit gleicher Kraft wie zuvor.

307) Aus allen diesen Versuchen erhellt, daß ein Strom gemeiner Elektrizität die Magnetnadel in gleichem Maasse ablenkt, er mag nun durch Wasser oder Draht, oder verdünnte Luft, oder mittelst Spitzen durch gewöhnliche Luft gegangen seyn. Das einzige Erforderniß ist, wie es scheint, ihm Zeit zu der Wirkung zu lassen. Er

verhält sich also gerade eben so magnetisch als ein voltascher Strom und ist in dieser Eigenschaft nicht von ihm unterschieden.

308) Unvollkommene Leiter, wie Wasser, Salzlösung u. s. w., sind weit geeigneter zur Darlegung dieser Erscheinungen als andere Arten der Entladung, z. B. durch Spitzen und Knöpfe. Denn die erstere Entladungsart verwandelt den Schlag einer kräftigen Batterie in einen schwachen Funken oder vielmehr einen continuirlichen Strom, und man läuft dabei wenig oder gar keine Gefahr, den Magnetismus der Nadel zu stören (294).

309) III. *Chemische Zersetzung.* Die chemische Wirkung der voltaschen Elektricität ist charakteristisch für dieses Agens, doch nicht charakteristischer als es die Gesetze sind, nach welchen sich diese durch die Zersetzung frei gewordenen Stoffe an den Polen ordnen. Wollaston *) zeigte, daß die gemeine Elektricität in diesen Wirkungen Aehnlichkeit mit ihr habe, und »daß beide wesentlich einerlei seyen;« allein er mischte unter seine Beweise einen Versuch, welcher nur Aehnlichkeit und nichts mehr als Aehnlichkeit mit einer voltaschen Zersetzung hatte. Wiewohl er selbst dies zum Theil einsah, so ist doch dieser eine Versuch mehr als die vielen anderen und entscheidenden Versuche, welche er beschreibt, angeführt worden, von Einigen, um das Daseyn einer elektro-chemischen Zersetzung, wie die durch die Säule, zu beweisen, von Anderen aber, um den ganzen Aufsatz verdächtig zu machen.

310) Ich nehme mir die Freiheit meine Resultate hier kurz zu beschreiben, und dadurch dem Zeugnisse Wollaston's über die Einerleiheit der voltaschen und gemeinen Elektricität, was die chemische Action betrifft, das meinige hinzuzufügen, nicht blofs um die Wiederholung der Versuche zu erleichtern, sondern auch um ei-

*) *Phil. Transact.* 1801, p. 427, 434 (Gilbert's *Annal.* Bd. XI S. 104).

nige neue Folgerungen in Betreff der elektro-chemischen Zersetzungen aufzustellen (376. 377).

311) Zunächst wiederholte ich Wollaston's vierten Versuch *), bei welchem die Enden besponnener Silberdrähte in einen Tropfen von Kupfervitriol-Lösung getaucht wurden. Als Maschinen-Elektricität durch diese Vorrichtung geleitet wurde, bekleidete sich in dem Tropfen das Ende, welches die Elektricität bekam, mit metallischem Kupfer. Hundert Umdrehungen der Maschine erzeugten eine sichtbare Wirkung, zweihundert eine noch stärkere. Die zersetzende Wirkung war indess schwach. Sehr wenig Kupfer wurde gefällt, und am andern Pol keine merkliche Spur von Silber gelöst.

212) Eine viel zweckmäßigere und wirksamere Vorrichtung zu chemischen Zersetzungen durch gemeine Elektricität ist folgende. Auf eine Glasplatte (Fig. 2 Taf. I), welche auf weißes Papier gelegt ist, doch darüber erhoben, damit keine Schatten stören, bringe man zwei Stücke Zinnfolie *a*, *b*, verbinde das eine durch einen isolirten Draht *c* oder durch Draht und Schnur (301) mit der Elektrisirmaschine, und das andere durch *g* mit der Ableitung (292) oder dem negativen Conductor; ferner verschaffe man sich zwei Stücke dünnen Platindraths, gebogen wie Fig. 3 Taf. I, so daß der Theil *df* beinahe aufrecht steht, während das Ganze auf den drei Stützpunkten *p*, *e*, *f* ruht, und lege sie wie in Fig. 2, wodurch die Spitzen *p*, *n* die zerlegenden Pole werden. Auf diese Weise erhält man Berührungsflächen so klein wie man will, die Verbindung kann in einem Augenblick unterbrochen und wieder hergestellt werden, und die unter der Einwirkung stehenden Substanzen lassen sich mit größter Leichtigkeit untersuchen.

313) Auf dem Glase wurde ein dicker Strich mit einer Lösung von schwefelsaurem Kupfer gezogen und

*) *Philosoph. Transact. f.* 1801, p. 427, 434 (Gilbert's Annal Bd. XI S. 108).

die Enden p und n in denselben gesteckt; die Folie a wurde mit dem positiven Conductor der Elektrisirmaschine verbunden, und zwar, damit keine Funken überschlugen, durch einen Draht und eine feuchte Schnur. Zwanzig Umdrehungen der Maschine veranlafsten eine Fällung von so viel Kupfer auf das Drahtende p , dafs es wie ein Kupferdraht aussah; bei n trat keine sichtbare Aenderung ein.

314) Eine Mischung von Salzsäure und Wasser zu gleichen Theilen wurde durch schwefelsauren Indigo tief blau gefärbt, und ein großer Tropfen davon auf das Glas Fig. 2 gebracht, so dafs p und n an den entgegengesetzten Enden eintauchten. Eine einzige Umdrehung der Maschine zeigte rings um p eine Bleichung, in Folge entwickelten Chlors. Nach zwanzig Umdrehungen war keine Wirkung der Art bei n sichtbar; allein bei p war so viel Chlor entbunden, dafs beim Umrühren des Tropfens das Ganze farblos wurde.

315) Ein Tropfen Jodkalium-Lösung, gemengt mit Stärke wurde in dieselbe Lage bei p und n gebracht. Beim Drehen der Maschine wurde bei p Jod entwickelt, bei n aber nicht.

316) Eine fernere Verbesserung dieses Apparats besteht darin, dafs man mit der zu untersuchenden Lösung ein Stückchen Fließpapier benetzt, und dies auf das Glas, unter die Spitzen p und n bringt. Das Papier hält die an diesen Spitzen entwickelte Substanz zurück und macht durch seine Weiße jede Farbenveränderung sichtbar, erlaubt auch die Berührungspunkte zwischen ihm und den Drähten bis auf's Aeufserste einander zu nähern. Ein Stückchen Papier, befeuchtet mit einer Lösung von Stärkmehl und Jodkalium oder auch von Jodkalium allein, ist, bei gewissen Vorsichtsmafsregeln (322) das bewundernswürdigste Prüfmittel für elektro-chemische Actionen; auf angegebene Art angewandt, wird schon durch eine halbe Umdrehung der Maschine Jod auf ihm bei p ent-

wickelt. Mit Hülfe dieser Vorrichtungen und des Gebrauchs von Jodkalium-Papier ist die chemische Action zuweilen eine empfindlichere Probe für elektrische Ströme als der Galvanometer (273). Solche Fälle treten ein, wenn die von dem Strom durchlaufenen Stoffe schlechte Leiter sind, oder wenn die in einer gegebenen Zeit entwickelte oder durchgelassene Menge von Elektrizität sehr klein ist.

317) Ein Stück Lackmuspapier, befeuchtet mit einer Lösung von Kochsalz oder Glaubersalz wurde schnell bei p geröthet. Ein anderes, mit Salzsäure benäfftes Stück ward schnell bei p gebleicht. Keine dieser Wirkungen zeigte sich bei n .

318) Ein Stück Curcumäpapier, befeuchtet mit einer Lösung von Glaubersalz, wurde nach zwei bis drei Umdrehungen der Maschine bei n geröthet, und nach zwanzig bis dreissig Umdrehungen war daselbst reichlich Alkali entwickelt. Als das Papier herumgeschoben wurde, so dafs der Fleck unter p zu stehen kam, verschwand, bei Drehung der Maschine, das Alkali bald und der Fleck wurde gelb; dagegen erschien unter n ein neuer brauner alkalischer Fleck.

319) Als ein Stück Lackmuspapier und ein Stück Curcumäpapier, beide mit Glaubersalz-Lösung befeuchtet, combinirt so auf das Glas gelegt wurden, dafs das erstere sich bei p und das letztere sich bei n befand, reichten wenige Umdrehungen der Maschine hin, an jenem die Entwicklung von Säure, an diesem die Entwicklung von Alkali zu zeigen, genau wie bei der Wirkungsweise eines volta-elektrischen Stroms.

320) Alle diese Zersetzungen fanden gleich gut statt, die Elektrizität mochte aus der Maschine durch Wasser oder blofs durch Draht, mittelst *Berührung* des Conductors oder mittelst *Funken* daselbst, in die Folie a übergehen, vorausgesetzt nur, dafs im letzteren Fall die Funken nicht so gros waren, um auch zwischen p und

n oder gegen n Funken zu erzeugen. Ich habe keinen Grund zu glauben, daß die Maschinen-Elektricität, wenn sie aus dem Conductor oder an irgend einer anderen Stelle ihrer Bahn in Funken überspringt, wegen ihrer Spannung mehr an wahrer elektro-chemischer Zersetzung leiste, als im Fall sie bloß in einem regelmässigen Strom übergeht.

321) Endlich wurde der Versuch zu folgender Form ausgedehnt, wobei er die vollkommenste Analogie zwischen der gemeinen und voltaschen Elektricität lieferte. Drei aus Lackmus- und Curcumäpapier zusammengesetzte und mit Glaubersalz-Lösung befeuchtete Stücke wurden auf einer Glasplatte in der in Fig. 4 abgebildeten Weise mit Platindrähten verbunden. Der Draht m führte zum ersten Conductor der Elektrisirmaschine, der Draht t zu der Ableitung, und die Drähte r und s schlossen mittelst der befeuchteten Papierstücke den elektrischen Bogen; letztere Drähte waren so gebogen, daß jeder in den Punkten $n r p$, $n s p$ ruhte, mit r und s auf dem Glase, mit den anderen auf den Papierstücken. Die drei Spitzen $p p p$ ruhten auf Lackmuspapier, die drei anderen n, n, n auf Curcumäpapier. Als die Maschine nur kurze Zeit gedreht ward, entwickelte sich Säure an *allen* Polen oder Enden $p p p$, an welchen die Elektricität in die Lösung trat, und Alkali an den anderen Polen $n n n$, an welchen sie austrat.

322) Bei allen Versuchen zu elektro-chemischen Zersetzungen mittelst Maschinen-Elektricität und befeuchteter Papiere (316) ist es wesentlich, die folgende Fehlerquelle zu beachten und zu vermeiden. Springt ein Funke über befeuchtetes Lackmus- und Curcumäpapier, so wird dadurch das erstere (falls es empfindlich und nicht zu alkalisch ist) geröthet, und, wenn mehre Funken überspringen, in hohem Grade. Springt die Elektricität ein wenig vom Drahte ab über die Oberfläche des feuchten Papiers hin, ehe sie Masse und Feuchtigkeit

genug findet, um geleitet zu werden, so erstreckt sich die Röthung so weit als die Ramification. Stellen sich ähnliche Verästelungen am Ende n , beim Curkumäpapiere ein, so *verhindern* sie das Auftreten des rothen Flecks von dem sonst daselbst frei werdenden Alkali. Funken oder Verästelungen aus den Spitzen n röthen ebenfalls das Lackmuspapier. Wird ein mit Jodkalium-Lösung befeuchtetes Papier (welches ein bewundernswerthes Prüfmittel für elektro-chemische Action ist) den Funken oder Verästelungen, oder selbst einem schwachen, durch die Luft, entweder von p oder von n ausfahrenden elektrischen Strome ausgesetzt, so wird sogleich Jod entwickelt.

323) Diese Wirkungen müssen nicht mit denen wahrer elektro-chemischer Kräfte der gemeinen Elektrizität verwechselt, vielmehr sorgfältig vermieden werden, wenn man letztere beobachten will. Daher darf man an keiner Stelle der Bahn des Stroms Funken überspringen, oder die Elektrizität so intensiv werden lassen, daß dieselbe dadurch veranlaßt werden könnte, zwischen den Drähten und den angefeuchteten Papieren anders als durch Leitung überzugehen; denn springt sie durch die Luft über, so erfolgt die vorhin beschriebene Wirkung.

324) Diese Wirkung rührt von der Bildung von Salpetersäure aus dem Sauerstoff und dem Stickstoff der Luft her, und ist in der That nur eine feine Wiederholung von Cavendish's schönem Versuch. Die dadurch gebildete Säure ist, wiewohl an Menge gering, von grosser Concentration, und erzeugt die erwähnten Wirkungen: das Röthen des Lackmuspapiers, das gehinderte Auftreten des Alkali's am Curkumäpapier, das Freiwerden von Jod aus dem Jodkalium.

325) Als ich einen sehr kleinen Streifen Lackmuspapier mit einer Lösung von Aetzkali befeuchtete, und über ihn, seiner Länge nach, elektrische Funken durch die Luft überschlagen liefs, wurde das Alkali neutralisirt, und zuletzt das Papier geröthet. Als ich diefs trocknete,

fand sich, daß salpetersaures Kali durch die Operation gebildet, und das Papier in Zündpapier umgewandelt worden war.

326) Lackmuspapier sowohl als weißes mit Jodkalium-Lösung getränktes Papier liefert daher ein sehr einfaches, schönes und leichtes Mittel, Cavendish's Versuch über die Bildung der Salpetersäure aus der Atmosphäre zu wiederholen.

327) Bereits habe ich Gelegenheit gehabt (265. 309) eines Versuches von Wollaston zu erwähnen, auf welchen zu viel gegeben worden ist, sowohl von Denen, welche die Richtigkeit seiner Ansichten über die Einerleiheit der voltaschen und gemeinen Elektrizität bestritten, als von Denen, welche ihr beipflichteten. Mittelst Ueberziehung von Drähten mit Glas oder einer anderen isolirenden Substanz bis zu dem Grade, daß nur die Spitzen oder ein Querschnitt der Drähte entblößt blieb, und mittelst Hindurchleitung von Elektrizität durch zwei solcher Drähte, deren entblößte Endspitzen in Wasser getaucht worden waren, fand Wollaston, daß Wasser zersetzt werden konnte durch den bloßen Strom aus der Maschine, ohne Funken, und daß von den Spitzen zwei Gasströme aufstiegen, im Ansehen denen von der voltaschen Elektrizität erzeugten ganz ähnlich, und wie diese eine Mischung von Sauerstoff- und Wasserstoffgas liefernd. Indefs sagt Wollaston selbst, daß der Vorgang in sofern von dem bei der voltaschen Säule verschieden sey, als hier Sauerstoff und Wasserstoff an *jedem* der Pole entwickelt werden; er nennt ihn »eine sehr angenäherte Nachahmung der galvanischen Phänomene,« setzt aber hinzu, daß »in der That die Aehnlichkeit nicht vollständig sey,« und wagt nicht, die übrigens in seinem Aufsatz richtig niedergelegten Grundsätze auf ihn zu errichten.

328) Dieser Versuch ist nichts mehr noch weniger als eine Wiederholung in verfeinerter Weise von dem

im J. 1797 von Pearson *), und im J. 1789, oder früher von Paets van Troostwyk und Deiman angestellten. Dafs der Versuch niemals als Beweis einer wahren elektro-chemischen Zersetzung angeführt worden ist, erklärt sich hinreichend aus dem Umstande, dafs das Gesetz, welches die Ueberführung und endliche Stellung der entbundenen Stoffe bedingt (278. 309), hier keinen Einflufs hat. Das Wasser wird an beiden Polen unabhängig von einander zersetzt, und das an den Dräbten entwickelte Sauerstoff⁴ und Wasserstoffgas sind die Elemente des den Augenblick zuvor an diesen Stellen befindlichen Wassers. Dafs die Pole oder vielmehr Spitzen für die Zersetzung in keiner Abhängigkeit zu einander stehen, läfst sich erweisen, wenn man eine derselben durch einen Draht oder Finger ersetzt, denn diese Veränderung stört die Wirkung der beibehaltenen Spitze nicht im geringsten, wiewohl an dem Draht oder Finger alle Wirkung ausbleibt. Diese Thatsache läfst sich beobachten, wenn man die Maschine einige Zeit dreht; denn wiewohl an der beibehaltenen Spitze Gasblasen in solcher Menge aufsteigen, dafs sie den für die andere Communication gebrauchten Draht ganz bedecken könnten, wenn sie sich an ihn legen würden, so steigt doch an diesem Draht nicht eine einzige Blase in die Höhe.

329) Mit vielem Grund ist zu glauben, dafs die Menge des bei elektro-chemischer Zersetzung zerlegten Stoffes proportional sey nicht der Intensität, sondern der Quantität der durchgegangenen Elektrizität (320). Ich werde hierüber in einem späteren Theil dieses Aufsatzes (375. 377) einige Beweise geben. Allein bei dem eben betrachteten Versuch ist diefs nicht der Fall. Wenn, bei einem unveränderten Spitzenpaar, die Elektrizität in Funken aus der Maschine springt, wird eine gewisse Menge Gas entwickelt; macht man die Funken kürzer, so entwickelt sich weniger Gas, und verschwinden die

*) Nicholson's Journal, 4to, Vol. I p. 241, 299, 349.

Funken ganz, so wird kaum eine merkliche Menge Gas in Freiheit gesetzt. Nimmt man statt des Wassers eine Glaubersalz-Lösung, so wird mit kräftigen Funken kaum eine merkliche Gasmenge entwickelt, und mit einem bloßen Strom fast gar nichts; und doch war die in einer gegebenen Zeit entwickelte Menge von Elektrizität in allen diesen Fällen gleich.

330) Ich will nicht läugnen, daß nicht gemeine Elektrizität mit einem solchen Apparat Wasser in analoger Weise wie die voltasche Säule zersetzen könne; ich glaube vielmehr, gegenwärtig, daß es der Fall sey. Allein, wenn nur die, meiner Meinung nach, wahre elektro-chemische Zersetzung auftrat, war die entwickelte Gasmenge so klein, daß ich nicht ermitteln konnte, ob, was ich suchte, Sauerstoff bloß an einem und Wasserstoff an dem andern Draht entwickelt wurde. Von den beiden Gasströmen schien der eine bedeutender als der andere, und wenn ich den Apparat umdrehte, gab noch dieselbe Seite in Bezug auf die Elektrisirmaschine den größten Strom. Nahm ich Glaubersalz-Lösung statt des reinen Wassers (329), waren diese kleinen Ströme noch zu beobachten. Allein die Quantitäten waren so gering, daß ich nach einem halbstündigen Drehen der Maschine an keinem der Pole eine Gasblase größer als ein Sandkörnchen erhalten konnte. Ist der Schluss, welchen ich hinsichtlich des Betrags der chemischen Action gegeben habe (377) richtig, so muß dies auch so seyn.

331) Ich bin um so eifriger bemüht gewesen, den wahren Werth dieses Versuchs als eines Beweises für elektro-chemische Action festzustellen, weil ich Gelegenheit haben werde, mich in allen Fällen einer angeblichen chemischen Action durch magneto-elektrische und andere elektrische Ströme (336. 346) darauf zu berufen. Allein, unabhängig davon, kann es nicht bezweifelt werden, daß Wollaston in seiner allgemeinen Folgerung Recht hat, daß voltasche und gemeine Elektrizität che-

mische Zersetzungskräfte von gleicher Natur und unter gleichem Anordnungsgesetze stehend besitzen.

332) IV. *Physiologische Effecte.* — Das Vermögen des gemeinen elektrischen Stroms den thierischen Organismus zu erschüttern und in Zuckungen zu versetzen, und, wenn er schwächer ist, auf die Zunge und die Augen zu wirken, kann als gleich betrachtet werden mit der ähnlichen Kraft der Voltaschen Elektricität, wenn man die Intensität der einen und die Dauer der anderen Elektricität berücksichtigt. Bringt man eine feuchte Schnur in die Bahn des Stroms aus einer Leidner Batterie (291), welche durch acht bis zehn Umdrehungen einer wirksamen Elektrisirmaschine (290) geladen ist, und vollzieht die Entladung mittelst Platinspatel durch die Zunge oder das Zahnfleisch, so sind die Wirkungen auf die Zunge und die Augen genau denen eines schwachen voltaschen Apparates gleich.

333. V. *Funken.* — Der schöne Funken bei Entladung gemeiner Elektricität ist wohl bekannt. Er wetteifert an Glanz mit dem bei der Entladung voltascher Elektricität, wenn er ihn nicht gar übertrifft; allein er dauert nur einen Augenblick und ist von einem scharfen Geräusch, ähnlich dem einer kleinen Explosion, begleitet. Doch kann es, besonders unter gewissen Umständen, keine Schwierigkeit haben, einzusehen, dafs es derselbe Funke sey, wie der von der voltaschen Batterie. Das Auge kann keinen Unterschied zwischen dem voltaschen und dem gemeinen elektrischen Funken wahrnehmen, wenn man sie blofs in Intervallen zwischen amalgamirten Metallflächen und durch eine gleiche Luftstrecke überspringen läfst.

334) Wurde die Batterie (291) durch eine feuchte Schnur entladen, die entfernt von der Stelle, wo der Funke überspringen mußte, einen Theil des Bogens ausmachte, so war der Funke gelblich, flammend und von längerer Dauer als im Fall das Wasser nicht eingeschaltet worden; dabei hatte er eine Länge von drei Viertel-

zoll, wenig oder kein Geräusch zu seiner Begleitung, und, während er einen Theil seines gewöhnlichen Charakters verloren, mehr Aehnlichkeit mit dem voltaschen Funken. Wurde die Elektrizität durch Wasser verzögert und zwischen Kohlenstücken entladen, so war der Funke außerordentlich leuchtend auf beiden Kohlenflächen, und ähnelte in Helligkeit dem voltaschen Funken an solchen Oberflächen. Wurde die Elektrizität unverzögert durch Kohle entladen, so war der Funke hell auf beiden Kohlenflächen und darin dem voltaschen Funken ähnlich; allein begleitet von einem scharfen, lauten und gällenden Geräusch.

335) Ich habe, ich glaube übereinstimmend mit der Meinung aller Physiker, angenommen, daß die atmosphärische Elektrizität von gleicher Natur sey wie die gemeine Elektrizität (284), und könnte mich daher auf gewisse publicirte Angaben von chemischen Wirkungen der ersteren berufen, als Beweis, daß die letztere wirklich die Zersetzungskraft mit der voltaschen Elektrizität gemein habe. Allein der Vergleich, mit dem ich beschäftigt bin, ist zu streng, als daß ich mir erlauben könnte, Angaben zu benutzen, ohne von deren vollen Richtigkeit versichert zu seyn. Andererseits habe ich kein Recht sie zu ignoriren, weil sie, wenn sie richtig sind, das beweisen, was ich auf einer unzweifelhaften Grundlage beweisen will, sie also die Priorität von meinen Versuchen voraus hätten.

336) Hr. Bonijol in Genf *) soll einen sehr empfindlichen Apparat zur Zersetzung des Wassers durch gemeine Elektrizität construirt haben. Durch Verbindung eines isolirten Blitzableiters mit diesem Apparat geschah die Zersetzung des Wassers in einer unausgesetzten und raschen Weise, selbst wenn die atmosphärische Elektrizität nicht sehr kräftig war. Der Apparat ist nicht beschrieben; doch, da gesagt wird, der Draht sey sehr dünn,

*) *Biblioth. universelle*, 1830, T. XLV p. 213.

so scheint er mir von ähnlicher Construction gewesen zu seyn als der von Wollaston (327), und da dieser keinen Fall von wahrer polarer elektro-chemischer Zersetzung liefert (328), so scheint mir dieß Resultat des Hrn. Bonijol die Identität der gemeinen und voltaschen Elektricität, in Bezug auf chemische Action, nicht zu beweisen.

337) Auf demselben Blatte wird in der *Bibliothèque universelle* gesagt, Hr. Bonijol habe *Kali* und auch *Chlorsilber* zersetzt, indem er diese Körper in sehr enge Röhren brachte und elektrische Funken aus einer gewöhnlichen Elektrisirmaschine über sie springen liefs. Es ist klar, daß diese Erscheinungen keine Aehnlichkeit haben mit den Fällen einer wahrhaften voltaschen Zersetzung, wo die Elektricität nur zersetzt, wenn sie von dem ihrer Einwirkung ausgesetzten Körper *geleitet* wird, und aufhört nach ihren gewöhnlichen Gesetzen zu zerlegen, sobald sie in Funken überspringt. Diese Erscheinungen sind wahrscheinlich denen, welche in Pearson's und Wollaston's Apparat mit Wasser stattfanden, theilweis analog, und können durch Einwirkung einer sehr hohen Temperatur auf kleine Mengen der Substanz entstanden seyn, oder auch den Resultaten in Luft (322) zur Seite gestellt werden. Da Stickstoff sich unter dem Einfluß des elektrischen Funkens direct mit Sauerstoff verbinden kann (324), so wäre es nicht unmöglich, daß derselbe sogar einem Theil des Kali's Sauerstoff entzogen hätte, zumal reichlich Kali zugegen war, um sich mit der gebildeten Salpetersäure zu verbinden. Wie verschieden alle diese Vorgänge auch von wahrhafter polarer elektro-chemischer Zersetzung seyn mögen, so sind sie doch sehr wichtig und wohl untersuchenswerth.

338) Der verstorbene Hr. Barry hat im verwichenen Jahr der K. Gesellschaft einen Aufsatz mitgetheilt *), der in dem Detail so deutlich ist, daß es scheinen

*) *Phil. Trans.* 1831, p. 165 (Ann. Bd. XXVII S. 478).

könnte, als sey dadurch auf einmal die Identität der gemeinen und voltaschen Elektricität, in Bezug auf chemische Action, erwiesen; untersucht man ihn aber näher, so zeigen sich bedeutende Schwierigkeiten, gewisse Effecte mit anderen zu vereinbaren. Er gebrauchte zwei Röhren mit einem an ihrem Ende eingeschmolzenen Draht, wie man sie zu voltaschen Zersetzungen anwendet. Die Röhren waren mit einer durch Veilchensyrup gefärbten Glaubersalz-Lösung gefüllt, und, auf gewöhnliche Weise, durch eine Portion derselben Lösung mit einander verbunden. Der Draht in der einen Röhre war durch einen unechten Golddraht mit der isolirten Schnur eines elektrischen Drachens verbunden, der Draht in der andern Röhre durch einen ähnlichen Draht mit dem Boden. Alsbald erschien Wasserstoff in der mit dem Drachen verbundenen Röhre, und Sauerstoff in der andern, in zehn Minuten war die Lösung in der ersten Röhre durch entbundenes Alkali grün, und die in der anderen Röhre durch frei gewordene Säure roth. Die einzige Angabe von der Stärke der atmosphärischen Elektricität liefert die Aeufserung: »Beim Anfassen der Schnur wurden die gewöhnlichen elektrischen Schläge gefühlt.«

339) Dafs die Elektricität in diesem Falle nicht der aus einer gewöhnlichen Quelle gemeiner Elektricität ähnele, zeigen mehre Umstände. Wollaston konnte bei Anwendung gemeiner Elektricität mit einer solchen Vorrichtung kein Wasser zerlegen und die Gase in *getrennten* Gefäßen erhalten; noch hat irgend einer der vielen Physiker, welche einen solchen Apparat anwandten, Wasser oder ein neutrales Salz mittelst der Elektrisirmaschine in solcher Weise zersetzen können. Neulich habe ich den Versuch mit einer großen sehr wirksamen Elektrisirmaschine (290) wiederholt; allein wiewohl er eine Viertelstunde lang fortgesetzt und die Maschine währenddessen siebenhundert Mal umgedreht ward, so zeigten sich doch keine sichtbaren Wirkungen. Dennoch mußten die Schläge,

welche die Maschine gegeben haben würde, weit kräftiger und zahlreicher seyn als die, welche man, mit nur einiger Vorsichtigkeit, der Schnur eines elektrischen Drachens entlocken darf. Aus dem Vergleich, welchen ich später (371) anstellen werde, wird man ersehen, dafs, wenn gemeine Elektrizität die Wirkung hervorgebracht hätte, ihre Quantität erschrecklich gros gewesen seyn müfste, und anscheinend weit gröfser als die, welche durch einen Golddraht in den Boden geleitet werden, und zugleich die »gewöhnlichen Schläge« geben konnte.

340) Dafs die Elektrizität anscheinend nicht der voltaschen Elektrizität gleich war, erhellt daraus, dafs nur die »gewöhnlichen Schläge« erzeugt wurden, und nicht die entsetzliche Empfindung, welche die voltasche Säule hervorbringt, selbst wenn sie eine so schwache Spannung hat, dafs sie nicht durch eine Luftschicht von der Dicke eines Achtelzolls überschlägt.

341) Möglicherweise konnte die Luft, welche den Drachen und seine Schnur umgab, wiewohl sie sich nur in dem elektrischen Zustand befand, um blofs die »gewöhnlichen Schläge« hervorzubringen, doch, nachdem die Elektrizität ausgezogen worden, ihre Ladung erneuen und so den Strom unterhalten. Die Schnur war 1500 Fufs lang und enthielt zwei Doppeldrähte. Wenn man bedenkt, welche ungeheure Menge (von Elektrizität) dadurch gesammelt worden seyn mußte (371. 376), so wird die Erklärung sehr zweifelhaft. Ich lud eine voltasche Batterie von zwanzig Plattenpaaren (jede Platte von 4 Quadratzoll und die Kupferplatten doppelt) sehr stark, isolirte sie, verband ihr positives Ende mit dem Ableiter (292) und ihren negativen Pol mit einem dem Barry'schen ähnlichen Apparat, der durch einen drei Zoll tief in den Boden gesteckten Draht mit diesem in Verbindung stand. So vorgerichtet bewirkte diese Batterie nur schwache Zersetzungen, so weit ich beurtheilen konnte, im Vergleich mit der von Hrn. Barry gegebenen Be-

schreibung. Ihre Intensität war demnach weit geringer als die der Elektrizität der Drachenschnur; und sie gab also auch keine Schläge, die mit den »gewöhnlichen Schlägen« einer Drachenschnur zu vergleichen gewesen wären.

342) Hrn. Barry's Versuch ist sehr wichtig und wiederholenswerth. Bestätigt er sich, so liefert er meines Wissens den ersten berichteten Fall einer wahren elektro-chemischen Zersetzung des Wassers durch gemeine Elektrizität, und lehrt eine Form des elektrischen Stromes kennen, welche, sowohl in Quantität als Intensität, zwischen dem Strom der Elektrisirmaschine und dem der voltaschen Säule genau in der Mitte steht.

(Schluss im nächsten Hefte.)

V. *Bemerkungen über einen von Hrn. Potter
angestellten Interferenzversuch;*
von G. B. Airy.

Phil. Magaz. Ser. III Vol. II p. 161. — Ein Brief an die Herausgeber dieser Zeitschrift.)

Im letzten Hefte Ihrer Zeitschrift befindet sich ein Aufsatz von Hrn. Potter über gewisse Interferenzphänomene, welche derselbe nach der Undulationstheorie für unerklärbar hält. In der That sind aber diese Phänomene gerade eine Bestätigung der Wahrheit dieser Theorie; und ich würde Sie daher nicht mit diesen Bemerkungen belästigt haben, wenn ich nicht fühlte, daß das Publicum viel Interesse daran nehmen müßte, Versuche und Berechnungen, wie die erwähnten, deutlich und richtig ausgelegt zu sehen.

In Hrn. Potter's Versuch gelangen zwei Lichtbündel, die aus einer gemeinschaftlichen Quelle entspringen, dadurch zur Interferenz, daß sie auf zwei Planspiegel fal-

ANNALEN DER PHYSIK UND CHEMIE.

JAHRGANG 1833, ELFTES STÜCK.

I. *Dritte Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektrizität;
von Herrn Michael Faraday.*

(Schluss.)

III. Magneto-Elektricität.

343) *Spannung.* — Die Anziehungen und Abstossungen vermöge elektrischer Spannung sind an der durch magneto-elektrische Vertheilung erregten Elektrizität genügend beobachtet worden. Hr. Pixii hat, mittelst seines, in der Construction eben so niedlichen, als in der Wirkung kräftigen Apparats *), die Goldblättchen eines Elektrometers zu starker Divergenz gebracht **).

344) *In Bewegung: I. Wärmeentwicklung.* — Der durch magneto-elektrische Vertheilung erregte Strom kann, wie die gewöhnliche Elektrizität, einen Draht erhitzen. Bei der Versammlung britischer Naturforscher zu Oxford, im Juni 1832, habe ich das Vergnügen gehabt, gemeinschaftlich mit den HH. Harris, Daniell, Duncan und

*) *Annal. de chim. et de phys. T. L p. 332* (Annal. Bd. XXVII S. 390).

***) *Annal. de chim. et de phys. T. LI p. 77* (Annal. Bd. XXVII S. 398).

Anderen, einen Versuch anzustellen, zu welchem der große Magnet in dem dortigen Museum, Hrn. Harris's neues Elektrometer (287) und das in meinem ersten Aufsatz (34) beschriebene magneto-elektrische Drahtgewinde in Anwendung gesetzt ward. Das letztere war so abgeändert, wie ich es anderswo beschrieben habe *), um bei Unterbrechung der Berührung mit dem Magnet einen elektrischen Funken zu erhalten. Die Enden des Drahtgewindes, die so gestellt waren, daß ihre gegenseitige Berührung unterbrochen ward, wenn der Funken überschlug, standen mit dem Elektrometer in Verbindung, und es fand sich, daß bei jedesmaliger Vollziehung oder Unterbrechung des magnetischen Contact eine Ausdehnung der Luft in dem Instrumente stattfand, zum Beweise, daß gleichzeitig die Temperatur des Drahts erhöht worden war.

345) II. *Magnetismus*. — Es war ihre magnetische Kraft, durch welche diese Ströme entdeckt wurden.

346) III. *Chemische Zersetzung*. — Mehrmals habe ich mich bemüht, chemische Zersetzungen durch die Magneto-Elektricität hervorzubringen, allein ohne Erfolg. Im Juli 1832 bekam ich einen anonymen Brief, der seitdem bekannt gemacht ist **), mit der Beschreibung eines magneto-elektrischen Apparats, durch welchen Wasser zersetzt seyn sollte. Da darin der Ausdruck »bewaffnete Spitzen« gebraucht war, so schloß ich, der Apparat sey dem Wollaston'schen ähnlich (327 u. ff.), und in diesem Falle würden die Resultate keine polare elektro-chemische Zersetzung angezeigt haben. Neuerlich hat Herr Botto gewisse von ihm erhaltene Resultate bekannt gemacht ***), aus denen sich aber, wie sie beschrieben

*) *Phil. Mag. and Annals*, 1832, *Vol. XI* p. 405 (Ann. Bd. XXV S. 187).

***) *Lond. et Edinb. Phil. Mag.* 1832, *Vol. I* p. 161 (Annalen, Bd. XXVII S. 391).

***) Ebendasselbst, *Vol. I* p. 441 (Ann. Bd. XXVII S. 392).

sind, keine Folgerung ziehen läßt. Der von ihm angewandte Apparat war, so scheint es, dem Wollaston'schen ähnlich, der nur trügerische Resultate liefert (327 u. ff.). Da die Magneto-Elektricität Funken giebt, so lassen sich die Wirkungen eines solchen Apparats vorhersehen. Der bereits (343) erwähnte Apparat des Hrn. Pixii hat jedoch in dessen *) und Hrn. Hachette's **) Händen entscheidende Resultate geliefert, so daß demnach nun auch dieses Glied in der Kette der Beweise nicht mehr fehlt. Man hat Wasser durch diesen Apparat zersetzt, und zwar so, daß Sauerstoff- und Wasserstoffgas in getrennten Röhren erschienen, gemäß dem Gesetze, welches die volta-elektrischen und maschinen-elektrischen Zersetzungen bedingt.

347) IV. *Physiologische Wirkungen.* — Schon bei den ersten Versuchen mit diesen Strömen wurde ein Frosch in Zuckungen versetzt (56). Die Empfindung auf der Zunge und vor den Augen, welche ich anfänglich nur in schwachem Grade erhielt (56), sind seitdem mit kräftigeren Apparaten so verstärkt worden, daß sie sogar unangenehm wurden.

348) V. *Funken.* — Der schwache Funken, welchen ich anfänglich mit diesen Strömen bekam (32), ist späterhin von den HH. Antinori und Nobili auf so mannigfaltige Weise und stark erhalten worden, daß kein Zweifel an der Einerleiheit dieses und des gemeinen elektrischen Funkens übrig bleiben kann.

IV. Thermo-Elektricität.

349) Was die Thermo-Elektricität, jene schöne von Seebeck entdeckte Form der Elektricität betrifft, so sind die Umstände, unter welchen sie erregt wird, von der Art,

*) *Ann. de chim. et de phys. T. LI p. 77* (Annalen, Bd. XXVII S. 398).

**) *Ebendasselbst, p. 72* (Annal. Bd. XXVII S. 392).

dafs sich nicht erwarten läfst, sie gleich der gemeinen Elektrizität auf einen hohen Grad von Spannung gebracht zu sehen. Man darf also auch nicht die von der Spannung bedingt werdenden Erscheinungen bei ihr erwarten. Die Thatsachen in Betreff ihrer Analogie mit den bereits beschriebenen Elektrizitäten kommen, glaube ich, auf folgende zurück: — *In Spannung*. Anziehungen und Abstofsungen in Folge eines gewissen Grades von Spannung sind noch nicht beobachtet. *In Strömung*: I. *Wärmeentwicklung*. Ich weifs nicht, dafs man das Vermögen der Wärmeerregung schon bei ihr beobachtet habe. II. *Magnetismus*. Durch ihre magnetischen Kräfte ist sie entdeckt und auch am besten erkennbar. III. *Chemische Zersetzung*, ist mit ihr noch nicht erhalten worden *). IV. *Physiologische Wirkungen*. Wie Nobili gezeigt hat **), versetzen diese Ströme den Frosch in Zuckungen. V. *Funken*, sind noch nicht beobachtet.

350) So sind also nur diejenigen Wirkungen schwach oder gar nicht vorhanden, welche von einem gewissen hohen Grade von Intensität abhängen. Wenn die gemeine Elektrizität auf einen ähnlichen Grad von Intensität herabgebracht wird, kann sie ebenfalls nur die Wirkungen der Thermo-Elektrizität hervorbringen.

V. Thierische Elektrizität.

351) Nach Durchsicht der Versuche von Walsh ***) , Ingenhoufs †), Cavendish ††), H. Davy †††) und

*) Neuerlich hat indess Hr. Botto, seiner Angabe nach, Wasser durch sie zersetzt, wie es scheint, unter Trennung der beiden Gase (Annal. Bd. XXVIII S. 238). P.

***) *Biblioth. univers. T. XXXVII p. 15* (Ann. Bd. XIV S. 161).

***) *Phil. Trans. 1773, p. 461.*

†) *Phil. Trans. 1775, p. 1.*

††) *Phil. Trans. 1776, p. 196.*

†††) Ebendasselbst, 1829, p. 15 (Annal. Bd. XVI S. 311).

J. Davy *) hege ich keinen Zweifel mehr an der Eintheilung der Elektricität des Zitterrochens mit der gemeinen und voltaschen Elektricität; ich setze voraus, daß Andere eben so wenig daran zweifeln, und daß es mir daher erlaubt sey, mich weiter nicht in die Beweise für jene Identität einzulassen. Die von H. Davy aufgeworfenen Zweifel sind durch seinen Bruder John Davy beseitigt, indem der Letztere entgegengesetzte Resultate als der Erste erhalten hat. Gegenwärtig sind die Belege folgende:

352) *Spannung*. — Anziehungen oder Abstofsungen, die von Spannung herrührten, sind nicht beobachtet worden.

353) *In Bewegung*. I. *Wärmeentwicklung* — ist noch nicht beobachtet; doch zweifle ich nicht, daß sie mit Harris's Elektrometer (287. 359) wahrnehmbar seyn werde.

354) II. *Magnetismus*. — Vollkommen deutlich. Nach J. Davy lenkt der Strom nicht nur die Magnetnadel ab, sondern magnetisirt auch Stahlnadeln, was die Richtung betrifft, nach demselben Gesetz, welches die Ströme gemeiner und voltascher Elektricität bedingt **).

355) III. *Chemische Zersetzung*. — Ebenfalls deutlich; und obwohl J. Davy einen Apparat von ähnlicher Construction wie der Wollaston'sche angewandt hat, so kann doch dadurch kein Irrthum herbeigeführt worden seyn, weil die Zersetzungen polar, wahrhaft elektrochemisch waren. Durch die Richtung der abgelenkten Magnetnadel hat er gefunden, daß die Unterseite des Fisches negativ und die Oberseite positiv war, daß bei der chemischen Zersetzung Silber und Blei an dem mit der Unterseite verbundenen Draht, und nicht an dem andern ausgeschieden wurden. Bei Anwendung von Stahl-

*) *Phil. Trans.* 1832, p. 259 (Annal. Bd. XXVII S. 542).

**) Ebendasselbst, 1832, p. 260 (Annal. Bd. XXVIII S. 543).

oder Silberdrähten stieg in Kochsalzlösung Gas (Wasserstoffgas?) vom negativen Draht, aber nicht vom positiven auf.

356) Ein anderer Grund für die elektro-chemische Natur der Zersetzung ist der, daß ein Wollaston'scher Apparat, construirt aus *Drähten* mit einer Bekleidung von Siegelack, wahrscheinlich, selbst auf die ihm eigene Weise, Wasser nicht zersetzt haben würde, wenn nicht die Elektrizität von solcher Intensität gewesen wäre, daß sie Funken in einigen Theilen des Bogens gegeben hätte. Der Zitterrochen aber vermochte keine sichtbaren Funken zu geben. Ein dritter Grund ist der, daß das Wasser in Wollaston's Apparat desto reichlicher zersetzt wird, je reiner es ist. Der Versuch, welcher mir mittelst der Maschine und zweier Drahtspitzen mit destillirtem Wasser vollkommen gelang, schlug gänzlich fehl, wenn ich das Wasser, durch Zusatz von Glaubersalz, Kochsalz oder anderen Salzen, besser leitend gemacht hatte. Allein in J. Davy's Versuchen wurden *starke* Lösungen von Salz, salpetersaurem Silber und Bleizucker mit Erfolg angewandt, ohne Zweifel mit größerem Erfolg als schwache Lösungen.

357) IV. *Physiologische Wirkungen* — so auffallend, daß durch sie die eigenthümlichen Kräfte der Torpedo und des Gymnotus aufgefunden worden sind.

358) V. *Funken* — sind bis jetzt noch nicht erhalten, wenigstens glaube ich es nicht; doch thue ich vielleicht besser, mich auf die vorhandenen Angaben zu berufen. Humboldt, indem er von den Resultaten des Hrn. Fahlberg, eines Schweden, spricht, sagt: »Dieser Physiker hat einen elektrischen Funken gesehen, wie Walsh und Ingenhous vor ihm, wenn er den Gymnotus an die Luft brachte, und die Kette durch zwei auf Glas geklebte, eine Linie von einander abstehende Goldblättchen unterbrach *).« Ich kenne jedoch keine

*) *Edinb. Philosoph. Journ. T. II p. 249.*

solche Beobachtung von Walsh und Ingenhous, und weiß auch nicht eine nähere Nachricht über die von Fahlberg aufzufinden *). Hr. v. Humboldt selbst konnte keine Lichterscheinung wahrnehmen.

Leslie, in seinem, der siebenten Auflage der *Encyclopaedia Britannica*, *Edinburg* 1830, p. 622, vorangeschickten Bericht über die Fortschritte der mathematischen und physikalischen Wissenschaften, sagt dagegen: »Aus einem in London gezeigten gesunden Exemplar von *Silurus electricus* (man sollte eher meinen: *Gymnotus*) hat man im Dunkeln lebhaft Funken ausgezogen;« allein er sagt nicht, daß er selbst sie sah, noch wer sie sah, und eben so wenig kann ich sonst einen Bericht über ein solches Phänomen auffinden. Es bleibt also diese Angabe mindestens zweifelhaft **).

359) Am Schlusse dieser Aufzählung der elektrischen Eigenschaften des Zitterrochen muß ich noch bemerklich machen, welche ungeheure Menge von Elektrizität dieses Thier bei jeder Anstrengung in Umlauf setzt. Es ist noch zweifelhaft, ob irgend eine gewöhnliche Elektrisirmaschine im Stande sey, so viel Elektrizität in denkbarer Zeit zu liefern, um eine wirkliche elektro-chemische Zersetzung des Wassers zu bewirken (330. 339), und doch hat es der Zitterrochen bereits vermocht. Auch die magnetischen Wirkungen (296. 371) sprechen für die Größe der Elektrizitätsmenge. Diese Umstände deuten

*) Die Nachricht von Fahlberg's Versuchen findet sich in Gilbert's Annalen, Bd. XIV S. 420, und die von Walsh's in einem Briefe von Le Roy an Rozier in dessen *Observations sur la physique etc.* 1776, T. II p. 333. — Beide Nachrichten sind indess sehr kurz, und gewähren nicht die Ueberzeugung, daß jene Experimentatoren sich gegen den von J. Davy (Annalen, Bd. XXVII S. 545) hervorgehobenen, leicht irre leitenden Umstand sicher gestellt haben. P.

**) Hr. Brayley, welcher mir diese Angaben mittheilte und sehr ausgedehnte literarische Kenntnisse besitzt, erinnert sich keiner weitem Nachricht über diesen Gegenstand.

an, daß der Zitterrochen die Fähigkeit habe (wahrscheinlich in der von Cavendish beschriebenen Weise) die Elektrizitätserregung eine merkliche Zeit hindurch fortzusetzen, so daß seine successiven Entladungen mehr denen eines in seiner Wirkung intermittirenden voltaschen Apparats, als denen einer vielmals hinter einander gelad und entladenen Leidner Batterie ähneln. In Wirklichkeit ist jedoch kein *physikalischer Unterschied* zwischen diesen beiden Fällen da.

360) Der *allgemeine Schluss*, welcher, glaube ich, aus dieser Sammlung von Thatsachen gezogen werden muß, ist der: daß *die Elektrizität, aus welcher Quelle sie auch entsprungen sey, identisch ist in ihrer Natur*. Die Erscheinungen der fünf aufgeführten Arten von Elektrizität sind nicht in ihrem Wesen, sondern nur dem Grade nach verschieden, und sie variiren in dieser Beziehung nach Maafgabe der veränderlichen Umstände von *Quantität* und *Intensität* *), welche fast bei jeder dieser Elektrizitäts-Arten nach Belieben eben so stark verändert werden können, als sie verschieden sind zwischen der einen und der andern Art.

Tafel über die Wirkungen, welche den Elektrizitäten von verschiedener Abkunft gemein sind.

	Volta- sche Elektr.	Ge- meine Elektr.	Mag- neto- Elektr.	Ther- mo- Elektr.	Thieri- sche Elektr.
Physiologische Wirkung	x	x	x	x	x
Ablenk. der Magnetnadel	x	x	x	x	x
Magnetisiren	x	x	x	?	x
Funken	x	x	x		?
Wärmeerregung	x	x	x	?	
Wahre elektro-chemische Wirkung	x	x	x	**)	x
Anziehung u. Abstofsung	x	x	x		
Entlad. durch heisse Luft	x	x			

*) Der Ausdruck *Quantität* ist bei der Elektrizität vielleicht hinreichend verständlich; der: *Intensität* dagegen schwieriger genau zu definiren. Ich gebrauche beide Ausdrücke in der gewöhnlichen Bedeutung.

***) Falls Hr. Botto's Angabe (S. 368 Anmerk.) richtig ist, würde auch diese Lücke ausgefüllt seyn.

VIII. Maafs-Beziehung zwischen der gemeinen und voltaschen Elektricität.

361) Nachdem ich die Identität zwischen diesen beiden Elektricitäten hinlänglich festgestellt glaubte, bemühte ich mich für die Quantität der durch die Maschine und die voltasche Säule erregten Elektricität ein gemeinsames Maafs oder eine bekannte Beziehung aufzufinden, nicht blofs um ihre Identität zu bestätigen (378), sondern auch um gewisse allgemeine Sätze (366. 377 u. ff.) zu beweisen, und den Mitteln zur Erforschung oder Anwendung dieses wundervollen und feinen Agens eine gröfsere Ausdehnung zu verschaffen.

362) Zuerst war zu bestimmen, ob eine gleiche absolute Menge von gemeiner Elektricität, unter verschiedenen Umständen durch einen Galvanometer gesandt, eine gleiche Ablenkung der Magnetnadel erzeugen würde. Ich versah daher den Galvanometer mit einer willkürlichen Skale, an der jede Abtheilung etwa 4° betrug, und stellte das Instrument wie bei dem früheren Versuche auf (296). Die Maschine (290), die Batterie (291) und die übrigen Theile des Apparats wurden in gute Ordnung gebracht, und während der Zeit des Versuchs so nah als möglich in demselben Zustand erhalten. Mit den Versuchen wurde abgewechselt, so dafs jede Veränderung in dem Zustand des Apparats sichtbar ward, und die nöthigen Berichtigungen gemacht werden konnten.

363) Sieben Fläschen wurden aus der Batterie fortgenommen und acht zum Gebrauche beibehalten. Es fand sich, dafs etwa 40 Umdrehungen die 8 Flaschen vollständig ladeten. Sie wurden darauf durch 30 Umdrehungen geladen und nun durch den Galvanometer entladen, während eine dicke feuchte Schnur von etwa 10 Zoll Länge in den Bogen eingeschaltet war. Sogleich wurde die Nadel um $5\frac{1}{2}$ Abtheilungen nach der einen

Seite vom Nullpunkt abgelenkt, und beim Vibriren ging sie so nahe als möglich durch $5\frac{1}{2}$ Abtheilungen nach der andern Seite.

364) Jetzt wurden die übrigen sieben Flaschen den acht hinzugefügt, und sämtliche funfzehn durch 30 Umdrehungen der Maschine geladen. Ein Henley'sches Elektrometer stand nicht ganz halb so hoch als zuvor; allein als die Ladung durch den, zuvor zur Ruhe gebrachten Galvanometer geleitet wurde, vibrirte die Nadel sogleich und erreichte *genau* denselben Theilpunkt wie vorhin. Diese Versuche mit acht und mit funfzehn Flaschen wurden mehrmals abwechselnd wiederholt und immer mit demselben Erfolge.

365) Es wurde nun die gesammte Batterie zum Versuch genommen und ihre Ladung (von 50 Umdrehungen der Maschine) durch den Galvanometer gesandt, doch so modificirt, dafs sie zuweilen blofs durch einen feuchten Faden ging, zuweilen durch eine mit destillirtem Wasser angefeuchtete dünne Schnur von 38 Zoll Länge, zuweilen durch eine zwölf Mal dickere Schnur von nur 12 Zoll Länge, und getränkt mit verdünnter Säure (298). Mit der dicken Schnur ging die Ladung auf einmal durch, mit der dünnen Schnur gebrauchte sie eine wahrnehmbare Zeit, und mit dem Faden waren zwei bis drei Sekunden erforderlich, bevor das Elektrometer ganz niedersank. Der Strom mußte demnach in diesen drei Fällen ungemein an Intensität verschieden seyn, und doch war die Ablenkung der Magnethadel in allen fast gleich. Zeigte sich etwa ein Unterschied, so war die Ablenkung bei der dünnen Schnur und dem Faden etwas gröfser. Findet, wie Colladon sagt, eine Seitenfortpflanzung durch die Seide des Galvanometergewindes statt, so muß diefs so seyn, weil, wenn die Intensität schwächer ist, die Seitenfortpflanzung geringer wird.

366) Hieraus geht hervor, *dafs; wenn die Elektrizität in gleicher absoluten Menge durch den Galvanometer*

geleitet wird, wie grofs auch ihre Intensität seyn mag, die ablenkende Kraft auf die Magnetnadel gleich ist.

367) Die Batterie von funfzehn Flaschen wurde nun durch 60 Umdrehungen der Maschine geladen und wie zuvor durch den Galvanometer entladen. Die Nadel wurde nun sehr nahe bis zum elften Theilpunkt abgelenkt, doch war die Theilung nicht so genau, um mich zu überzeugen, dafs der Bogen jetzt gerade doppelt so grofs als zuvor war; dem Auge schien es jedoch so. Wahrscheinlichkeit hat es also, dafs *die ablenkende Kraft eines elektrischen Stroms direct proportional ist der absoluten Menge der durchgegangenen Elektricität*, wie grofs ihre Intensität übrigens auch sey *).

368) Dr. Ritchie hat gezeigt, dafs in einem Fall, wo die Intensität der Elektricität sich gleich blieb, die Ablenkung der Magnetnadel sich direct wie die Menge der durch den Galvanometer geleiteten Elektricität verhielt **). Hr. Harris hat gezeigt, dafs das Vermögen der gemeinen Elektricität, Drähte zu erhitzen, gleich ist bei gleicher Quantität der Elektricität, welche Intensität sie übrigens auch besitze ***).

369) Mein nächstes Ziel war nun, eine Volta'sche Vorrichtung zu erhalten, die gleiche Wirkung wie die eben beschriebene (367) ausüben würde. Ein Platin- und

*) Der grofse und allgemeine Werth des Galvanometers, als eines wirklichen Messers der entweder continuirlich, oder unterbrochen durch denselben geleiteten Elektricität, mufs aus diesen beiden Schlüssen einleuchtend seyn. Der von Ritchie mit Glasfäden construirte Galvanometer (*Phil. Transact.* 1830, p. 218, und *Quarterly Journ. of Science N. S. Vol. I p. 29*) scheint in seinem Gebiete nichts mehr zu wünschen übrig zu lassen. [Hrn. Ritchie's Galvanometer unterscheidet sich nur dadurch von einem Nobili'schen mit Doppelnadel, dafs zur Aufhängung dieser ein feiner Glasfaden genommen ist. P.]

***) *Quarterly Journ. of Science. N. S. Vol. I p. 33.*

***) *Plymouth Transact. p. 22.*

ein Zinkdraht, beide durch dasselbe Loch eines Zieheisens gezogen und ein Achtzehntel eines Zolls im Durchmesser haltend, wurden auf einem Träger befestigt, so daß ihre unteren Enden in einem Abstände von fünf Sechzehntel eines Zolls parallel neben einander herabhängten. Die oberen Enden wurden mit den Galvanometerdrähten wohl verknüpft. Es wurde Säure verdünnt, und, nach verschiedenen vorläufigen Versuchen, diejenige zur Norm genommen, welche aus einem Tropfen concentrirter Schwefelsäure und vier Unzen Wasser bestand. Endlich wurde die Zeit aufgezeichnet, welche die Nadel gebrauchte, um entweder von der Rechten zur Linken oder von der Linken zur Rechten zu schwingen; sie war gleich 17 Schlägen meiner Uhr, von denen 150 auf eine Minute gingen. Der Zweck dieser Vorbereitungen war, einen voltaschen Apparat so einzurichten, daß er bei Eintauchung in eine gegebene Säure während einer gegebenen Zeit, die indess viel geringer war, als zum Schwingen der Nadel in einer Richtung erfordert ward, eine eben so starke Ablenkung dieser Nadel hervorbrachte als eine Entladung gemeiner Elektricität aus der Batterie (363. 364). Nachdem ein neues Stück des Zinkdrahts in die angeführte Lage gegen den Platindraht gebracht worden, wurde der vergleichende Versuch angestellt.

370) Als der Zink- und der Platindraht fünf Achtelzoll tief in die Säure getaucht, und acht Uhrschläge lang darin gelassen (und dann rasch herausgezogen) wurden, wich die Nadel ab, und fuhr fort noch einige Zeit nach der Herausziehung des Apparats aus der Säure in derselben Richtung vorzurücken. Sie erreichte die Mitte zwischen dem fünften und sechsten Theilpunkt, kehrte dann zurück und schwang nach der andern Seite eben so weit. Dieser Versuch wurde mehrmals, und immer mit demselben Erfolg wiederholt.

371) Bloß aus der *magnetischen Kraft* zu urtheilen, kann man es demnach für jetzt (376) als eine An-

näherung annehmen, dafs zwei Drähte, einer von Platin und der andere von Zink, die ein Achtzehntel eines Zolls dick sind, und, in einem Abstände von fünf Sechszehntelzoll, fünf Achtelzoll tief in ein Gemenge von einem Tropfen Vitriolöl und vier Unzen destillirten Wassers von etwa 60° F. Temperatur eingetaucht, und an ihren andern Enden mit einem achtzehn Fufs langen und ein Achtzehntelzoll dicken, als Galvanometergewinde dienenden Kupferdraht verbunden worden sind, eben so viel Elektricität in acht Schlägen meiner Uhr oder in $\frac{8}{135}$ einer Minute liefern, als die durch 30 Umdrehungen einer grofsen sehr wirksamen Elektrisirmaschine (363. 364) geladene elektrische Batterie. Trotz dieses ungeheuer scheinenden Mißverhältnisses sind die Resultate in völligem Einklange mit denen, welche von der Elektricität bei Variationen der Intensität und Quantität bekannt sind.

372) Um auch für die *chemische Action* einen Vergleichungspunkt zu haben, wurden, die Drähte jetzt $\frac{5}{8}$ Zoll tief in die Säure getaucht erhalten, und die Nadel, wenn sie zur Ruhe gekommen, beobachtet; sie stand, so genau als es das unbewaffnete Auge unterscheiden konnte, auf $5\frac{1}{3}$ Theilpunkt. Eine bleibende Ablenkung von dieser Gröfse kann demnach betrachtet werden als Anzeigerinn eines constanten elektrischen Stroms, welcher in acht Schlägen meiner Uhr so viel Elektricität liefert als die elektrische Batterie, geladen durch dreifsig Umdrehungen der Maschine.

373) Folgende Vorrichtungen und Resultate sind aus vielen Erfahrungen ausgewählt. An einem Platindraht, von einem Zwölftelzoll im Durchmesser und 260 Grän wiegend, war das eine Ende eben gemacht, so dafs es eine wohl begränzte Kreisfläche von gleichem Durchmesser mit dem Drahte darbot. Er wurde dann abwechselnd mit dem Conductor der Maschine oder mit dem voltaschen Apparat (369) verbunden, und so, dafs er immer den positiven Pol bildete und zugleich senkrecht

stand, damit er mit seinem ganzen Gewicht auf das angewandte Reagenzpapier drücken möge. Das Reagenzpapier lag seinerseits auf einem Platinspatel, der entweder mit der Ableitung (292), oder mit dem negativen Draht des voltaschen Apparats in Verbindung stand; es war vielfach zusammengelegt und allemal in gleichem Grade mit einer Normallösung von Jodkalium (316) angefeuchtet.

374) Wenn der Platindraht mit dem ersten Conductor der Maschine und der Spatel mit der Ableitung verbunden war, übten 10 Umdrehungen der Maschine eine solche Zersetzungskraft aus, daß ein blasser runder Jodfleck gleich dem Durchschnitt des Drahts erzeugt wurde; 20 Umdrehungen machten einen dunkleren Fleck, und 30 einen so dunkelbraunen, daß er auf der zweiten Lage des Papiers sichtbar war. Der Unterschied in der Wirkung durch zwei bis drei Umdrehungen mehr oder weniger konnte mit Leichtigkeit erkannt werden.

375) Draht und Spatel wurden nun mit dem voltaschen Apparat verbunden (369), auch der Galvanometer in die Kette eingeschlossen, und, nachdem der Apparat in ein stärkeres Gemenge, bestehend aus Salpetersäure und Wasser, so weit eingetaucht war, daß er eine bleibende Ablenkung von $5\frac{1}{3}$ Abtheilungen (372) gab, das vierfache feuchte Papier zwischen Draht und Spatel gebracht. Dadurch nun, daß das Ende des Drahts von Ort zu Ort auf dem Reagenzpapier verschoben wurde, konnte die Wirkung eines fünf, sechs, sieben und mehre Uhrschräge (369) lang anhaltenden Stroms beobachtet und mit der von der Maschine verglichen werden. Durch vielfache wechselseitige Wiederholung dieser Vergleichungsversuche wurde beständig gefunden, daß dieser Normalstrom der voltaschen Elektrizität, acht Uhrschräge lang unterhalten, in seiner chemischen Wirkung gleich war 30 Umdrehungen der Maschine, und sichtlich 28 solcher Umdrehungen übertraf.

376) Hieraus folgt, daß der elektrische Strom der

normalen voltaschen Batterie, wenn er acht Uhrschräge lang wirkte, sowohl in *magnetischer Ablenkungskraft* (371) als in *chemischer Action* gleich war dem von der Maschine durch 30 Umdrehungen entwickelten.

377) Es folgt ferner, dafs in diesem Falle von elektrochemischer Zersetzung, und wahrscheinlich in allen übrigen Fällen, *die chemische, wie die magnetische Kraft* (366) *direct proportional ist der absoluten Menge von durchgeleiteter Elektrizität.*

378) Hieraus ergibt sich, wenn sie noch nöthig seyn sollte, eine fernere Bestätigung der Identität der gemeinen und voltaschen Elektrizität; auch erhellt, dafs die Unterschiede von Intensität und Quantität völlig hinreichend sind, die vermeintlich abweichenden Eigenschaften beider zu erklären.

379) Die Erweiterung, welche ich durch die vorliegende Untersuchung im Stande bin von den die Theorie der elektro-chemischen Zersetzung constituirenden Thatsachen und Ansichten zu machen, werde ich, nebst einigen anderen Punkten der Elektrizitätslehre, unverweilt der K. Gesellschaft in einer anderen Reihe dieser Untersuchungen vorlegen *).

*) In einer Schlussbemerkung zu gegenwärtigem Aufsatz berichtet Hr. Faraday ein Paar Irrthümer, in welche er in seiner ersten Abhandlung (Art. 78. — Annal. Bd. XXV S. 119) bei Anführung eines früheren Versuches von Hrn. Ampère verfallen ist. Den ersten, dafs es keine Scheibe, sondern ein Streifen von Kupfer gewesen sey, mit dem Hr. Ampère experimentirte, haben wir selbst a. a. O. bereits bemerklich gemacht; den anderen, betreffend die Hrn. Ampère zugeschriebene und als irrthümlich bezeichnete Angabe über die Richtung, welche der frei aufgehängte Reifen unter dem vereinten Einflufs eines voltaschen Stroms und eines Magneten angenommen haben soll, berichtet Herr Faraday dahin, dafs Herr Ampère selbst, wie er jetzt brieflich von diesem unterrichtet worden, sich nie eine Aeufserung über jene Richtung erlaubt habe, und dafs es nur die irrigen Angaben in der *Bibliothèque universelle* (T. XXI p. 48), Hrn. Demoufferrand's *Manuel d'Electricité dynamique* (p. 173) und

dem *Lycée* (1832, No. 36) gewesen seyen, welche ihn verleiteten jene Angabe Hrn. Ampère in den Mund zu legen.

Um den Lesern die Vollständigkeit in Betreff der Verhandlungen über den neuen von Hrn. Faraday in's Daseyn gerufenen Zweig der Elektrizitätslehre zu erhalten, wollen wir hier noch bemerken, daß dieser als Physiker und Chemiker gleich ausgezeichnete Naturforscher in einem Schreiben an Hrn. Gay-Lussac (*Ann. de chim. et de phys. T. LI p. 404*) seine Ansichten zur Erklärung der Erscheinungen des sogenannten Rotationsmagnetismus entwickelt, mehre Irrthümer in den beiden ersten Abhandlungen der HH. Nobili und Antinori (*Annalen*, Bd. XXIV S. 473 und 621) nachgewiesen, so wie überdies die Data der öffentlichen Bekanntmachung seiner und der italienischen Physiker Arbeiten näher beleuchtet hat. Wir glauben uns indess mit einer bloßen Namhaftmachung dieses Schreibens begnügen zu dürfen, zuvörderst weil, ungeachtet der erste Aufsatz der HH. Nobili und Antinori früher als die ausführliche Abhandlung des Hrn. Faraday erschien, und zwar in einem Hefte der *Antologia di Firenze*, welches auf dem Umschlag als das Novemberheft 1831 bezeichnet ist, dennoch Niemand in Deutschland Hrn. Faraday den Ruhm der alleinigen Entdeckung der Magneto-Elektricität auch nur im Geringsten streitig machen wird; zweitens weil die Irrthümer, welche den HH. Nobili und Antinori nachgewiesen werden (namentlich der auf S. 622 Bd. XXIV d. *Annal.* angeführte, daß bei der centralen Stellung des Magneten über der Scheibe in dieser beim Rotiren keine elektrische Ströme erregt würden) von diesen Physikern selbst in ihrer dritten Abhandlung (*Annal.* Bd. XXVII S. 401), wie uns scheint, genügend berichtet worden sind; und drittens, weil Hr. Faraday in seiner Erklärung der drei Phänomene des Rotationsmagnetismus wesentlich mit der in der letzt genannten Abhandlung aufgestellten übereinkommt. Ueberdies trifft der Vorwurf, den zweiten Aufsatz der HH. Nobili und Antinori mit seinen Irrthümern nach der ausführlichen Abhandlung des Hrn. Faraday aufgenommen zu haben, nur die Redaction der *Annales de chimie et de physique*.

P.

II.