

Eine konstante Chromsäurebatterie

für Unterrichtsversuche.

1. Ankündigung.

Die galvanische Elektrizität wird im Unterrichte zu den verschiedensten Zwecken gebraucht. Solange nur schwache oder wenig konstante Ströme in Betracht kommen, leisten Daniell bez. Leclanché was man will; sind aber stärkere Ströme von einiger Dauer nötig, so fehlt eine geeignete Stromquelle¹⁾. Denn die Benutzung von Salpetersäure bleibt aus bekannten Gründen misslich, und auch eine Dynamomaschine leistet zwar für den bestimmten Zweck, auf welchen sie eingerichtet ist, ausgezeichnete Dienste, kann aber eine Batterie, deren Elemente in verschiedener Zahl und Gruppierung schaltbar sind, nicht ersetzen²⁾: man müsste sie denn nur mittelbar zum Laden von Sekundärelementen benutzen. Das letztere Verfahren wird neuerdings von Kohlrausch³⁾ empfohlen, doch sind für Mittelschulen die Anschaffungskosten zu hoch. Ein leidlich kräftiger Primärstrom von hinreichender Konstanz, in jedem Augenblicke zur Verfügung und nach Bedarf mit mehr oder weniger Elementen in allen möglichen Schaltungen zu gebrauchen, ein solcher ist noch heute der unerfüllte Wunsch jedes experimentierenden Lehrers der Physik⁴⁾.

Die folgenden Mitteilungen sind weit entfernt, vollendetes zu geben, sie wollen auch nicht gelehrt sein: doch enthalten sie vielleicht einiges brauchbare.

2. Allgemeines über Chromsäureelemente.

Es handelt sich um eine Verbesserung der bekannten Chromsäuretauchelemente mit einer Flüssigkeit. Der Verfasser hat sich trotz seiner vielen Vorgänger noch einmal an die Untersuchung dieser Stromquelle gewagt, weil ihre Vorzüge so gross sind, dass es einem schwer fällt, ihren wesentlichen Fehler als unverbesserlich anzuerkennen. Dieser besteht in der schnellen Abnahme der Stromstärke; denn der bedeutende Verbrauch an Zink und Flüssigkeit kann bei den Stromzeiten, die für Unterrichtszwecke vorkommen, ertragen werden.

¹⁾ Kohlrausch, in Wied. Ann. 1888, No. 7, S. 583: Dass ein Bedürfnis im Laboratorium nach einem Element vorliegt, welches bei nahe konstanter elektromotorischer Kraft starke Ströme längere Zeit hindurch zuverlässig liefert, und dass auch die brauchbarsten der Primärelemente diesem Bedürfnis nur mangelhaft entsprechen, unterliegt wohl keinem Zweifel.

²⁾ Vgl. Weinhold, Demonstrat., 1. Aufl., p. 642.

³⁾ Wied. Ann. 1888, No. 7, X.

⁴⁾ Dieser Wunsch ist berechtigt. Solange Zurichtung und Instandhaltung von Hydroelementen mehr Zeit fordern, als die Vorbereitung der mit gegebenem Strome anzustellenden Versuche, müssen die letzteren, beim besten Willen des Lehrers, sehr beschränkt werden: auch wenn demselben durch Entgegenkommen der Direktion passende Vorbereitungsstunden zur Verfügung gestellt sind. Wie selten könnte man Licht und Feuer benutzen, müsste man jedesmal, um solches zu erzeugen, zwei Hölzer eine viertel Stunde an einander reiben! Eine Beschränkung in der Benutzung des galvanischen Stromes ist aber um so weniger wünschenswert, als gerade hier erfahrungsmässig möglichste Wiederholung der Versuche für das Verständnis der Schüler nötig ist und weil der Strom auch als Mittel zum Zwecke in verschiedenen Teilen der Physik gute Dienste leistet (glühender Draht zum Glassprengen, für Wärmeausdehnungs-, spektroskopische und Interferenzversuche, Knallgasblasen für Schallwirkung an entfernter Membran, Magnetisierung von Stahl, Treiben von Motoren u. a.), von der umfangreichen chemischen Verwendbarkeit ganz abgesehen.

Neue Anpreisungen, wie die Kalibatterie mit Hypermangansäure, oder Leclanchébatterien mit grossen Flächen und neuen Namen sind Zeichen des trotz aller Dynamomaschinen vorhandenen Bedürfnisses. Neuerdings hat das physikalisch-technische Institut von Benecke in Berlin eine dreissegelementige Chromsäurebatterie zusammengestellt, welche Hilfe schaffen soll. Die Elemente sind sämtlich hintereinander geschaltet; jedes enthält $\frac{1}{2}$ l Flüssigkeit!

Die Ursache des bezeichneten Übels ist die denkbar ungünstigste: die Abnahme der elektromotorischen Kraft in Verbindung mit beschleunigtem Wachsen des inneren Widerstandes. Diese sind ihrerseits durch die chemische Veränderung der Flüssigkeit und durch die Verstopfung der Poren der Kohle mit den Krystallen der gebildeten Chromzinkverbindung bedingt.

Dem ersten Übelstande ist nur durch Erneuerung und Bewegung der Flüssigkeit abzu-
helfen. Fabre de Lagrange, Chutaux, Camacho, Higgins, Grenet, Jarriant, Slater haben in solcher Beziehung Vorrichtungen ersonnen⁵⁾, auch der Verfasser kann im Gedanken nichts Neues geben.

Aber die Ausführung ist hier die Hauptsache.

Man hat zu sorgen, dass die Batterie überall ohne Nebeneinrichtungen aufgestellt werden kann, dass sie dauerhafter Konstruktion, dass ihre Handhabung leicht und durchaus reinlich ist. Eigens zu treibende Gebläsevorrichtungen, Pumpwerke, alles, was allmäliger Zerstörung oder Störungen ausgesetzt ist, sind zu vermeiden.

Den zweiten Nachteil, die Verstopfung der Kohlenporen, hat man bisher durch Auswaschen nach dem Gebrauche zu heben gesucht. Diese Aushilfe ist offenbar unvollkommen, von ihrer Umständlichkeit ganz abgesehen.

Damit ist angedeutet, was der Verfasser nicht will.

3. Die erregende Flüssigkeit.

An der alten Bunsenschen Vorschrift hält man in Deutschland mit grosser Zähigkeit fest. Wohl sind Bereitungsweise und quantitative Zusammensetzung willkürlich verändert worden, aber qualitativ stimmen bis in die neueste Zeit alle Rezepte überein: man benutzt Kaliumdichromat und verdünnte Schwefelsäure.

Jeder, der seine Arbeit selbst macht, weiss, dass die Bereitung langwierig oder unangenehm ist, sobald grössere Mengen in Betracht kommen. Ich meine die Zerkleinerung des Salzes oder die Lösung in heissem Wasser oder die Herstellung eines Breies durch unmittelbaren Zusatz von starker Säure. Die Anfragen, welche in solcher Beziehung immer von Neuem in deutschen Lehrerschriften auftauchen, zeugen davon. Aber ich habe noch keine tröstliche Antwort gelesen⁶⁾.

Trotzdem benutzen Grenet und Jarriant in Paris⁷⁾ schon im Jahre 1882 aus gutem Grunde statt des Kaliumsalzes das entsprechende Natriumsalz. Auch in Deutschland ist das Natriumdichromat seit Jahren genügend rein und billig im Handel zu haben und seine Verwendung ist so ungleich vorteilhafter, als die des Kaliumchromats, dass es einen wahrlich Wunder nimmt, das letztere immer wieder wie alleinberechtigt genannt zu sehen.

Das Natriumsalz löst sich mit der grössten Leichtigkeit auch in kaltem Wasser, man kann die Säure sofort zusetzen und erhält in der kürzesten Zeit so viele Liter Flüssigkeit als man will. Auf die Genauigkeit der Zusammensetzung kommt wenig an. Ich nehme auf 1 Liter

⁵⁾ Diese beziehen sich zum Teil auf Chromsäureelemente mit einer Flüssigkeit, zum Teil auf solche, wo die Chromsäure durch Thonzelle von der Erregungsflüssigkeit getrennt ist. Ausführliches darüber ist zusammengestellt bei Hauck, galvanische Batterien, Elektrotechnische Bibliothek, 4. Bd.

Vgl. auch Thomas Slater, Patentschrift d. deutschen Reiches, 1880, No. 10 028. Die dort beschriebene Batterie ist viel zu kompliziert, um brauchbar zu sein; dennoch besitzt sie keine Luftzufuhr. Die Angaben über die Ausführung sind in wesentlichen Dingen so allgemein gehalten, dass die Möglichkeit der technischen Herstellung nicht einleuchtet. So ist u. a. die Rede „von irgend einem passenden Material, welches von der Lösung nicht angegriffen wird“. Die Konstruktion von 1880 ist jedenfalls auf dem Papiere gemacht. Seitdem ist dem Verf. nichts bekannt geworden.

⁶⁾ Zeitschrift z. Förderung d. phys. Unterrichts, Berlin, Dez. 1884, S. 71, ebendas. Dez. 1886, S. 277, Zeitschrift für phys. u. chem. Unterricht, redig. von Poske, Dez. 1887, S. 88.

⁷⁾ La Nature, No. 480, 1882.

Wasser 200 gr Schwefelsäure und 100 gr Salz⁸⁾. Die Flüssigkeit wirkt ebenso stark, als die Bunsensche, aber sie hat einen weitern Vorzug vor dieser voraus.

Das Endprodukt der elektrochemischen Wirkung des Zinkes und der Kaliumchromatflüssigkeit ist meist der gern krystallisierende und sehr schwer lösliche Kaliumchromalaun⁹⁾.

Derselbe verstopft durch zahllose harte Krystalle die Poren der Kohle und verkleinert so ihre wirksame Oberfläche. Wenn diese Krystallisation während einer kurzen Stromzeit noch nicht zu Stande gekommen ist, so tritt sie sicher nach derselben ein, mag man die Kohle in der Flüssigkeit lassen oder mag man sie herausziehen. Daher kann es kommen, dass ein Strom, der bei der Unterbrechung kräftig war, wenn er einige Zeit später neue Dienste leisten soll, bedeutend schwächer und zu dem Zwecke, dem er vorher diente, unbrauchbar ist, ohne dass etwa ein Temperaturunterschied der Flüssigkeit die Ursache wäre.

Das ist bei der Benutzung des Natriumsalzes anders. Die Verbindungen, welche hier unter Mitwirkung des Stromes auftreten können, sind sämtlich sehr leicht löslich; die Poren der Kohle bleiben, so lange letztere in die Flüssigkeit eingetaucht ist, immer mit flüssiger bez. schmieriger Substanz gefüllt. Sollten nach dem Ausheben der Kohle wirklich angetrocknete Salze vorhanden sein, so wird der leidige Zustand bald nach dem Eintauchen gehoben.

Damit ist die eine in Art. 2 angedeutete Ursache der Stromschwächung beseitigt. Will man dennoch in längeren Pausen eine Reinigung der Kohle vornehmen, so genügt die Anwendung von kaltem Wasser.

Anmerkung. Soll die Kohle vollkommen unverändert bleiben, so tränkt man sie von vornherein in siedendem Paraffin. Der Widerstand wird zwar wesentlich erhöht, — bei den dichteren Kohlensorten gewöhnlicher Stärke muss man etwa drei paraffinierte Kohlen für eine poröse nehmen, um denselben Strom zu erhalten, — aber man hat den Vorteil, dass die Ableitungselektrode eine platinähnliche Unveränderlichkeit gewinnt: Das Paraffin ist gegen Chromsäure in hohem Grade widerstandsfähig.

4. Die Flussvorrichtung.

Bei der Erneuerung der Flüssigkeit müssen Zu- und Abfluss sich derart aufheben, dass die gespülte Fläche der Elektroden gleich gross bleibt; im gegenteiligen Falle würde die Flussvorrichtung der Konstanz des Stromes mehr schaden können, als durch den Ersatz der verbrauchten Flüssigkeit genützt wird.

Der Abfluss soll auch sicher sein, d. h. bei plötzlich vermehrtem Zuflusse oder bei dem Eintauchen der Elektroden in ein etwa überfülltes Elementengefäß ohne Verunreinigung der Batterie stattfinden.

Eingedichtete Abflussröhren dürfen nicht verwendet werden, weil die Dichtung, man mag das Material wählen, wie man will, dennoch allmählig durch die Einwirkung der Chromsäure leidet. Dabei möchten die Elementengefäße möglichst einfach und der Zerbrechlichkeit durch angeschmolzene Tuben mit Ausflusshähnen nicht ausgesetzt sein.

Wenn man alle diese Forderungen erfüllen will, bleibt nichts übrig, als die Elementen gläser unmittelbar überlaufen zu lassen, ein Verfahren, welches gleichzeitig eine volle Ausnutzung des Raumes derselben gestattet.

⁸⁾ Es mag noch günstigere Verhältnisse geben. Jedenfalls ist aber die Äquivalentrechnung hier nicht allein massgebend, weil bei höherem Schwefelsäuregehalt das Zink zu stark angegriffen wird.

⁹⁾ Man kann allerdings durch sorgfältiges Abwägen und genaue Zubereitung ein etwas löslicheres Produkt, ein Gemisch von Kalium-Chrom- und Zinksulfat erhalten. Doch fällt der Vergleich, von der Umständlichkeit der Bereitung ganz abgesehen, auch hier zu Gunsten des Natriumsalzes aus.

Die Gläser stehen deshalb in geräumigen Untersetzern, deren Boden in der Mitte durchbohrt ist, so dass die in dieselbe übergelaufene Flüssigkeit weiter fließen kann. Elementen- gläser und Untersetzer sind in Fig. 2 und Fig. 3 mit b und c bezeichnet.

Der Zufluss in die Elemente geschieht durch Trichterrohre, welche bis auf den Boden der Gefässe reichen. Damit ist erzielt, dass die zufließende Flüssigkeit, welche jedenfalls spezifisch leichter als die übrige ist, durch die letztere hindurch — und an den Elektroden vorüber — gehen muss, ehe sie abfließen kann¹⁰⁾.

Die Gefässe, aus denen der Zufluss gespeist wird, sind nach Mariotte für konstanten Ausfluss eingerichtet. Dabei ist wieder Rücksicht genommen, dass keine schadhafte Dichtung Unreinigkeiten verursachen, ebenso dass ein Zerschneiden der Flaschen durch Anstossen nicht eintreten kann. Fig. 7 zeigt die nach diesen Gesichtspunkten eingerichteten Flaschen von etwa zehn Liter Inhalt; sie sind durch Ausschnitte in der Holzbekleidung sicher fortzuschaffen und zu heben.

Ein einmaliges Anblasen der gefüllten Flasche durch das Luftrohr z füllt den Heber w, der danach mittelst des Hahnes x zu schliessen ist. Darauf wird z geschlossen, und nun fließt, bei Öffnung von x, die Flüssigkeit gleichmässig aus, während die Luft durch das Trichterrohr w in einzelnen Blasen in der Flasche aufsteigt. Die notwendige Dichtung im Halse der Flasche wird ein für alle Male hergestellt; auch, wenn man die Flasche wieder füllen will, braucht, von der Drehung der Glashähne abgesehen, nichts geändert zu werden.

Fig. 3 zeigt, wie die Flüssigkeit aus einer eben beschriebenen Flasche a durch zwei Elemente hindurch in eine zweite solche abfließt. Man erkennt, dass die Batterie von Neuem dienstfertig ist, wenn man die gefüllten untern Flaschen mit den leeren oberen vertauscht und die entsprechenden Änderungen der Hahnstellungen vornimmt.

5. Durchrührung und Luftzufuhr.

Die Gründe, aus denen die Zufuhr von Luft in das Innere der Flüssigkeit und die damit bewirkte Durchrührung derselben der Konstanz des Stromes förderlich sind, können verschiedene sein, sind aber jedenfalls vorhanden. Grenet und Jarriant in Paris stellten, um den bezeichneten Zweck zu erreichen, bei ihrer grossen Chromsäureflussbatterie¹¹⁾ eine besondere Luftpumpe auf.

Hier soll gezeigt werden, wie dasselbe durch den Fall der fließenden Flüssigkeit auf die einfachste Weise erreicht werden kann.

Man braucht nur den Trichterrohren, welche den Zufluss vermitteln, die in Fig. 6a gezeichnete Gestalt zu geben. Wenn die Länge der Schleife in richtigem Verhältnisse zur gesamtten Fallhöhe, zu der Länge des eingetauchten Teiles der Röhre und zur Höhe des Trichters über der Schleife steht, fließt die Flüssigkeit stossweise durch das Trichterrohr, in dem sie sich eine Zeit lang sammelt und die Luft unter sich zusammendrückt, bis diese unter lebhafter Bewegung der Elementfüllung durch letztere entweicht. Die nachstürzende Flüssigkeit saugt neue Luft in das Trichterrohr, welche sofort wieder abgeschlossen und zusammengedrückt

¹⁰⁾ Man könnte es für das einfachste halten, die spezifisch leichtere Flüssigkeit oben zu — und die verbrauchte, spezifisch schwerere unten abfließen zu lassen. Doch treten dann Schwierigkeiten in der Ausführung auf, welche die Erfüllung der Eingangs dieses Art. aufgestellten Forderungen nicht zulassen.

¹¹⁾ La Nature, No. 980, 1882.

wird, bis sich das Spiel erneuert. Es ist das die einfachste Form der bekannten hydrodynamischen Saug- und Druckvorrichtungen, welche sich an den Namen Äolus anknüpfen.

Für die Herstellung der Schleife lässt sich eine völlig bestimmte Vorschrift deshalb nicht geben, weil ihre Krümmung von wesentlichem Einflusse ist. Man kann zwei scheinbar ganz gleiche Schleifen haben und in beide gleich schnell fließen lassen, bei auch im Übrigen ganz gleichen Verhältnissen, so kommt es vor, dass die eine Schleife versagt, d. h. die Flüssigkeit fließt langsam an den Wänden des Glasrohres herab, wenn der Überdruck erreicht ist — während die andere den gewünschten Dienst verrichtet. Der Verfasser vermag eine ausreichende Erklärung nicht zu geben, möglicherweise ist die Adhäsion an den verschiedenen gekrümmten Glaswänden bedeutungsvoll. Eine einmal brauchbare Schleife versagt aber nie, vorausgesetzt, dass die Geschwindigkeit des Zuflusses sich in gewissen ihr angepassten Grenzen hält. Man kann Schleifen biegen, die für ganz langsamen tropfenweisen Zufluss geeignet sind und bei schnellerem versagen, aber auch solche, die sich umgekehrt verhalten. Die Weite des Rohres ist hierbei von Einfluss.

Es ist schon oben bemerkt, dass die Wichtigkeit, welche Durchrührung und Luftzufuhr für die Konstanz der Chromsäureelemente haben, schon von Grenet und Jarriant erkannt wurde, welche zu diesem Zwecke eine besondere Luftpumpe neben dem Zuflusse in Thätigkeit setzten. Ob der Sauerstoff der Luft dabei chemisch wirksam ist, mag dahingestellt bleiben. Sicher wirkt die Durchrührung allein vorteilhaft, weil sie die Kohlenflächen abspült, was bei Benutzung des Natriumsalzes leichter als beim Kaliumsalz von Statten geht, und weil die neue Flüssigkeit gleichmässig auf den gesammten Inhalt des Gefässes verteilt wird. Dasselbe gilt bezüglich der Temperaturerhöhung in der Nähe der Elektroden.

Von weiterem Vorteile sind die Schleifenrohre, wenn man aus demselben Behälter mehrere Elemente speisen will. Dann sorgt die gefangene Luft für die gegenseitige Isolierung der Elemente. Grenet und Jarriant mussten zu diesem Zwecke Umkipfgefässe herstellen, welche bei einer gewissen Füllung ihren Inhalt plötzlich in die darunter stehenden Elemente entleerten.

6. Aufstellung und Einrichtung der Elemente.

Die Batterie ist in einem 2,30 m hohen, 1,60 m breiten und 0,55 m tiefen Schranke aufgestellt. (Fig. 1, 2, 3.) In Fig. 2 ist nur die eine Hälfte des Inneren sichtbar, die andere ist vollkommen symmetrisch. Hinter der breiten Mittelleiste ist Platz für Schalen mit Lauge, welche etwaige Spuren flüchtiger Säure aufnehmen.

Je drei an einer Eichenholzleiste befestigte Elemente werden mittelst Kurbel und Welle auf einmal eingetaucht. Die vier Kurbeln in der auf zwölf Elemente eingerichteten Batterie befinden sich je zwei und zwei an den Giebelseiten des Schrankes. Die Griffe n dienen zur Auslösung, und in den Schlitten p bewegt sich ein Zeiger, welcher die Stellung der Elemente erkennen lässt.

Übrigens können diese bequem herausgenommen werden, da die Zuflussrohre auf der Rückseite herabgehen. Diesem Zwecke dienen für die obere Abteilung die rechtwinklig gebogenen Trichterrohre v.

Die Trichter sind so in das Holz eingelassen, dass die Flaschen a bequem darüber geschoben werden können. Die Weite der Rohre schliesst bei einigermaßen vorsichtiger Behandlung eine Stauungsgefahr aus.

Fig. 4 zeigt die Elemente von oben, Fig. 5 von der Seite gesehen. Jedes einzelne hat drei Kohlen und zwei Zinke, bez. 18×25 und 18×20 qcm gross, bei einer Tauchfläche von 18×20 und 18×19 qcm.

Die Kohlen sind in ihrem obern paraffinierten Teile durchbohrt und nach einander abwechselnd mit blankgeschliffenen Rotgussstücken auf einem zylindrischen Eisenstabe aufgereiht. Kupferbacken, welche nach oben verlängert und mit einer zweiten Bohrung versehen sind, bilden beiderseits den Schluss. Das Ganze wird durch ein kräftiges Gewinde fest zusammengeschrubt¹²⁾ und mit Hülfe des Trägers f (s. Fig. 4) in Schlitzten der Eichenholzleiste aufgehängt. Einer der Kupferbacken wird bei α (Fig. 4) durch Klemmschraube mit dem Messingstreifen g verbunden, welcher ein zum Einführen des Ableitungsdrates dienendes aufgelötetes Gefässchen 1 trägt.

Die Zinke sind an messingnen Trägern angelötet, welche unabhängig von den Kohlen zwischen diesen eingehängt werden; sie sind, wie aus Fig. 5 ersichtlich ist, bei β mit den Ableitungsstreifen h der Fig. 4 und dem auf diesem aufgelöteten Gefässe 1 verbunden. Kontakte sind nur bei 1, α , β und den Flächen, welche die Kohlen verbinden, vorhanden; im Übrigen ist Alles gelötet.

An Stelle der Kreise i und k, Fig. 4, befinden sich Mutterköpfe von Gewinden, welche durch die kreisförmig ausgeschnittenen und geschlitzten Messingstreifen hindurchgehen. Durch Anziehen der Köpfe wird die Verbindung der Messingstreifen an der Schlitzstelle hergestellt, und man sieht, dass die drei Elemente neben- oder hintereinander verbunden sind, je nachdem die Köpfe i oder k angezogen werden.

Auf den Schlitzstellen sind dünne Platinbleche aufgelötet, so dass immer ein sicherer Schluss erreicht wird. Aus den mit 1 bezeichneten Gefässen führt eine starke Leitungsschnur nach Dräten, welche längs der inneren Rückwand des Schrankes laufen und auf der äussern Giebelseite desselben in den mit 1 bezeichneten Klemmschrauben münden.

Entsprechende Bedeutung haben die Zahlen 2, 3, 4 Fig. 1 für die drei übrigen Elementengruppen, deren Anordnung im Schranke in Fig. 2 angedeutet ist. Die Klemmschrauben sitzen auf Messingschienen, die durch Stopfeinrichtung beliebig mit einander verbunden werden können, je nachdem man die Elemente auf Oberfläche oder Spannung verwenden will. Die Zink- und Kohlenpole sind in Fig. 1 mit Z und K bezeichnet.

7. Handhabung.

Die Batterie braucht zu ihrer Füllung etwa hundert Liter Flüssigkeit, wovon zwei Fünftel auf die Elemente und drei Fünftel auf die Zuflussflaschen kommen.

Zur Bereitung dient zweckmässig ein einziges grosses Steinzeuggefäss, wie solche in chemischen Fabriken verwendet werden. Man stelle dasselbe ein für alle Male erhöht auf und fülle sechs Flaschen Fig. 7 mittelst gläsernen Hebers. Derselbe soll am Ausflussende einen Hahn mit weiter Bohrung haben.

Die Elementengläser werden mittelst Trichters, oder folgendermassen gefüllt: man fülle auch die unten stehenden sechs Flaschen a, jede bis zu einer bestimmten Marke, und lasse laufen; sobald die obern Flaschen leer sind, tausche man sie gegen die ziemlich gefüllten unteren um.

Die Batterie verlangt jetzt die Vorsicht, dass die Elemente langsam eingelassen werden, damit durch das starke Überlaufen keine Stauung in den Trichtern eintritt. Dann ist keine Gefahr für Verunreinigung vorhanden, man hat aber den Vorteil, die Füllung lediglich durch Setzen der Flaschen a bewirkt zu haben.

¹²⁾ In der Figur nicht gezeichnet.

Bei der Erneuerung der Batterie gelingt die Entleerung der Elemente schnell und reinlich, wenn man einen passenden Heber benutzt. Dieser kann diesmal mit Kautschuckschlauch verbunden werden¹³⁾.

Zeit und Mühe für Bereitung der Flüssigkeit und Neufüllung der Batterie sind jedenfalls, auch wenn man Alles selbst ausführt, sehr gering in Rücksicht auf die seltene Wiederholung der Arbeit. Ob diese in ein- oder mehrjährigen Pausen eintritt, hängt natürlich von der Zahl der Lehrstunden, bez. dem Umfange der Benutzung ab.

Zur Erneuerung der Zinke schraubt man ihre Träger los und lässt neue Platten anlöten. Die Elemente brauchen nicht herausgenommen zu werden.

Die wenigen Kontaktstellen halten sich lange und sind bequem zugänglich. Wenn die Kohlen recht fest zusammengeschraubt und in ihrem oberen Teile paraffiniert sind, bleiben die Verbindungsstücke Jahre hindurch blank. Will man das Auseinandernehmen derselben für immer unnötig machen, so lasse man den Metallstücken Platinblech auflöten.

Ausserdem sind die Stellen α , β , die Bohrungen von 1 und die untern Flächen der Mutterköpfe i und k zu berücksichtigen. Doch halten sich diese genügend rein, wenn man die Flüssigkeit vor dem Einfüllen einige Tage in dem Zubereitungsgefäss stehen lässt, so dass sie ausdunsten kann. Um ganz sicher zu gehen, stellt man vorteilhafter Weise Gefässe mit Lauge im Schranke auf. (S. Art. 6.)

Die Geschwindigkeit des Zuflusses regelt sich nach Bedürfnis und je nachdem man den Umtausch der Gefässe a öfter oder weniger oft bewirken will¹⁴⁾. Das ausgeführte Exemplar der Batterie ist so eingerichtet, dass das Fliessen bei geschlossenen Hähnen z und völlig geöffneten x etwa 80 Minuten dauert.

Wenn man den Strom längere Zeit ununterbrochen braucht, ist es vorteilhaft, mit dieser Geschwindigkeit laufen zu lassen, um die Temperaturerhöhung der Elemente und den dadurch bewirkten reichlicheren Zinkverbrauch aufzuhalten. Werden dagegen die Elemente während der Gebrauchszeit öfter ausgehoben, so stellt man durch passendes Drehen der Hähne einen langsameren Fluss her.

Die Hähne z schmiere man öfter; wenn die Batterie lange ausser Dienst ist, löse man sie vollständig. Die Hähne x kann man nur bei leeren Gefässen a schmieren, man lockere sie deshalb von Zeit zu Zeit¹⁵⁾.

8. Leistungen.

Zwei einzelne, demselben Flusse zugehörige Elemente wurden hinter einander verbunden¹⁶⁾ und ein Widerstand von 0,5 Ohm eingeschaltet. T_0 bedeutet den

¹³⁾ Für frische Chromsäureflüssigkeit ist Kautschuckschlauch unbrauchbar, weil die Nat desselben durch jene sehr bald zerstört wird.

¹⁴⁾ Vor dem Hochsetzen sind die Heber w durch Anblasen zu füllen, was sehr leicht durch einen über z (Fig. 7) gestülpten Kautschuckschlauch geschieht. Die untenstehenden Flaschen sollen niemals angeblasen sein, damit eine Verunreinigung der Batterie durch Lecken eines Hahnes x unmöglich ist.

¹⁵⁾ Bei neuen Hähnen, wo das Glas noch Strukturänderungen erleidet, muss man besonders Acht haben; man sollte eigentlich immer nur solche benutzen, welche schon Jahre lang lagen, ehe sie eingeschliffen sind. Wenn nur Festrocknen vorliegt, so hilft ein Bad in heissem Wasser, welches den Hähnen x bequem mittelst eines kleinen Becherglases zugeführt wird. Damit dasselbe für die Hähne z möglich ist, sitzen diese an abwärts gebogenen Glasröhren. (In der Figur nicht zu sehen.)

¹⁶⁾ Bei dieser Anordnung entfernt man mittelst weniger Handgriffe die Zinke der nicht benötigten Nachbarelemente.

Anfang, T_1 das Ende einer Flusszeit, v_0 und v_1 die zugehörigen Ablenkungswinkel an der Tangentenbussole, t_0 und t_1 die Temperaturen der Flüssigkeit nach Réaumur. Nach je einmaligem Durchfließen ruhten die Elemente einen Tag. Die Beobachtungen ergaben:

| | $T_1 - T_0$ | v_0 | v_1 | t_0 | t_1 |
|--------------------------------|-------------|-------|-------|-------|--------------------------------------|
| 1 ^h 20 ^m | | 49.05 | 49.05 | 4° | 10° 13° |
| 1 ^h 37 ^m | | 48.05 | 49° | 5° | 13° 15° |
| 1 ^h 19 ^m | | 48° | 48° | 4° | 10° 12 ¹ / ₂ ° |
| 1 ^h 45 ^m | | 47° | 44.05 | 4° | 9° 11° |

Die doppelten Werte von t_1 beziehen sich je auf das obere und untere Element. Die Tabelle lehrt, dass erst in der vierten Flusszeit eine merkliche Abnahme des Stromes eintrat. Während jeder einzelnen der ersten drei Perioden hielt sich der Strom unter der gleichzeitigen Wirkung der geringen Temperaturerhöhung vollkommen konstant. Die Gesamtabnahme für die 6 Stunden ergab 17,5%. Der Strom setzte mit 5,4 Ampère ein.

Darauf wurde eine kleinste Glühlampe, wie sie neuerdings für Reflexgalvanometer benutzt werden, an Stelle des halben Ohm eingeschaltet. Die Lampe brannte fast unverändert 12 Stunden lang (9 Flusszeiten). Dieselben Elemente trieben darauf 6 Stunden (4 Flusszeiten) einen kleinen Funkeninduktor, welcher während dieser Zeit eine Geissler'sche Röhre von 22 cm Länge erleuchtete.

Die Stärke der Zinke hatte während der beschriebenen 24 Stunden um 0,4 mm abgenommen. Der Gewichtsverlust der vier benutzten Zinke zusammen betrug 370 gr.

Aus diesen Angaben erhellt die vorzügliche Brauchbarkeit der Batterie. Eigentliche Messungen lagen nicht im Plane dieser Abhandlung.

Dass die zwölf Elemente für alle Schulversuche reichen, braucht kaum erwähnt zu werden. Solange die Flüssigkeit frisch ist, wird man den vollen Strom nur zur Vorführung des Bogenlichtes brauchen; doch genügen dazu neun Elemente.

Nachtrag. Im Februarheft 1889 der Berliner Zeitschrift für physikalischen und chemischen Unterricht¹⁷⁾ wird die Schrift Landmanns angezeigt: Untersuchungen über die Chromsäure-Tauchbatterie. Der Verf. konnte sie leider nicht mehr benutzen; ihr Erscheinen beweist aber, dass der Gegenstand allgemeineres Interesse hat.

Berichtigung: Die Luftrohre der Flaschen a in Fig. 3 sind verzeichnet. Sie dürfen nur die Länge haben, wie in Fig. 7.

¹⁷⁾ Redig. von Dr. Poske, p. 199.