

REVUE
ÜBER DEN INHALT
DES
ÉRTESITŐ.

SITZUNGSBERICHTE DER MEDICINISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN
SECTION DES SIEBENBÜRGISCHEN MUSEUMVEREINS.

II. NATURWISSENSCHAFTLICHE ABTHEILUNG.

XV. Band.

1890.

III. Heft.

VERHÄLTNISS DER STROMARBEIT ZUR CHEMISCHEN ENERGIE
BEI GALVANISCHEN ELEMENTEN.

(Mit einer Figurentafel, im I. Hefte d. Jahrganges.)

Von Dr. Eduard Lévy.

I.

Schon lange ist es bekannt, dass im Stromkreise galvanischer Elemente zwischen der electromotorischen Kraft und der durch die chemischen Vorgänge erzeugten Wärme ein gewisser Zusammenhang besteht. Trotz dem hat die Entscheidung der Frage, ob hier die ganze chemische Energie in elektrische umgewandelt wird, wegen der Heiklichkeit der Versuche und der unzulänglichen Genauigkeit der thermochemischen Daten, lange auf sich warten lassen.

Helmholtz¹⁾ und später Thomson²⁾ hatten aus dem Verhalten des oft untersuchten Daniell'schen Elements gefolgert, dass auch bei den andern galvanischen Elementen die gesammte durch normale chemische Processe erzeugte Wärmeenergie in Stromenergie übergehe; sie betrachteten diesen Satz als allgemein gültig.

Diese, namentlich von Thomson aufgestellte, Theorie hielt sich lange, obwohl Bosscha³⁾ nachwies, dass gewisse Versuche Favre's

¹⁾ Ueber die Erhaltung der Kraft. 1847. Helmholtz.

²⁾ Thomson. Phil. Mag. 1851.

³⁾ Bosscha. Pogg. Ann. 103. 108.

damit im Widerspruche stehen. Später hat auch Edlund¹⁾, Raoult²⁾ und Thomson³⁾ auf die Nichtübereinstimmung der Versuchsergebnisse mit dieser Theorie hingedeutet; doch suchte man diese Abweichung aus anderen Ursachen zu erklären.

Braun⁴⁾ war der erste, der 1878 gestützt auf seine vielfachen Versuche die Unhaltbarkeit der Thomson'schen Theorie zweifellos nachwies. Sein Ausgangspunkt war, dass kein zwingender Grund vorhanden sei anzunehmen, dass die gesammte chemische Energie in mechanische Arbeit umgewandelt werde, da dies selbst dort nicht stattfindet, wo, wie Z. B. bei Gasmotoren, alle zur Umwandlung günstigen Bedingungen vorhanden sind. Seine zahlreichen Versuche brachten ihn zur Überzeugung, dass es nur ein Zufall wäre, wenn in einem galvanischen Element, wie dies beim Daniell'schen nahezu der Fall ist, der gesammte Aufwand an chemischer Energie in Stromenergie umgewandelt wird. Bei einigen Elementen findet diese Umwandlung nur theilweise statt, während bei anderen Combinationen die electromotorische Kraft grösser ist, als dies sich nach Thomson's Theorie ergibt; die letzteren erleiden deshalb beim Stromdurchgang eine Abkühlung.

Zu gleichen Resultaten gelangten auch Wright⁵⁾ und Hallock.⁶⁾

In neuester Zeit hat Helmholtz⁷⁾ wiederholt diese Frage einer eingehenden theoretischen Untersuchung unterzogen und aus dem Princip über die Erhaltung der Kraft und aus dem Clausius-Carnot'schen Princip für die Wärmemenge Q , welche zu einem constanten Element hinzugegeben, respective demselben entnommen werden muss, damit dessen Temperatur während des Stromdurchganges constant bleibe, folgenden Ausdruck abgeleitet:

$$Q = a \cdot \vartheta \frac{\partial p}{\partial \vartheta} J,$$

1) Edlund, Pogg. Ann, 159.

2) Raoult, Ann. de chim. et de phys. 2. 1864.

3) Thomson, Thermochem. Unters. 3.

4) Braun, Wied. Ann. 5. 1878.

5) Wright, Phil. Mag. 14. 1881.

6) Hallock, Wied. Ann. 16. 1882.

7) Helmholtz: Math. nat. Mitth. d. k. Akad. Berlin. 1882. pag. 489.

in welchem α das Wärmeäquivalent der Arbeitseinheit, ϑ die absolute Temperatur und $\frac{\partial p}{\partial \vartheta}$ den Temperatur-Coefficienten der electromotorischen Kraft des betreffenden Elementes bedeutet.

Aus dieser Formel folgt dass Q nur dann $= 0$ ist, dass also die gesammte chemische Energie nur dann in Stromenergie übergeht, wenn $\frac{\partial p}{\partial \vartheta} = 0$, d. h. $p = \text{const.}$ ist, also wenn die electromotorische Kraft mit der Temperatur sich nicht ändert. Wenn dagegen die elektromotorische Kraft mit der Temperatur zunimmt, so muss Wärme dem Element zugeführt werden, um dessen Temperatur constant zu erhalten. In diesem Falle arbeitet das Element mit Wärmeabsorption. Wenn dagegen bei zunehmender Temperatur die elektromotorische Kraft des Elementes abnimmt, so muss beim Stromdurchgang dem Elemente Wärme entzogen werden, damit dessen elektromotorische Kraft constant bleibe; das Element arbeitet mit Wärmeabstrahlung. In voller Uebereinstimmung damit sind die Resultate von van T'Hoff.¹⁾

Auf Grund dieser Theorie von Helmholtz wurde die Frage neuerdings experimentell geprüft und von Czapski²⁾, Gockel³⁾ und Jahn⁴⁾ Versuche mit grosser Genauigkeit angestellt.

Czapski's Versuche waren dahin gerichtet, die Richtigkeit des Helmholtz'schen Gesetzes qualitativ und quantitativ zu prüfen. Er untersuchte die Aenderung der Temperatur und berechnete die chemische Energie mittels der Thomsen'schen Zahlen. Die Resultate der einzelnen Versuche bewiesen die Richtigkeit dieser Theorie, da das Wärmeäquivalent der Stromarbeit entsprechend dem Temperatur-Coefficienten, grösser oder kleiner gefunden wurde, als die chemische Energie des Elementes. Genaue quantitative Resultate konnte er wegen Mangelhaftigkeit der thermochemischen Zahlen nicht erhalten.

In derselben Richtung hat Gockel seine Versuche angestellt. Er ging von der Voraussetzung aus, dass es Elemente gibt, bei welchen nicht die gesammte chemische Energie beim Stromdurchgang in Stromenergie umgewandelt wird, welche daher erwärmt werden;

¹⁾ Van T'Hoff. Etudes de dynamique chimique. Amsterdam. 1884.

²⁾ Czapski: Wied. Ann. 21.

³⁾ Gockel: Wied. Ann. 24.

⁴⁾ Jahn: Wied. Ann. 28.

und wieder solche, welche zum Theil auf Kosten ihrer Wärmeenergie arbeiten und daher beim Stromdurchgang eine Abkühlung erleiden. Seine Versuche bezweckten zum Theil die Bestimmung der Gesetze dieser Erwärmung, respective Abkühlung, zum Theil die Entscheidung dessen, ob der Unterschied zwischen chemischer Energie des Elementes und der Stromarbeit — die sogenannte sekundäre Wärme nicht identisch ist mit der beim Peltier'schen Versuch erzeugten, respective verbrauchten Wärme. Seine Versuche gaben nur qualitative Resultate.

Die genauesten Versuche hat neuerer Zeit Jahn ausgeführt. Seine Methode unterscheidet sich nur wenig von der Raoult'schen und besteht in folgendem.

Ein kleines in einem Calorimeter versenktes galvanisches Element wurde ausserhalb des Calorimeters durch einen Leiter geschlossen, in welchem ein nach absolutem Maasse graduirtes Galvanometer eingeschaltet war, zur Messung der Stromintensität.

Von zwei, nahe den Polen gelegenen Punkten wurde ein zweiter Stromkreis von so grossem Widerstande hergestellt, dass beim Schliessen desselben der Strom im ersten Kreise keine Aenderung erfuhr. Aus dem Potentialunterschiede der Verzweigungspunkte und dem Widerstand wurde die Stromstärke im ersten Kreise, und daraus nach Joule's Gesetz die durch den Strom erzeugte Wärme berechnet, zu welcher die im Calorimeter gemessene freie Wärme addirt wurde, um die gesammte chemische Wärme zu erhalten, welche dann auf 1 Aequivalent des an dem positiven Pole ausgeschiedenen Metalles umgerechnet wurde.

Die elektromotorische Kraft des Elementes wurde in der Weise gemessen, dass nach Aufhebung des ersten Stromkreises die Stromstärke im zweiten Kreise bei zwei verschiedenen Widerständen gemessen wurden. Daraus ergab sich die Stromarbeit bei 0°, und die auf ein Atom des am positiven Pole ausgeschiedenen Metalles reducirte Arbeit.

Den Temperatur-Coefficienten der Elemente hat Jahn theils aus eigenen Versuchen, theils aus den Gockel'schen bestimmt, und damit nach der Formel von Helmholtz die Secundärwärme berechnet und diese mit jener verglichen, die sich aus dem Unterschied der chemischen Energie und der Stromarbeit ergab. Die Ueberein-

stimmung dieser Werthe gilt als quantitativer Beweis des Helmholtz'schen Gesetzes.

II.

Der Zweck meiner Untersuchungen war bei einigen galvanischen Combinationen durch genaue Bestimmung der chemischen Wärme und des Wärmeaequivalents der Stromarbeit den Unterschied zwischen beiden quantitativ festzustellen. Mit Rücksicht auf die Wichtigkeit der vorliegenden Frage und des Umstandes, dass ich die Stromarbeit auf eine andere Art, als Jahn es that, bestimmte, erachte ich es als lohnend, den Gang meiner Untersuchungen, deren Resultate und die Uebereinstimmung derselben mit den Jahn'schen zu veröffentlichen. Als ich dies thue, kann ich es nicht unterlassen, dem Herrn Prof. Dr. Anton Abt, in dessen physikalischem Laboratorium ich diese Untersuchungen ausführte, für seine freundliche Unterstützung und Rathschläge meinen Dank auszudrücken.

Der Unterschied zwischen dieser und Jahn's Methode besteht darin, dass ich sowohl die im Elemente als die im Schliessungsbogen auftretende Wärme im Calorimeter selbst bestimmte, letztere durch ein Silber-Voltmeter, welches sammt dem Elemente in dem Calorimeter sich befand, während Jahn die im ausserhalb des Calorimeters befindlichen Schliessungsbogen auftretende Wärme auf galvanometrischem Wege nach Joule's Gesetz bestimmte, welches letzteres Verfahren, wie leicht einzusehen, mehreren Fehlerquellen ausgesetzt ist, als die einfache Gewichtsbestimmung bei dem Silbervoltmeter.

1. Die Bestimmung der chemischen Waerme aus dem am positiven Pole der Elemente ausgeschiedenen Metalle geschah in folgender Weise. Es sei m die Quantitaet des am positiven Pole in t Minuten ausgeschiedenen Metalles, Q die im Calorimeter auftretende Wärme und σ das chemische Aequivalent dieses Metalles, so ist $\frac{m}{t}$ die in der Minute ausgeschiedene Menge und $\frac{Q}{t}$ die entsprechende Wärme; die dem σ entsprechende chemische Wärme W ergibt sich aus der Proportion

$$\sigma : W = \frac{m}{t} : \frac{Q}{t} ,$$

nämlich

$$W = \frac{\sigma Q}{m} .$$

In dieser Formel ist σ bekannt, Q wird direct am Calorimeter beobachtet und m nach Beendigung des Versuchs mittels der Wage bestimmt.

Zur Controlle kann man nach beendigtem Versuche die Gewichtsänderung der zum Element gehörigen Metalle bestimmen, diese mit den bekannten Verbrennungswärmen multiplizieren und die auf 1 Atom des ausgeschiedenen Metalles entfallende chemische Wärme berechnen.

2. Die Stromarbeit wurde mittels eines Voltameters aus der in derselben Zeit t ausgeschiedenen Menge des Silbers gemessen. Als Grundlage dieser Bestimmung diente die durch den Strom von 1 Ampère in der Minute ausgeschiedene Silbermenge, nach Kohlrausch's Bestimmung 67·09 Mgr. und das entsprechende Wärmeäquivalent von 1125·77 Calorien. Daraus ergibt sich, wenn der Strom der von mir untersuchten Elemente in t Minuten e Gramm Silber ausscheidet, für die entsprechende Stromarbeit L auf 2 Atom Silber in Calorien ausgedrückt

$$L = 2 \cdot \frac{1125 \cdot 77}{67 \cdot 09} \cdot \frac{e}{t},$$

oder wenn

$$2 \cdot \frac{1125 \cdot 77}{67 \cdot 09} = a$$

gesetzt wird,

$$L = a \cdot \frac{e}{t}.$$

Die Secundär-Wärme S ist dann

$$\pm S = W - L.$$

III.

Um genaue Resultate zu erhalten, benötigte ich ein zweckmässiges Calorimeter, ein kleines Silber-Voltmeter, möglichst chemischreine Substanzen und galvanische Elemente solcher Einrichtung, dass dieselben im Calorimeter selbst nach Belieben geschlossen oder geöffnet werden konnten.

Als Calorimeter benützte ich ein Bunsen'schen Eiscalorimeter mit Capillarrohr, welches zur Vermeidung der Correctionen auf Anrathen des Assistenten Dr. Peter Pfeiffer mit einem Quecksilber-Ma-

nometer (Fig. 1) verbunden war. Da nämlich im äusseren Gefässe des Calorimeters das Wasser nur unter dem Druck der Atmosphäre steht, zu welchem im Calorimeter noch der Druck der Quecksilbersäule aa' sich gesellt, so muss die Schmelztemperatur im Calorimeter geringer sein, als im äusseren Gefässe. Aus dieser Ursache erhielten Than, so wie auch Schuller und Wartha bei ihren Calorimetern ein ständiges Schmelzen.

Zur Compensirung des Druckes der Quecksilbersäule aa' wurde an Ende des Capillarrohres das Quecksilber-Manometer mm' in der Weise angebracht, dass das Quecksilber in aa' und im Capillarrohr c von dem im Manometer mm' befindlichen Quecksilber durch einen Schwefelsäuretropfen i getrennt war, welcher zugleich als Index bei der Ablebung des Quecksilberstandes im Capillarrohr diente. Dadurch wurde ein gekrümmter Heber hergestellt, dessen einer Arm aa' , der andere m ist, mittels dessen der Quecksilberdruck von aa' durch den im Manometerarm m ausgeglichen werden konnte; auch konnte ich nach Bedürfniss durch Aenderung des Quecksilberniveaus einen Druck oder ein Saugen auf das Eis im Calorimeter bewerkstelligen.

Durch diese Einrichtung war es möglich bei vollständiger Compensation der Quecksilbersäule aa' einen unveränderlichen Stand des Index i zu erreichen, bei welchem weder ein Gefrieren noch ein Schmelzen im Calorimeter stattfand. Wenn dieser Fall eintritt, sollte das Quecksilberniveau in m' mit jenem im Calorimeter gleich hoch stehen. Dies war aber nicht der Fall, da nach meinen Beobachtungen zur Bewegung des Quecksilbers im Capillarrohr ein Quecksilberdruck von 2 bis 3 Millimeter erforderlich war.

Auf die Reinheit des Wassers im Calorimeter und im äusseren Gefäss musste die grösste Sorgfalt verwendet werden, da die geringste Menge fremder Substanz einen bedeutenden Unterschied im Schmelzpunkte verursachte.

Die Gleichheit der Niveauhöhen im Calorimeter und in m' bei unveränderlichem Stande des Index, in welchem Falle die Schmelzpunkte im Calorimeter und im äusseren Gefässe ganz gleich sind, ist fast nicht zu erreichen.

Die Höhe der Quecksilbersäule im Manometer wurde an einer Millimeterskala abgelesen, dessen Nullpunkt mit dem Quecksilberniveau im Calorimeter auf gleicher Höhe stand; diese Höhen sind in

der vierten Rubrik der folgenden Tabelle I. eingetragen, u. z. mit + Zeichen, wenn sie ueber, mit negativem, wenn sie unter dem Quecksilberniveau im Calorimeter standen.

Die ursprüngliche Lage des Index, welche während der Messung in Folge der Einsaugung des Quecksilbers in das Calorimeter sich aenderte, wurde mit Hilfe der Vorrichtung *bb'* in der Weise wieder hergestellt, dass nach Oeffnung des Hahns *b'* der in das Gefäß *b* eintauchende Glasstab tiefer in das Quecksilber herabgedrückt wurde, dadurch wurde die eingesaugte Quecksilbermenge ersetzt und konnte der Index *i* in eine beliebige Lage gebracht werden. Nach Herstellung dieser Lage wurde der Glashahn *b'* geschlossen.

Die als Maass der Einsaugung dienende Veränderung der Lage des Index wurde an einer fein getheilten Millimeterskala aus Glas mittels eines Meyerstein'schen Comparators aus einer Entfernung von 1·5 Meter abgelesen.

In wie fern es durch diese Einrichtung gelang, die erwähnten Correctionen zu eliminiren, ergibt sich aus folgender Tabelle, in welcher ich einige meiner Beobachtungsdaten zusammengestellt habe.

Tabelle I.

Beobach- tungs- zahl	Tag der Beobachtung	Zimmer- Tempera- tur	Quecksil- berhöhe im Manometer in Mm	Dauer der Beobach- tung in Minuten	Verschiebung des Index in Mm	
					im gan- zen	in 1 Minute
1	1890. 5. Jan.	7·0°	+ 150·0	120	— 3·8	— 0·03166
2	" 5. "	7·1°	+ 76·0	90	— 1·5	— 0·01666
3	" 6. "	6·8°	+ 26·0	480	— 3·0	— 0·00627
4	" 7. "	6·2°	+ 12·0	240	— 0·8	— 0·00333
5	" 7. "	6·3°	+ 6·0	180	— 0·3	— 0·00166
6	" 8. "	6·0°	— 16·0	240	+ 1·0	+ 0·00414
7	" 9. "	6·3°	— 5·0	360	+ 0·5	+ 0·00138
8	" 10. "	5·9°	0·0	600	+ 0·5	+ 0·00083
9	" 12. "	5·6°	+ 2·6	1020	— 0·5	— 0·00049
10	" 14. "	6·4°	+ 2·2	720	+ 0·4	+ 0·00055
11	" 16. Febr.	7·0°	+ 2·6	360	+ 0·2	+ 0·00055
12	" 26. "	3·8°	+ 2·6	600	+ 0·3	+ 0·00050

In den beiden letzten Columnen bedeutet + ein Gefrieren, — hingegen ein Schmelzen der Mischung.

Aus der Tabelle ist zu entnehmen, dass der Zustand des Calorimeterinhalts bei einem Druck von 2·6 Mm. eine so unbedeutende Aenderung erleidet, dass dieselbe pro Minute kaum 0·0005 Mm beträgt, was bei dem verwendeten Capillarrohr einer Aenderung von 0·001 Mgr. Quecksilber entspricht. Dies gibt in Calorien umgerechnet einen so geringen Werth, welcher bei den Beobachtungen ohne weiters unberücksichtigt bleiben kann. Doch muss bemerkt werden, dass dieser Gleichgewichts-Zustand, wo weder Schmelzung noch Gefrieren stattfindet, nur kurze Zeit anhielt, und zwischen + und — innerhalb der Correctionsgränzen sich aenderte.

Da die Abkühlung im Calorimeter nur langsam stattfindet, fand ich es zweckmässig, um den Moment, wo dieselbe beendigt ist, schärfer beobachten zu können, im Calorimeter ein geringes Gefrieren zu erhalten, was anfänglich bei 2·2, dann bei 2·6 Mm Druck erreicht wurde. Durch die Wahl eines ziemlich weiten Manometerrohres wurde der Vortheil erreicht, dass beim Einsaugen des Index durch die ganze Länge des Capillarrohres eine kaum merkbare Aenderung des Quecksilberstandes im Manometer stattfand, so dass auch dieser Umstand auf die Genauigkeit des Resultates einen sehr geringen Einfluss übte.

Als Wärmeeinheit wurde die mittlere spezifische Wärme des Wassers zwischen 0 und 100° gewählt und die Calibrirung der Capillarröhre nach dieser Einheit zunächst aus der Bunsen'schen Formel berechnet und dann Behufs Controllirung des erhaltenen Werthes auch experimentell bestimmt.

Die durch Calibrirung erhaltenen Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle II.

Beobach- tungs- zahl.	Länge des Quecksilberfadens in Mm.			Gewicht des Quecksilber- fadens in Gr.	Der Wärme- einheit ent- sprechende Länge in Mm.
	am geraden Ende des Capil- larrohres.	am gebogenen Ende des Capil- larrohres.	Mittel		
1	145·2	145·0	145·10	0·3127	7·217
2	122·1	122·0	122·05	0·2631	7·233
3	152·2	152·0	152·10	0·3277	7·225
Mittel					7·225

Es entspricht also bei diesem Capillarrohr der Wärmeeinheit eine Einsaugung von 7·225 Mm.

Die experimentelle Bestimmung dieses Werthes habe ich in folgender Weise bewerkstelligt.

Eine bestimmte Menge luftfreies Wasser von bekannter Temperatur wurde in einem kleinen Glasgefäss *e* eingeschlossen und aus einem in Fig. 2 dargestellten Erwärmungs- und Fallapparat in das Calorimeter fallen gelassen.

Der Erwärmungsapparat bestand aus einem doppelwandigen Glasgefäss, welches aus zwei Glasröhren mit Hilfe von Korkpfropfen zusammengestellt wurde; am oberen und unteren Ende desselben waren Glasröhren angebracht zur Ein- und Ausströmung des Dampfes. In das innere Gefäss reichte eine aus Glasstäben hergestellte Zange *ba*, welche das kleine Gefäss *e* mit Hilfe der Feder *c* so lange fest hielt, bis es durch Drehung des Hebelarms *d* frei wurde und in das Calorimeter fiel. Ein durch den Pfropfen gehendes, nach Zehntel Graden getheiltes Thermometer *h*, dessen Gefäss knap an *e* sich befand, gestattete eine genaue Bestimmung der Temperatur.

Nach der Erwärmung und dem Hinabfallen des Gefässes *e* wurde an der hinter dem Capillarrohr angebrachten Millimeterskala die Grösse der Einsaugung beobachtet und daraus der Werth für eine Wärmeeinheit berechnet. Um auch jene Einsaugung, welche das Gefäss *e* selbst verursachte, zu bestimmen und in Abrechnung bringen zu können, wurde ein Stück von demselben Glas, aus welchem das Gefäss *e* angefertigt war, abgewogen, aus dem Erwärmungsapparat in das Calorimeter fallen gelassen und die erfolgte Einsaugung beobachtet. Aus dieser, aus der Temperatur, und aus den Gewichten des Glasstückes und des Gefässes *e* wurde die durch das Gefäss verursachte Einsaugung ermittelt. Diese ergab sich auf 100° reducirt aus mehreren Versuchen in Mittel = 77·6 Mm.

Die in der letzten Rubrik der folgenden Tabelle angeführten Werthe geben die durch das Wasser verursachte Einsaugung für die Wärmeeinheit.

Tabelle III.

Versuchszahl	Grad der Erwärmung	Grösse der Einsaugung in Mm.			Einsaugung für die Wärmeeinheit in Mm.
		im ganzen	auf 100°C reducirt	nach Abzug des dem Glas entsprechenden Antheils	
1	97·95	372·9	380·7	303·1	7·321
2	98·10	373·5	380·7	303·1	7·321
3	97·65	372·0	380·9	303·3	7·324
Gewicht des Wassers im Gefässe <i>e</i> : 0·414 Gr.				Mittel	7·322

Dieser Mittelwerth ist etwas grösser, als der durch Calibrirung erhaltene (7·225). Dies kommt daher, weil bei der Calibrirung das Capillarrohr trocken war, während bei der calorimetrischen Messung von der als Index verwendeten Schwefelsäure etwas an das Rohr adhaerirte, wodurch der Quecksilberfaden etwas dünner und länger wurde. Bei meinen Berechnungen habe ich das Mittel — 7·273 — von diesen beiden Werthen zur Grundlage genommen.

Das Silbervoltameter bestand aus einem kleinen Silbergefäss *a* (Fig. 3.) und einem spiralförmigen Silberdraht *b*, welches sammt dem galvanischen Elemente bequem in das Calorimeter eingeführt werden konnte. Das mit Silbernitrat gefüllte Gefäss wurde mit dem negativen, und die in der Mitte des Gefässes angebrachte Spirale mit dem positiven Pole des Elementes verbunden.

Die Einrichtung des Elementes wurde in der Weise getroffen, dass man dasselbe innerhalb des Calorimeters leicht schliessen und öffnen könne, ohne genöthigt zu sein, dasselbe aus dem Calorimeter heraus zu nehmen. Zur Aufnahme der Flüssigkeiten des Elementes dienten die Glasgefässe *e* und *f* (Fig. 3.), von welchen letzteres unten mit Pergamentpapier geschlossen war; *c* ist die positive, *d* die negative Elektrode; beide standen, wie aus der Zeichnung ersichtlich ist, mit dem Voltameter in leitender Verbindung. Von den Glasstäben *g* und *h* trug das letztere das Glasgefäss *e* mit der Flüssigkeit, in welche die positive Elektrode *c* eingetaucht werden konnte; während *g* die übrigen Theile des Elementes und das Voltameter trug. Durch Verschiebung des Stabes *g* konnte das Element nach Belieben geschlossen