

**I. Zehnte Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektrizität; von Hrn. Michael Faraday.**

(Uebersandt vom Hrn. Verfasser in einem besonderen Abzuge aus den *Philosoph. Transact. f. 1835, pt. II.* — Mit dieser Abhandlung werden die Untersuchungen des Hrn. Verfassers im Gebiete der Elektrizitätslehre für längere Zeit geschlossen seyn. Zur Erleichterung des Nachschlagens geben wir daher hier nochmals die Citate zu der ganzen Sammlung von Aufsätzen. Die neunte Reihe findet sich in dies. Ann. Bd. XXXV S. 413, die achte Bd. XXXV S. 1 und 222, die siebente Bd. XXXIII S. 301, 433, 481, die sechste Bd. XXXIII S. 149, die fünfte Bd. XXXII S. 401, die vierte Bd. XXXI S. 225, die dritte Bd. XXIX S. 274 und 365, die zweite Bd. XXV S. 142 und die erste ebendasselbst S. 91.)

1119) Kürzlich habe ich Gelegenheit gehabt den voltaschen Trogapparat practisch zu untersuchen, in der Absicht die Construction und den Gebrauch desselben zu verbessern, und wiewohl ich nicht behaupte, daß die Resultate die Wichtigkeit der Entdeckung eines neuen Gesetzes besitzen, so glaube ich doch, daß sie einigen Werth haben, und deshalb, in Verbindung mit den früheren Aufsätzen, von der K. Gesellschaft beachtet zu werden verdienen.

**§. 16. Ueber eine verbesserte Form der voltaschen Batterie.**

1120) In einer einfachen voltaschen Kette (und auch in einer Batterie) zerfallen die chemischen Kräfte, welche das Instrument während seiner Thätigkeit entwickelt, überhaupt in zwei Theile. Der eine derselben äußert sich örtlich, der andere aber wird im Kreise herum-

geführt (947. 966); der letztere macht den elektrischen Strom des Instrumentes aus, während der erste ganz verloren geht oder zerstört wird. Das Verhältniß zwischen diesen beiden Krafttheilen kann durch Umstände bedeutend abgeändert werden. In einer nicht geschlossenen Batterie z. B. ist die *gesammte* Wirkung örtlich; bei einer Batterie von gewöhnlicher Construction ist, wenn ihre Enden in Verbindung stehen, ein *grofser Theil* in Circulation; und bei einer vollkommenen Batterie, wie ich sie (1001) beschrieben habe, circulirt die *gesammte* chemische Kraft und wird zu Elektricität. Aus der Menge des von den Platten aufgelösten Zinks (865. 1126) und aus der Gröfse der in dem Volta-Elektrometer (711. 1126) oder sonst wo stattfindenden Zersetzung kann das Verhältniß zwischen der örtlichen und der übertragenen Wirkung, und damit auch die Wirksamkeit der volta-schen Batterie oder der an ihren Zinkplatten stattfindende Verlust an chemischer Kraft unter jeden Umständen genau ermittelt werden.

1121) Construiert man eine voltasche Batterie aus Zink und Platin auf die Weise, dafs das letztere Metall das erste umgiebt, wie in den Vorrichtungen mit doppelter Kupferplatte, und erregt man das Ganze durch verdünnte Schwefelsäure, so sind keine isolirende Scheidewände von Glas, Porcellan oder Luft zwischen den benachbarten Platinflächen erforderlich; und vorausgesetzt, dafs diese sich nicht metallisch berühren, wird dieselbe Säure, welche zwischen dem Zink und Platin die Batterie zur kräftigen Wirksamkeit anregt, zwischen den beiden Platinflächen weder eine Entladung der Elektricität, noch sonst eine Schwächung der Kraft des Troges veranlassen. Diefs ist eine nothwendige Folge des Widerstandes, welchen, wie ich gezeigt habe, der Uebergang des Stroms an den Zersetzungsorten erleidet (1007. 1011); denn dieser Widerstand ist vollkommen im Stande den Strom zu hemmen und für die Elektricität der be-

nachbarten Platten als eine Isolation zu wirken, in sofern der Strom, der zwischen diesen überzugehen sucht, niemals eine höhere Intensität besitzt, als die, welche aus der Wirkung eines einfachen Plattenpaars entspringt.

1122) Ist Kupfer das das Zink umgebende Metall, und ist Salpeter-Schwefelsäure die Säure (1020), so findet zwischen den benachbarten Kupferplatten eine schwache Entladung statt, vorausgesetzt, dafs für die Circulation, der Kräfte kein anderer Kanal geöffnet sey. Wenn aber ein solcher Kanal vorhanden ist, so wird die Rückladung, von der ich spreche, ungemein geschwächt, gemäß den Grundsätzen, die ich in der achten Reihe dieser Untersuchungen niedergelegt habe.

1123) Geleitet durch diese Grundsätze wurde ich zur Construction eines voltaschen Troges geführt, in welchem die Kupferplatten, die, wie in Wollaston's Construction, die Zinkplatten auf beiden Seiten umgaben, nicht weiter von einander getrennt waren, als durch einen Raum von Papierdicke, um den Metallcontact zu verhindern, und so ein compactes, kräftiges, ökonomisches und leicht zu gebrauchendes Instrument darzustellen. Später fand ich jedoch, dafs dieser neue Trog im Wesentlichen derselbe sey, wie der, welcher vom Dr. Hare, Professor an der Universität in Pensylvanien, erfunden und beschrieben worden ist.

1124) Dr. Hare hat seinen Apparat ausführlich beschrieben <sup>1)</sup>. Die benachbarten Kupferplatten sind durch dünne Holzplatten getrennt, und die Säure wird, in Bezug auf die Platten, auf- und abgegossen mittelst der Viertel-Umdrehung einer Axe, an welcher sowohl der Trog, der die Platten enthält, als ein anderer Trog, wel-

1) *Philosophical Magazine*, 1824, *Vol. LXIII* p. 241, oder *Silliman's Journal*, Vol. VII. Man sehe auch den früheren Aufsatz des Dr. Hare in den *Annals of Philosophy*, 1821, *Vol. I* p. 329, in welchem er von der Unwesentlichkeit der Isolation zwischen den Kupferplatten spricht.

cher die Flüssigkeit aufnimmt, befestigt ist <sup>1</sup>). Diese Vorrichtung habe ich als die zweckmäßigste von allen gefunden, und deshalb angenommen. Meine Zinkplatten waren aus gewalztem Metall geschnitten, und hatten, nachdem sie an die Kupferplatten gelöthet waren, die in der Taf. VI Fig. 15 abgebildete Gestalt. Sie wurden sodann in die Form Fig. 16 gebogen, und darauf in den zu ihrer Aufnahme bestimmten Holzkasten gepackt, wo sie, wie in Fig. 17, angeordnet waren; kleine Korkscheiben hinderten die Zinkplatten an der Berührung der Kupferplatten, und dickes Papier (*cartridge paper*), einfach oder doppelt genommen, das zwischen die benachbarten Kupferplatten gesteckt war, verhütete eben so deren unmittelbare Berührung. Diese Einrichtung gewährt eine solche Leichtigkeit in der Handhabung, daß ein Trog von vierzig Plattenpaaren innerhalb fünf Minuten aus einander genommen, und in einer halben Stunde wieder zusammengesetzt werden kann, und dabei hat die ganze Reihe nicht mehr als 15 Zoll in Länge.

1125) Dieser Trog von vierzig Paaren dreiquadratzölliger Platten wurde, in Bezug auf das Glühen eines Platindrahts, die Entladung zwischen Kohlenspitzen, den Schlag durch den menschlichen Körper u. s. w. verglichen mit vierzig Paaren vierzölliger Platten (mit doppelten Kupferplatten), die in einzelnen isolirten Porcellanzellen standen und mit einer eben so starken Säure geladen waren. In allen diesen Wirkungen schien der erste

- 1) Es sind nämlich zwei Tröge, der Länge nach, zusammengefügt, und zwar so, daß, wenn die Wände des einen vertical stehen, die des anderen horizontal liegen. Diese zusammengefügten Tröge drehen sich als Axe um die Linie, in welcher sie verbunden sind, und der eine von ihnen enthält die Platten. Steht dieser letztere senkrecht, so sind die Platten mit Säure umgeben; dreht man ihn um 90°, so fließt die Säure in den zweiten Trog, und die Platten werden sämmtlich zu gleicher Zeit entblößt; beim Zurückdrehen um 90° werden sie eben so gleichzeitig wieder in die Säure versetzt, P.

Apparat dem letzteren vollkommen gleich zu seyn. Als ein zweiter Trog von der neuen Einrichtung, welcher zwanzig Paare vierzölliger Platten enthielt, verglichen wurde mit zwanzig Paaren vierzölliger Platten, die in Porcellantrögen durch eine Säure von gleicher Stärke erregt waren, schien der neue Trog den alten in Hervorbringung dieser Wirkungen, besonders im Glühen des Drahts, zu übertreffen.

1126) Bei diesen Versuchen nahm der neue Trog weit schneller an Kraft ab als der von der alten Construction, und dies war eine nothwendige Folge von der geringeren Menge der zu seiner Ladung angewandten Säure; denn bei den vierzig Plattenpaaren von der neuen Construction wurde nur ein Siebentel von der Menge Säure angewandt, die zu den vierzig Paaren in den Porcellantrögen erforderlich war. Um daher die beiden Formen des voltaschen Troges in ihren Zersetzungskräften zu vergleichen und genauere Data über ihren relativen Werth zu erhalten, wurden folgende Versuche angestellt. Die Tröge wurden mit einer bekannten Menge Säure von bekannter Stärke geladen, und der elektrische Strom durch ein Volta-Elektrometer (711) geleitet, das Elektroden von 4 Zoll Länge und 2,3 Zoll Breite besaß, so daß es dem Strom einen möglichst geringen Widerstand entgensetzte; die entwickelten Gase wurden aufgefangen und gemessen, und gaben so die Menge des zersetzten Wassers. Dann wurde das Ganze der angewandten Ladung zusammengemischt, und ein bekannter Theil davon analysirt, nämlich mit einem Uebeschufs von kohlen-saurem Natron siedend gefällt, und der Niederschlag wohl gewaschen, getrocknet, geglüht und gewägt. Auf diese Weise wurde die Menge des oxydirten und von der Säure gelösten Metalls ausgemittelt, und der von jeder Zinkplatte oder von allen aufgelöste Theil konnte berechnet und mit der im Volta-Elektrometer zersetzten Menge Wasser verglichen werden. Um einen festen

Vergleichpunkt zu haben, habe ich die Resultate so reducirt, dafs sie den Verlust der Platten in Zink-Aequivalenten gegen die im Volta-Elektrometer zersetzten Wasser-Aequivalente ausdrücken. Als Aequivalentzahl des Wassers habe ich 9 und als die des Zinks 32,5 genommen, auch habe ich vorausgesetzt, dafs 100 Kubikzoll einer Mischung von Sauerstoff und Wasserstoff aus der Zersetzung von 12,68 Gran Wasser entspringen.

1127) Drei Säuren wurden bei diesen Versuchen angewandt: Schwefel-, Salpeter- und Salzsäure. Die Schwefelsäure war starkes Vitriolöl; ein Kubikzoll desselben entsprach 486 Gran Marmor. Die Salpetersäure war sehr nahe rein; ein Kubikzoll löste 150 Gran Marmor. Die Salzsäure war auch fast rein, und ein Kubikzoll löste 108 Gran Marmor. Alle diese drei Säuren wurden, dem Volume nach, mit Wasser vermischt; das Normalvolum war ein Kubikzoll.

1128) Ich bereitete eine Mischung aus 200 Theilen Wasser, 4,5 Th. Schwefelsäure und 4 Th. Salpetersäure, und lud mit dieser meine beiden Batterien, bestehend die eine aus 40 Paaren dreizölliger Platten und die andere aus vier hinter einander aufgestellten Porcellantrögen, von denen jeder zehn Paare vierquadratzölliger Platten (die Kupferplatten doppelt so groß) enthielt. Diese Batterien wurden nur abwechselnd angewandt, und jede derselben 20 bis 30 Minuten lang in Wirksamkeit erhalten, bis die Ladung beinahe erschöpft war; dabei wurde während der ganzen Zeit die Verbindung mit dem Volta-Elektrometer sorgfältig unterhalten und die Säure in den Trögen zuweilen durch einander gemischt. Auf diese Weise wirkte der erstere Trog so gut, dafs für jedes in dem Volta-Elektrometer zersetzte Aequivalent Wasser nur 2 bis 2,5 Aequivalent Zink von jeder Platte aufgelöst wurden. Bei vier Versuchen betrug das Mittel für jede Platte 2,21 und für die gesammte Batterie 88,4 Aequivalente. Bei den Versuchen mit den Porcel-

lantrögen betrug der Verbrauch an jeder Platte 3,54 und in der gesammten Batterie 141,6 Aequivalente. In einer vollkommenen voltaschen Batterie von vierzig Plattenpaaren (991. 1001) würde der Verbrauch an jeder Platte nur ein Aequivalent, also in der ganzen Batterie vierzig Aequivalente betragen haben.

1129) Aehnliche Versuche wurden mit zwei voltaschen Batterien angestellt, von denen die eine 20 Paare vierzölliger Platten in der (1124) beschriebenen Anordnung und die andere 20 Paare vierzölliger Platten in Porcellantrögen enthielt. Bei der ersteren betrug im Mittel aus fünf Versuchen der Verbrauch 3,7 Aequivalente für jede Platte oder 74 für die ganze Batterie; bei der zweiten aber, im Mittel aus drei Versuchen, 5,5 Aequivalente für jede Platte und 110 für die ganze Batterie. Zwei Versuche, die sehr stark gegen die Porcellantröge sprachen, wurden hiebei unberücksichtigt gelassen, da vermuthlich ein unbekannter störender Einfluss zufällig wirkte. Bei allen Versuchen wurde sorgfältig darauf gesehen, *neue* und *alte* Platten nicht mit einander zu vergleichen, indem daraus sehr große Fehler entsprungen seyn würden (1146).

1130) Als zehn Plattenpaare von der neuen Einrichtung angewandt wurden, betrug der Zinkverbrauch an jeder Platte 6,76 Aequivalente oder an sämmtlichen 67,6; bei zehn Plattenpaaren von gewöhnlicher Construction, in einem Porcellantrög, wurden im Mittel an jeder Platte 15,5 oder an sämmtlichen 155 Aequivalente oxydirt.

1131) Hienach kann kein Zweifel darüber bleiben, daß diese Form der voltaschen Batterie eben so gut und besser sey als die beste der bisher angewandten, namentlich als die mit Doppelplatten von Kupfer- und isolirten Zellen. Man ist daher der Isolation der Kupferplatten überhoben, und kann hauptsächlich dadurch anderweitige für die Praxis vortheilhafte Abänderungen mit der Construction des Troges vornehmen.

1132) Die Vortheile dieser Form des Troges sind zahlreich und grofs. I. Ist sie ungemein gedrungen, denn 100 Plattenpaare erfordern nur einen Trog von drei Fufs Länge. II. Nach Hrn. Dr. Hare's Plan, den Trog sich auf Kupferzapfen drehen zu lassen, die auf kupfernen Stützen ruhen, gewähren die letzteren  *feste* Enden, und diese habe ich sehr zweckmäfsig gefunden mit zwei Quecksilbernäpfchen zu verbinden, die vor dem Instrument befestigt sind. Diese festen Enden gewähren den grofsen Vorzug, dafs man den in Verbindung mit der Batterie zu gebrauchenden Apparat aufstellen kann,  *bevor*  die letztere in Wirksamkeit gesetzt ist. III. Der Trog ist mit Leichtigkeit in einem Augenblick zum Gebrauche fertig, indem ein einziger Krug ( *jug* ) verdünnter Säure zur Ladung von 100 Paaren vierzöfliger Platten hinreicht. IV. Läfst man den Trog eine Viertel-Umdrehung machen, so tritt er in Wirksamkeit, und man hat den grofsen Vortheil, dafs man bei dem Versuch die Wirkung des  *ersten Contacts*  zwischen Zink und Säure bekommt, welche doppelt und zuweilen dreimal so grofs ist als die, welche die Batterie eine oder ein Paar Minuten hernach hervorzubringen im Stande ist (1036. 1150). Wenn der Versuch beendet ist, kann die Säure auf einmal von den Platten abgegossen werden, so dafs die Batterie im ungeschlossenen Zustande niemals einen Verlust ausgesetzt ist; die Säure und Zink werden nicht unnützerweise verbraucht, und überdies wird die erstere dabei durch einander gemischt und gleichförmig gemacht, was die Resultate sehr verstärkt (1039), und bewirkt, dafs man, wenn man zu einem zweiten Versuche schreitet, wiederum die wichtige Wirkung des  *ersten Contact's*  bekommt. VI. Die Schonung des Zinks ist sehr grofs. Nicht blofs dafs das Zink, während der Schließung der Kette, eine gröfsere voltasche Wirkung ausübt (1128. 1129), wird auch  *alle*  die Zerstörung verhindert, die bei den gewöhnlichen Formen der Batterie zwischen den Versuchen statt-

findet. Diese Schonung ist so beträchtlich, daß das Zink, meiner Schätzung nach, in der neuen Form der Batterie dreimal so wirksam ist als in den gewöhnlichen. VII. Diese Schonung des Zinks ist nicht bloß wichtig wegen der Kosten-Ersparung, sondern weil dadurch die Batterie viel leichter und handhablicher wird, und auch weil die Zink- und Kupferflächen bei der Construction der Batterie viel näher an einander gebracht werden können, und so bleiben, bis ersteres abgenutzt ist. Der letzte Vortheil ist sehr wichtig (1148). VIII. Da ferner, in Folge der Schonung, dünne Platten so viel leisten als dicke, so kann gewalztes Zink angewandt werden. Ich habe das gewalzte Zink immer wirksamer als das gegossene gefunden, was ich seiner größeren Reinheit zuschreibe (1144). IX. Ein anderer Vortheil entspringt aus der Ersparung an Säure, die immer der Verringerung des aufgelösten Zinks proportional geht. X. Die Säure wird viel leichter erschöpft, und ihre Menge ist so klein, daß man niemals Veranlassung hat, eine alte Ladung abermals zu gebrauchen. Solche alte Säure löst oft, während die Kette geschlossen ist, aus den mit ihr gemengten und vom Zink herstammenden schwarzen Flöckchen (verschiedenen Metallen. *P.*) Kupfer auf; allein jeder Kupfergehalt der Ladung schadet bedeutend, weil er, durch die örtliche Wirkung der Säure und des Zinks, sich auf das letztere niederschlagen und dessen voltasche Thätigkeit zu verringern sucht (1145). XI. Bei Anwendung einer richtigen Mischung von Salpetersäure und Schwefelsäure zur Ladung (1139) wird kein Gas aus den Trögen entwickelt, so daß man eine Batterie von mehren hundert Plattenpaaren ohne Unbequemlichkeit neben sich haben kann. XII. Wenn die Säure im Laufe der Versuche erschöpft wird, kann man sie mit der äußersten Leichtigkeit fortnehmen und durch frische ersetzen, und nach Beendigung der Versuche lassen sich eben so die Platten auch sehr leicht abwaschen.

1133) Es sind jedoch mit dieser Einrichtung auch einige Unbequemlichkeiten verknüpft, die ich noch nicht Zeit hatte zu beseitigen, die sich aber, wie ich glaube, doch endlich werden entfernen lassen. Eine derselben besteht in der außerordentlichen Schwierigkeit, einen hölzernen Trog für den Wechsel von Feucht und Trocken, dem das volta'sche Instrument ausgesetzt ist, beständig wasserdicht zu machen. Um dieses Uebel zu heben, ist Hr. Neuman jetzt beschäftigt, sich Porcellantröge zu verschaffen. Der zweite Nachtheil besteht in einer Fällung des Kupfers auf die Zinkplatten; er scheint mir hauptsächlich daraus zu entspringen, daß die Papiere zwischen den Kupferplatten Säure zurückhalten, wenn der Trog geleert wird, und daß diese Säure durch langsame Einwirkung auf das Kupfer ein Salz bildet, welches sich allmählig mit der nächsten Ladung vermischt, und dann durch locale Action auf den Zinkplatten reducirt wird (1120); dadurch wird nun die Kraft der gesammten Batterie geschwächt. Ich glaube, daß wenn man die Kupferplatten an ihren Rändern durch Glasstreifen trennt, ihre Berührung hinreichend verhütet werde, und zwischen ihnen so viel Raum bleibe, daß man die Säure ausgießen, abwaschen und so, nach Beendigung des Versuchs, aus jedem Theil des Trogs entfernen kann.

1134) Die Vorzüglichkeit der nach diesen Plan von mir construirten Tröge glaube ich hängt zunächst und hauptsächlich von der größeren Nähe der Zink- und Kupferflächen ab (in meinen Trögen beträgt ihr Abstand nur ein Zehntel Zoll) (1148), und dann von den Vorzügen des gewalzten Zinks vor dem gegossenen, die man bei der Construction der gewöhnlichen Säule anwendet. (In Deutschland möchte man in den letzten Decennien wohl selten nur noch gegossenes Zink angewandt haben. *P.*) Die Isolation zwischen den benachbarten Kupferplatten kann keinen Nachtheil bringen; allein ich finde auch nicht, daß sie irgend einen Vortheil habe; denn

als ich sowohl bei den vierzig Paaren dreizölliger Platten als bei den zwanzig Paaren vierzölliger Platten Wachspapiere von solcher Gröfse anwandte, dafs sie, an den Rändern umgeschlagen, über einander griffen und Zellen bildeten, so isolirend wie die von Porcellan, war doch keine Steigerung der chemischen Action zu beobachten <sup>1)</sup>.

1135) Da, der Theorie nach, von den Rändern der Zink- und Kupferplatten aus, an den Seiten des Trogs, eine theilweise Entladung der Elektricität stattfinden mufs, so würde ich es vorziehen, Tröge zu construiren mit einer oder mehren Platten von Kronglas an den Seiten; der Boden braucht nicht von Glas zu seyn, doch würde dies hier und an den Enden keinen Nachtheil haben. Die Platten brauchen nicht darin befestigt zu seyn, sondern blofs hineingesetzt zu werden, auch brauchen sie nicht aus einzelnen grofsen Stücken zu bestehen.

#### §. 17. Einige practische Resultate in Bezug auf die Construction und den Gebrauch der voltaschen Batterie.

1136) Der Elektro-Chemiker kennt die practischen Resultate, welche die HH. Gay-Lussac und Thénard mit der voltaschen Batterie erhalten, und auf den ersten fünf und vierzig Seiten ihrer »*Recherches physico-chimiques*« bekannt gemacht haben. Wiewohl die folgenden Resultate von gleicher Natur sind, so werden sie doch hinreichend gerechtfertigt seyn durch die in den letzten Jahren gemachten Fortschritte in diesem Zweige der Wissenschaft, durch die Kenntnifs von der festen Wirkung der Elektricität und durch die genauere und wissenschaftlichere Methode, die Resultate nach den Aequivalenten des verbrauchten Zinks zu bestimmen.

1) Ein einfaches mit Wachs getränktes Papier vermochte die Elektricität eines Troges von vierzig Plattenpaaren zu isoliren.

1137) *Natur und Stärke der Säure.* — Meine Batterie aus 40 Paaren dreizölliger Platten wurde mit einer Säure geladen, bestehend aus 200 Th. Wasser und 9 Th. Vitriolöl. Im Mittel aus mehren Versuchen verlor jede Platte 4,66, oder die ganze Batterie 186,4 Aequivalente Zink für 1 Aequivalent Wasser, das im Volta-Elektrometer zersetzt wurde. Als sie mit einem Gemische von 200 Wasser und 16 Salzsäure geladen wurde, verlor jede Platte 3,8 oder die ganze Batterie 152 Aequivalente Zink für 1 Aequivalent zersetzten Wassers. Bei Ladung mit einem Gemisch von 200 Wasser und 8 Salpetersäure verlor jede Platte 1,85 oder die ganze Batterie 74,16 Aequivalente Zink für 1 Aequivalent zersetzten Wassers. Die Schwefelsäure und die Salzsäure entwickelten an den Platten im Trog viel Wasserstoff; die Salpetersäure gab aber gar kein Gas. Die relativen Concentrationen der angewandten Säuren sind bereits (1127) gegeben; allein ein Unterschied in dieser Hinsicht bringt keine erhebliche Verschiedenheit in den, so durch Aequivalente ausgedrückten Resultaten hervor (1140).

1138) So zeigt sich demnach die Salpetersäure am geeignetsten zu diesem Zweck. Ihre Vorzüglichkeit scheint davon abzuhängen, dafs sie, nach den bereits (905. 973. 1022) aus einander gesetzten Grundsätzen, die Electrolysirung der Flüssigkeit in den Zellen des Trogs, und daher auch den Durchgang der Elektrizität und die Bildung der Uebertragungskraft (*transferable power*) (1120) begünstigt.

1139) Es liefs sich darnach erwarten, dafs die Schwefelsäure und Salzsäure durch einen Zusatz von Salpetersäure wirksamer würden. Zu dem Ende wurde der Trog geladen mit einem Gemisch von 200 Wasser, 9 Vitriolöl und 4 Salpetersäure; der Zinkverbrauch betrug für jede Platte 2,786 und für die ganze Batterie 111,5 Aequivalente. Bei Ladung mit 200 Wasser, 9 Vitriolöl und 8 Salpetersäure betrug der Verbrauch 2,26 oder für die

ganze Batterie 90,4 Aequivalente; bei Ladung mit 200 Wasser, 16 Salzsäure und 6 Salpetersäure nur 2,11 für jede Platte und 84,4 für die ganze Batterie. Aehnliche Resultate wurden mit meiner Batterie von 20 Paaren vierzölliger Platten erhalten (1129). Hieraus ist klar, daß der Zusatz der Salpetersäure zur Schwefelsäure von großem Nutzen ist; daher wurde denn von nun an für die gewöhnlichen Versuche meistens eine Ladung von 200 Wasser, 4,5 Vitriolöl und 4 Salpetersäure angewandt.

1140) Man darf nicht glauben, daß die verschiedene Concentration der Säuren die obigen Unterschiede veranlafste; denn ich habe gefunden, daß die elektrolytischen Effecte innerhalb gewisser Gränzen sich nahe wie die Concentrationen der Säuren verhalten, so daß die Kraft, wenn sie in Aequivalenten ausgedrückt wird, nahe constant bleibt. Wenn z. B. der Trog mit einem Gemisch von 200 Wasser und 8 Salpetersäure geladen ward, verlor jede Platte 1,854 Aequivalente Zink; bei Ladung mit 200 Wasser und 16 Salpetersäure betrug der Verlust auf die Platte 1,82 Aequivalente, und bei Ladung mit 200 Wasser und 32 Salpetersäure betrug er 2,1 Aequivalente. Die Unterschiede sind also nicht größer als sie aus unvermeidlichen Unregelmäßigkeiten, die mit der Stärke der Säure nichts zu schaffen haben, entspringen.

1141) Als ferner eine Ladung, bestehend aus 200 Wasser 4,5 Vitriolöl und 4 Salpetersäure, gebraucht ward, verlor jede Zinkplatte 2,16 Aequivalente; bei Ladung mit 200 Wasser, 9 Vitriolöl und 8 Salpetersäure betrug der Verlust für jede Platte 2,26 Aequivalente.

1142) Ich brauche wohl nicht zu sagen, daß bei der regelmässigen Wirkung des voltaschen Trogs kein Kupfer aufgelöst wird. Dagegen habe ich gefunden, daß bei Anwendung von Salpetersäure, reiner oder mit Schwefelsäure gemischter, viel Ammoniak in den Zellen gebildet wird. Es bildet sich in den Zellen zum Theil als ein secundäres Resultat an den Kathoden (663) der ver-

schiedenen Portionen des Fluidums, welches den nothwendigen Elektrolyten ausmacht.

1143) *Gleichförmigkeit der Ladung.* — Sie ist ein höchst wichtiger Umstand, wie bereits (1042 u. s. w.) experimentell gezeigt worden ist, und daraus entspringt der große Vortheil bei der mechanischen Vorrichtung von Dr. Hare's Apparat.

1144) *Reinheit des Zinks.* — Reines Zink würde zur Construction des voltaschen Apparats sehr vortheilhaft seyn (998). Die meisten Zinksorten bekleiden sich in verdünnter Schwefelsäure mehr oder weniger mit einer Kruste von unlöslichen Substanzen, bestehend aus Kupfer, Blei, Zink, Eisen, Kadmium u. s. w. im metallischen Zustande. Dergleichen Substanzen nehmen einen Theil der Uebertragungskraft fort, machen dieselbe local und schwächen die Batterie. Als eine Anzeige von der mehr oder weniger vollkommenen Wirkung der Batterie will ich hier erwähnen, daß sich an den Zinkplatten kein Gas entwickeln darf. Je mehr Gas an diesen Flächen entsteht, desto größer ist die locale Action und desto geringer die Uebertragungskraft. Jene Kruste ist auch darum schädlich, als sie Verschiebung und Erneuerung der Ladung an der Zinkfläche hindert. Dasjenige Zink, welches sich in verdünnter Säure am saubersten löst, löst sich auch am langsamsten <sup>1)</sup>, und ist das beste. Kupferhaltiges Zink besonders muß vermieden werden. Im Allgemeinen habe ich gewalztes Lütticher oder Mosselman's Zink am reinsten gefunden, und diesem Umstande schreibe ich zum Theil die Vorzüge der neuen Batterie zu (1134).

1145) *Sauberkeit der Zinkplatten.* — Nach dem Gebrauch müssen die Platten der Batterie von dem metallischen Pulver auf ihren Oberflächen gereinigt werden, besonders wenn man sie anwendet, um die Gesetze der Wirkung der Batterie zu studiren. Bei den (1125 etc.) beschriebenen Versuchen mit den Batterien mit Porcellantrögen wurde diese Vorsicht immer beachtet. Wenn

1) S. De la Rive, Ann. Bd. XIX S. 221.

P.

ein Paar schmutzige Platten mit vielen sauberen gemischt sind, machen sie die Wirkung in den verschiedenen Zellen unregelmäßig; die Uebertragungskraft wird dadurch geschwächt, und dadurch die örtliche oder verlorene gehende Kraft vermehrt. Ein alte, Kupfer enthaltene Ladung darf nicht zur Erregung der Batterie angewandt werden.

1146) *Neue und alte Platten.* — Ich habe die voltaschen Batterien weit wirksamer gefunden, wenn die Platten neu waren als wenn ich sie zwei oder drei Mal gebraucht hatte. Eine neue und eine alte Batterie kann man nicht mit einander vergleichen, selbst nicht eine Batterie mit sich selbst in der ersten und späteren Zeit ihres Gebrauchs. Mein Trog von 20 Paaren vierzölliger Platten, geladen mit einem Gemisch von 200 Wasser, 4,5 Vitriolöl und 4 Salpetersäure, verlor, nach der ersten Zeit ihres Gebrauchs, 2,32 Aequivalente auf die Platte; als sie zum vierten Male mit derselben Ladung gebraucht ward, betrug der Verlust für jede Platte 3,26 bis 4,47 Aequivalente. Das Mittel aus beiden Verlusten ist 3,7 Aeq. Die vierzigpaarige Batterie (1124) verlor in der ersten Zeit ihres Gebrauchs nur 1,65 Aequivalente auf die Platte, späterhin 2,16; 2,17 und 2,52. Als die 20 Paare vierzölliger Platten in Porcellantrögen zum ersten Mal gebraucht wurden, betrug der Verlust auf die Platte nur 3,7 Aequivalente; allein späterhin 5,25; 5,36 und 5,9. Und doch war immer vor jedem Versuch das Zink vom anhängenden Kupfer gereinigt worden.

1147) Beim gewalzten Zink schien die Kraftabnahme bald constant zu werden, d. h. nicht weiter zu schreiten. Allein bei den gegossenen Zinkplatten, die zu den Porcellantrögen gehörten, schien sie bis zuletzt bei derselben Ladung immer fortzudauern; jede Platte verlor, für eine gegebene Gröfse der Wirkung, mehr als zwei Mal so viel Zink als anfangs. Diese Tröge wurden jedoch so unregelmäßig; dafs ich die Umstände, welche den Betrag

der elektrolytischen Wirkung afficirten, nicht immer bestimmen konnte.

1148) *Nähe des Kupfers und Zinks.* — Die Wichtigkeit dieses Punkts in der Construction der voltaschen Batterien und die Kraft der unmittelbaren Wirkung, welche man erhält, wenn Zink und Kupfer nahe an einander stehen, sind wohl bekannt. Ich finde, daß die Kraft nicht nur größer ist im Augenblick, sondern auch, daß die Summe der Uebertragungskraft in Bezug zur ganzen Summe der chemischen Action der Platten, sehr vergrößert wird. Die Ursache dieses Gewinns ist sehr einleuchtend. Alles was die Circulation der Uebertragungskraft (d. h. der Elektrizität) zu verlangsamen trachtet, vermindert auch den Betrag dieser Kraft und vermehrt den der localen (990. 1120). Nun besitzt die Flüssigkeit in den Zellen diese Verzögerungskraft, und deshalb wirkt sie schädlich, mehr oder weniger, als die Quantität derselben zwischen den Zink- und Kupferplatten, d. h. als der Abstand zwischen diesen, größer ist. Ein Trog also, in welchem die Platten nur den halben Abstand wie in einem anderen haben, wird mehr Uebertragungskraft und weniger örtliche Kraft als der letztere ausüben, und daher wird, weil der Elektrolyt in den Zellen den Strom leichter durchlassen kann, sowohl die Intensität als die Quantität der Elektrizität für einen gegebenen Verbrauch von Zink vergrößert. Von diesem Umstande hauptsächlich leite ich die Vorzüglichkeit des (1134) beschriebenen Troges ab.

1149) Der Vorzug der *doppelten Kupferplatten* vor den einfachen hängt auch zum Theil von dem Widerstand des Elektrolyten zwischen den Metallen ab. Denn bei doppelten Kupferplatten wird der Querschnitt der dazwischen befindlichen Säure wirklich doppelt so groß als bei einfachen Kupferplatten, und daher läßt die Säure die Elektrizität leichter durch. Doppelte Kupferplatten sind jedoch hauptsächlich wirksam, weil sie in der That  
die

die wirkende Zinkfläche verdoppeln oder nahe verdoppeln; denn in einem Trog mit einfachen Kupferplatten und von der gewöhnlichen Construction der Zellen, ist diejenige Oberfläche des Zinks, welche nicht der Kupferfläche gegenübersteht, fast ganz aus der voltaschen Wirkung gerissen; allein dennoch fährt die Säure fort auf dieselbe zu wirken und Metall aufzulösen, wodurch sie wenig mehr als eine locale Wirkung thut (947. 996). Allein wenn man das Kupfer, bei verdoppelter Grösse, der zweiten Fläche der Zinkplatte gegenüberstellt, wird ein grosser Theil der Wirkung auf die letztere in Uebertragungskraft verwandelt, und so die Wirksamkeit des Trogs, was die Quantität der Electricität betrifft, sehr verstärkt.

1150) *Erste Eintauchung der Platten.* — Die grosse Wirkung beim ersten Eintauchen der Platten (abgesehen davon, dass sie neu oder gebraucht sind (1146)), habe ich früher (1003. 1037) dem unveränderten Zustand der mit den Zinkplatten in Berührung kommenden Säure zugeschrieben. So wie die Säure neutralisirt wird, nimmt ihre erregende Kraft stufenweise ab. Hare's Trog ist sehr vortheilhaft in dieser Beziehung, da die Flüssigkeit durchgemischt, und jedesmal, wenn man sie nach Ruhe wieder gebraucht, eine gleichsam frische Oberfläche der Säure an die Metallplatten gebracht wird.

1151) *Anzahl der Platten* <sup>1)</sup>. — Welche Zahl von Platten bei Anwendung einer Batterie zu chemischen Zersetzungen am Vortheilhaftesten sey, hängt fast gänzlich von dem Widerstande ab, der an dem Wirkungsort zu überwinden ist; indess, wie auch dieser Widerstand beschaffen seyn mag, so giebt es doch eine gewisse Zahl, welche öconomischer ist als eine andere, grössere oder kleinere. Zehn Paar vierzölliger Platten in einem Porcellantroge von gewöhnlicher Construction gaben, im Volta-Elektrometer, bei Wirkung auf verdünnte Schwe-

1) Gay-Lussac und Thénard, *Recherches physico-chimiques*, T. I p. 29.

felsäure von 1,314 spec. Gewicht, durchschnittlich einen Zinkverbrauch von 15,4 Aequivalenten pro Platte oder 154 für die ganze Batterie. Zwanzig Paare derselben Platten, mit derselben Säure, gaben nur einen Zinkverbrauch von 5,5 pro Platte oder 110 für die ganze Batterie. Bei Anwendung von vierzig Paaren derselben Platten war der Verbrauch 3,54 Aequivalente für die Platte, und 141,6 für die ganze Batterie. Die Anordnung des Zinks zu zwanzig Platten war also in Betreff des Verbrauchs vortheilhafter als die zu zehn oder vierzig Platten.

1152) Bei zehn Paaren meiner vierzölligen Platten (1129) verlor jede 6,76 und das Ganze 67,6 Aequivalente Zink, während bei zwanzig Paaren derselben Platten, erregt durch dieselbe Säure, jede 3,7 und das Ganze 74 Aequivalente verlor. In anderen vergleichenden Versuchen über die Plattenzahl betrug, bei zehn Paaren dreizölliger Platten (1125) der Verlust für jede Platte 3,725 und für das Ganze 37,25, während er bei zwanzig Paaren für jede Platte 2,53 oder im Ganzen 50,6, so wie bei 40 Paaren für die Platte 2,21 oder im Ganzen 88,4 betrug. In diesen beiden Fällen war mithin die Vermehrung der Platten-Anzahl nicht vortheilhaft gewesen für die Erzeugung von *Uebertragungskraft* aus der *ganzen Quantität* der an den Erregungsflächen wirksamen *chemischen Kraft* (1120).

1153) Hätte ich aber in dem Volta-Elektrometer eine schwächere Säure oder einen schlechteren Leiter angewandt, so würde die größte Wirkung erst bei einer größeren Anzahl von Platten eingetreten seyn, und umgekehrt, wenn ich einen besseren Leiter in dem Volta-Elektrometer angewandt hätte als wirklich geschah, würde ich die Plattenpaare selbst bis auf eins haben vermindern können, wie z. B. im Fall, wenn ein dicker Draht zur Schließung der Kette gebraucht wird (865). Die Ursache dieser Variationen muß sehr einleuchten, wenn man bedenkt, daß jede dem voltaschen Apparat hinzugefügte Platte die Menge der von der ersten Platte in Bewegung

gesetzten Uebertragungskraft oder Elektrizität um nichts vergrößert, vorausgesetzt dafs ein guter Leiter vorhanden sey, sondern dafs sie blofs die Intensität dieser Quantität zu erhöhen sucht, so dafs diese den Widerstand schlechter Leiter besser zu überwinden vermag.

1154) *Grofse oder kleine Platten.* — Die vortheilhafte Anwendung grofser oder kleiner Platten zu Elektrolisirungen hängt von der Leichtigkeit ab, mit welcher die Uebertragungskraft oder Elektrizität übergehen kann. Wenn für einen besonderen Fall die wirksamste Zahl von Platten bekannt ist (1151), so würde der vortheilhafteste Zusatz von Zink in einer *Vergrößerung* der Platten und nicht in einer *Vermehrung* derselben bestehen. Zugleich würde eine starke Vergrößerung der Platten die vortheilhafteste Anzahl derselben ein wenig vergrößern.

1155) *Grofse und kleine Platten dürfen nicht zusammen in einer Batterie angewandt werden;* die kleinen schwächen die Kraft der grofsen, wenn sie nicht durch eine verhältnifsmäfsig stärkere Säure angeregt werden; denn mit einer gewissen Säure können sie in einer gegebenen Zeit nicht so viel Elektrizität durchlassen, als die nämliche Säure durch Einwirkung auf die gröfseren Platten zu entwickeln vermag.

1156) *Gleichzeitige Zersetzungen.* — Wenn die Anzahl der Platten in einer Batterie die vortheilhafteste (1151 bis 1153) stark überschreitet, können zwei oder mehre Zersetzungen gleichzeitig mit Vortheil unternommen werden. So erzeugten meine vierzig Plattenpaare (1124) in Einem Volta-Elektrometer 22,8 Kubikzoll Gas. Als sie genau auf dieselbe Weise wieder geladen wurden, gaben sie in jedem von zwei Volta-Elektrometern 21 Kubikzoll. Im ersten Versuch betrug der gesammte Verbrauch an Zink 88,4 Aequivalente, und in dem zweiten nur 48,28 Aequivalente für das Ganze des in beiden Volta-Elektrometern zersetzten Wassers.

1157) Als aber die zwanzig Paare vierzölliger Platten (1129) in ähnlicher Weise versucht wurden, ergaben sich entgegengesetzte Resultate. Mit Einem Volta-Elektrometer wurden 52 Kubikzoll Gas erhalten, mit zwei nur 14,6 Kubikzoll in jedem. Die Quantität der Ladung war nicht gleich in beiden Fällen, wohl aber die Stärke derselben. Als indess die Resultate, um sie vergleichbar zu machen, auf Aequivalente reducirt wurden (1126), fand sich, daß der Verbrauch an Metall im ersten Fall 74, und im letzten 97 Aequivalente für das *Gesamnte* des zersetzten Wassers betrug. Diese Resultate hängen natürlich von denselben Verzögerungsumständen u. s. w. ab, welche ich anführte, als ich von der geeigneten Plattenzahl sprach (1151).

1158) Daß die *Uebertragungs-* oder, wie man es gewöhnlich nennt, die *Leitungskraft* eines zu zersetzenden Elektrolyten oder anderen eingeschalteten Körpers möglichst gut seyn müsse<sup>2)</sup>, ist sehr einleuchtend (1020. 1120). Bei einem vollkommen guten Leiter und einer guten Batterie geht fast alle Elektrizität über, d. h. *fast alle* chemische Kraft wird überführbar, selbst bei einem einzelnen Plattenpaar (867). Bei Dazwischensetzung eines Nichtleiters wird nichts von der chemischen Kraft übergeführt. Bei einem unvollkommenen Leiter wird von dieser Kraft mehr oder weniger übergeführt, je nachdem die Umstände, welche diese Ueberführung durch den unvollkommenen Leiter begünstigen, erhöht oder geschwächt werden. Diese Umstände sind: Steigerung des Leitungsvermögens, Vergrößerung der Elektroden, gegenseitige Annäherung der Elektroden und Verstärkung des durchgehenden Stroms.

1159) Gewöhnliches Brunnenwasser in einem der Volta-Elektrometer bei den zwanzig Paaren vierzölliger Platten (1156) angewandt, veranlafte eine solche Hem-

1) Gay-Lussac und Thénard, *Recherches physico-chimiques*, T. I p. 13, 15, 22.

mung, daß nicht ein Funfzehntel von der überführbaren Kraft durchging, die ohne dasselbe circulirt haben würde Vierzehn Funfzehntel von der Nutzkraft der Batterie waren also zerstört und in örtliche Kraft verwandelt (welche sich durch die Gasentwicklung an den Zinkplatten zu erkennen gab), und doch waren die Platin-Elektroden in dem Wasser drei Zoll lang, fast einen Zoll breit und nicht einen Viertelzoll aus einander.

1160) Diese Umstände, d. h. die Erhöhung der Leitungskraft, die Vergrößerung der Elektroden und die Annäherung derselben müssen besonders bei den *Volta-Elektrometern* beachtet werden. Die Grundsätze, auf denen ihr Nutzen beruht, sind so einleuchtend, daß sie hier nicht weiter entwickelt zu werden brauchen.

Royal Institution, 11. Oct., 1834.

---

## II. *Beschreibung zweier neuen thermo-elektrischen Säulen und ihres Gebrauchs zu Untersuchungen über die Wärme; von Hrn. L. Nobili.*

(In einem besonderen Abzuge aus der *Antologia di Firenze* übersandt von dem Verfasser, der leider seitdem der Wissenschaft durch einen frühzeitigen Tod entrissen worden ist) <sup>1)</sup>.

---

In der Sammlung meiner Abhandlungen <sup>2)</sup> habe ich unter dem Artikel *Thermomultiplicator* die verschiedenen Arten von Säulen beschrieben, mit denen man dieses Instrument versehen kann. Darunter ist auch eine, wel-

1) Eine zweite Abhandlung verwandten Inhalts, betitelt: *Memoria su l'andamento e gli effetti delle correnti elettriche dentro le masse conduttrici*, die ich später noch vom Verfasser zugesandt erhielt, hoffe ich den Lesern, wenigstens auszugsweise, in einem der ersten Hefte des künftigen Jahrgangs vorlegen zu können.

P.

2) *Vol. II p. 47, Firenze 1834.*