

I. Ueber die Fortführung materieller Theilchen
durch strömende Elektrizität;
von G. Quincke.

I.

Reuss¹⁾ in Moskau beobachtete zuerst, im Jahre 1807 dafs ein galvanischer Strom Flüssigkeiten in der Richtung des positiven Stromes mit sich fortführte, wenn die Flüssigkeit an einer Stelle durch eine poröse Scheidewand unterbrochen war. Seine Beobachtungen scheinen jedoch bis in die neuste Zeit hinein wenig bekannt geworden zu seyn, so dafs oft Porret²⁾, der 1816 ganz ähnliche Versuche beschrieben hat, als der Entdecker dieser später auch wohl mit dem Namen »elektrische Endosmose« bezeichneten Erscheinungen angesehen wird. Dieselben sind dann von de la Rive³⁾, Becquerel⁴⁾, Daniell⁵⁾, Napier⁶⁾, und besonders von Wiedemann⁷⁾ untersucht worden, welcher in einer gröfseren Arbeit die Gesetze dieser Fortführung festzustellen bemüht war, und dabei zu dem Schlusse gelangte, dafs dem galvanischen Strom als solchem eine fort-

1) *Memoires de la soc. impér. des naturalistes de Moscou. T. II, p. 327—337. 1808.*

2) *Thomson, annals of phil. VIII, p. 74. July 1816.*

3) *de la Rive, traité de l'électr. II, p. 379. Ann. de chim. et de phys. XXVIII, p. 125. 1825.*

4) *Becquerel, traité de l'électr. III, p. 102.*

5) *Pogg. Ann. Ergänzungsbd. I, p. 569. 1835.*

6) *Phil. Mag. July, 1846.*

7) *Wiedemann, Galvanismus I, S. 377 und Pogg. Ann. LXXXVII, S. 321. 1852. Ib. XCLIX, S. 177, 1856.*

führende Wirkung zukäme. Dieser Schlufs ist jedoch mehrfach angefochten worden, so von Graham ¹⁾, v. Quintus-Icilius ²⁾, und Breda und Logemann ³⁾, welche letztere besonders darauf sich stützen, dafs es ihnen ebensowenig wie Wiedemann ⁴⁾ gelungen sey, eine Ueberführung ohne Diaphragma nachzuweisen.

In allerneuster Zeit hat dann Matteucci ⁵⁾ die Ansicht aufgestellt, dafs die ganze Erscheinung mit der Electricität eigentlich sehr wenig gemein hätte und ein rein secundäres Phänomen wäre, eine Ansicht, deren aufserordentliche Unwahrscheinlichkeit sogleich erhellt, wenn man sieht, wie die Fortführung sofort mit dem Schliesen oder Oeffnen des galvanischen Stromes beginnt oder aufhört, ja dafs mit Umkehr des Stromes die Fortführung sofort ihre Richtung ändert, während man doch bei einem secundären Phänomen, das z. B. von ausgeschiedenen Gasen herrührte, erwarten sollte, dafs die Wirkung noch einige Zeit nach dem Oeffnen des Stromes fort dauerte, oder einige Zeit nöthig wäre, damit sie sichtbar würde oder ihre Richtung änderte.

In dem Folgenden soll gezeigt werden, dafs diese Fortführung von Flüssigkeiten durch strömende Electricität dem galvanischen Strome der Hydroketten nicht allein zukommt, dafs sie ohne Diaphragma nachgewiesen, und bei den verschiedensten Stoffen unabhängig vom Aggregatzustande, bald im Sinne des positiven, bald im Sinne des negativen Stromes stattfinden kann. Schliesslich werde ich versuchen, eine Erklärung dieser Erscheinungen zu geben.

2.

Man nehme ein U-förmiges Thermometerrohr, fülle es mit destillirtem Wasser, und tauche in die Enden der Flüs-

1) *Phil. mag.* VIII, p. 151. 1854.

2) v. Quintus-Icilius, Lehrbuch der Experimental-Physik, S. 642. 1855.

3) *Pogg. Ann. C*, S. 149. 1857.

4) *Pogg. Ann.* LXXXVII, S. 327.

5) *Compt. rend.* LI, p. 914. Dec. 10. 1860. *Nuovo Cimento* 1861, p. 281 *Biblioth. univ. X*, p. 180, 1861.

sigkeitssäule in beiden vertikalen Schenkeln des Rohres 2 Platindrähte. Verbindet man dann den einen Platindraht mit der innern, den anderen mit der äußeren Belegung einer Leidener Flasche, während man die Flüssigkeitsoberfläche genau beobachtet, am besten mit einem Mikroskope von etwa zehnfacher Vergrößerung, so bemerkt man ein Sinken der Flüssigkeit in dem Schenkel, der mit der positiven, ein Steigen in demjenigen Schenkel, der mit der negativen Belegung der Leidener Flasche in Verbindung war. Nach einiger Zeit kehrt die Flüssigkeit wieder in ihre Ruhelage zurück.

Dasselbe findet statt, wenn die Platindrähte nicht die Oberfläche der Flüssigkeit berühren, sondern etwas unterhalb der Oberfläche durch die Glaswand des Thermometerrohres hindurch mit der Flüssigkeit in Verbindung stehen.

Die Flüssigkeit sinkt dabei in dem einen Schenkel um ebensoviel, als sie in dem anderen steigt. Wurde der inneren Belegung einer Leidener Flasche, die durch eine Lane'sche Maassflasche gemessene Elektrizitätsmenge q zugeführt, so beobachtete ich bei folgenden Elektrizitätsmengen die darunter angegebenen Steighöhen Δh der Flüssigkeit, ausgedrückt in willkürlichen Scalentheilen des Glasmikrometers, das im Ocular des horizontalen Mikroskops angebracht war, mit welchem die Flüssigkeitsoberfläche beobachtet wurde:

Elektrizitätsmenge	q	5	10	15	20
Steighöhe	Δh	4,6	9,5	16	19,9
Elektrizitätsmenge	q	-5	-10	-15	-20
Steighöhe	Δh	-5,5	-10,3	-15,5	-20

Dabei ist die Steighöhe, — der höchste oder tiefste Stand des Flüssigkeitsmeniskus über oder unter seiner Ruhelage —, positiv oder negativ gerechnet, je nachdem die Flüssigkeit in dem mit der äußeren Belegung der Leidener Flasche in Verbindung stehenden Schenkel stieg oder sank. Man sieht aus diesen Versuchen zu gleicher Zeit, daß die Höhe, bis zu welcher die Flüssigkeit ansteigt, proportional

der in der Leidener Flasche angehäuften Elektrizitätsmenge ist.

3.

Um die Steighöhe etwas grösser zu machen und bequemer messen zu können, habe ich Apparate von der Fig. 2 Taf. VIII gegebenen Form angewandt.

Das unter einem kleinen Winkel gegen den Horizont geneigte Glasrohr CD ist mittelst eines Korkes B in einer weiteren Glasröhre A befestigt, die sich in eine engere U-förmig gebogene Glasröhre und die Glaskugel N fortsetzt. Die Glasröhre CD ist gewöhnlich an den Stellen, wo eingeschmolzene Platindrähte p_1 , p_2 , p_3 durch die Wand derselben in das Innere reichen, etwas erweitert, wie es Fig. 3. Taf. VIII im Querschnitt darstellt. Kugel und Glasröhren sind theilweise mit Flüssigkeit gefüllt, so daß das Niveau der Flüssigkeit in der Glaskugel sich wenig ändert, wenn die Flüssigkeit in dem Rohre CD steigt oder sinkt. Es mag daher die Kugel mit den angeschmolzenen Glasröhren in der Folge das »Gefäß mit constantem Niveau« heißen. Die Elektrizität wird durch die eingeschmolzenen Platindrähte in die Flüssigkeit ein- und ausgeleitet. Der zwischen den beiden äußersten Platindrähten p_1 und p_3 befindliche Theil der Glasröhre CD , in welchem sich die von der Elektrizität durchströmte Flüssigkeitssäule befindet, soll das »Ueberführungsrohr« und das jenseits p_3 befindliche Ende D der Glasröhre, wo sich der Flüssigkeitsmeniskus befindet, das »Steigerrohr« heißen. Das Steigerrohr hatte, wenn es nicht ausdrücklich anders bemerkt ist, denselben Durchmesser wie das Ueberführungsrohr.

Je nachdem man die Drähte p_1 und p_3 , p_1 und p_2 oder p_2 und p_3 als Elektroden benutzte, konnte man die Elektrizität durch die ganze im Ueberführungsrohr enthaltene Flüssigkeitssäule oder durch einen Theil derselben gehen lassen.

Das Gefäß mit constantem Niveau ist oben durch einen Kork verschlossen, der ein Glasröhrchen und einen langen Kautschuckschlauch trägt, so daß man durch Saugen oder

Blasen an dem Kautschuckschlauche die Flüssigkeit bewegen, den Flüssigkeitsmeniskus an eine beliebige Stelle des Steigerohres bringen und dieses benetzt halten kann.

Bei einigen Apparaten war der Platindraht p_1 nicht in das Ueberführungsrohr eingeschmolzen, sondern reichte zwischen dem Korke B und der Wandung von A hindurch in die Flüssigkeit.

Das Ueberführungsrohr wurde von 2 auf der Glasplatte G befestigten Siegellacksäulchen L_1 und L_2 getragen. Die Glasplatte G ruhte auf einem mit Stellschrauben versehenen festen Holzständer, so daß man dem Steigerrohr eine beliebige Neigung gegen den Horizont geben konnte, und dabei der ganze Apparat isolirt und fest aufgestellt war.

Der Stand des Flüssigkeitsmeniskus im Steigerrohr D wurde an einer daran befestigten Millimeterscala S oder mit einem horizontalen Mikroskope Q bestimmt, in dessen Ocular sich ein Glasmikrometer befand. Das Glasmikrometer war so eingerichtet, daß noch 0,1 Scalentheil geschätzt werden konnte, und es entsprachen bei der gewöhnlich angewandten 32fachen Linear-Vergrößerung 22,9 Scalentheile einem Millimeter. In den Fällen, wo ein anderes Objectiv von schwächerer Vergrößerung angewandt wurde, ist dies besonders bemerkt.

Das Mikroskop Q war an dem schon früher ¹⁾ von mir benutzten Kathetometer angebracht, und konnte sowohl horizontal als vertikal meßbar verschoben werden. Die Verschiebung fand parallel einer durch das Steigerrohr D des Ueberführungsapparates gelegten Vertikalebene statt, so daß man durch Messung der horizontalen und vertikalen Ordinaten a b und a_1 b_1 zweier verschiedener Punkte des oberen Randes des Steigerohres die Neigung φ desselben gegen den Horizont bestimmen konnte aus der Gleichung

$$\tan \varphi = \frac{b_1 - b}{a_1 - a}$$

Es wurde dann der obere Rand und die Axe des Steigerohres als parallel angenommen.

1) Pogg. Ann. CV, S. 12 und Taf. I, Fig. 11 und 12.

Da die Verschiebung des Mikroskops nicht immer genau der durch das Steigerrohr gelegten Vertikalebene parallel war, der obere Rand des Steigerrohres also nicht an allen Stellen desselben gleich deutlich gesehen wurde, so kann man den Winkel φ etwa bis auf 1' oder 2' genau annehmen.

Der Durchmesser der Röhren wurde in den meisten Fällen nach der Gay-Lussac'schen Methode ¹⁾ durch Wägen eines Quecksilberfadens von gemessener Länge bestimmt, zuweilen auch durch directe Messung mit dem Mikroskop und einem Glasmikrometer im Ocular desselben.

4.

Der ganze Apparat muß sehr sorgfältig gereinigt seyn, eine Anforderung, die bei engen Glasröhren schwer zu erfüllen ist. Am besten habe ich folgende Methode gefunden. Mit einer Luftpumpe saugt man warmes Wasser durch die enge Glasröhre, so daß keine Luftblase darin bleibt, und senkt nun die mit Wasser gefüllte Glasröhre in ein mit concentrirter Schwefelsäure gefülltes Probierröhr, das natürlich länger seyn muß, als die zu reinigende Glasröhre, damit diese ganz von der Schwefelsäure bedeckt ist. Das Probierröhr wird darauf in einem Dampfbad eine halbe Stunde oder länger auf 100° erwärmt. Die Schwefelsäure verdrängt das leichtere Wasser aus der capillaren Glasröhre, und löst alle Unreinigkeiten auf, besonders wenn man derselben etwas Salpetersäure zugesetzt hat. Nach dem Erkalten wird die Röhre mit destillirtem Wasser abgespült und so lange heißes destillirtes Wasser mit Hülfe der Luftpumpe hindurchgetrieben, bis man sicher seyn kann, daß die Säure entfernt ist. Die Röhren werden dann unter destillirtem Wasser in langen Probierröhren aufgehoben, so daß sie überall benetzt bleiben. Zugleich werden dadurch die letzten Spuren Säure, die noch an den Wänden haften, entfernt.

In den so gereinigten Röhren bewegt sich das Wasser mit großer Leichtigkeit. Will man andere Flüssigkeiten als

1) Laplace, *mécan. céleste* IV, 4 p. 96.

Wasser untersuchen, so werden die Röhren mit Hilfe der Luftpumpe durch Durchsaugen warmer Luft getrocknet und mit der betreffenden Flüssigkeit gefüllt, die dann gewöhnlich die Röhrenwand überall gleichförmig benetzt, besonders wenn sie einige Zeit in den Röhren gestanden hat.

Sollte der Meniskus der Flüssigkeit nicht gleichmäÙig scharf erscheinen, wenn man ihn in der Glasröhre bewegt, so ist dieselbe noch nicht ordentlich benetzt, und man muß das eben beschriebene Reinigungsverfahren wiederholen.

Ein Uebelstand, auf den ich weiter unten noch zurückkommen werde, ist ferner, daß selbst kaltes destillirtes Wasser das Glas auflöst, wenigstens die Sorten, die mir zu Gebote standen, und die ich, da das Glas gut isoliren mußte, zu den vorliegenden Versuchen anwenden konnte. Ueberhaupt sind jetzt Glasröhren, besonders Thermometerröhren, aus gut isolirendem Glase sehr schwer im Handel zu bekommen, und ich verdanke die von mir benutzten allein der Güte des Hrn. Dr. W. Brix, der sie zufällig von früherer Zeit her besaß, wo man noch Thermometerröhren aus isolirendem Glase anfertigte.

Dabei scheinen verschiedene Stellen des Glases verschieden leicht angegriffen zu werden, denn das Wasser der benetzten Röhrenwandung hat stets die Neigung sich an bestimmten Stellen anzusammeln, ohne daß man dies einer zufälligen Verengerung der Röhren an diesen Stellen zuschreiben könnte. Zeigt die Röhre nach längerem Gebrauche diese unregelmäßige Benetzung, so muß sie mit heißem destillirtem Wasser oder selbst mit Säure frisch gereinigt werden.

5.

Um die Abhängigkeit der Ueberführung von dem Entladungstrome der Leidener Batterie zu untersuchen wurden Leidener Flaschen von 130 Quadratzoll Belegung angewandt. Eine Lane'sche Maasflasche von 50 Quadratzoll Belegung, deren Kugeln 0,5 Linien von einander abstanden, maß die in der Batterie angehäuften Elektrizitätsmenge. Die äußere Belegung der Batterie wurde bei der

Entladung mit einem Kupferdrahte verbunden, der zu den Gasröhren des Hauses führte. Mit diesem Drahte war auch die äußere Belegung der Maafsflasche und das Reibzeug resp. der Conductor der Elektrisirmaschine in Verbindung, je nachdem man positive oder negative Elektrizität benutzen wollte. Mit Guttapercha bekleidete Kupferdrähte führten von der inneren und äußeren Belegung der Leidener Batterie zu den Platinelektroden des Ueberführungsapparates. Die Entladung wurde durch einen Fallapparat bewirkt, indem eine an einem isolirten Messingdrahte befestigte und um eine horizontale Axe drehbare Messingkugel, die mit der inneren Belegung der Batterie in Verbindung stand, durch Auslösen eines Stiftes auf eine andere mit der äußeren Belegung verbundene Messingkugel fiel.

Bei dem Fortrücken der Flüssigkeit unter dem Einflusse des Entladungstromes der Leidener Batterie bemerkt man stets, daß sich die Kuppe des Meniskus zuerst bewegt, daß der Meniskus also beim Ansteigen flacher, beim Sinken gestreckter wird, indem die Flüssigkeit im Innern der Röhre leichter beweglich ist, als an der Wandung.

Die Bewegung ist nicht ganz gleichförmig, sondern bei ihrem Beginnen und gegen das Ende hin langsamer, so daß es, besonders bei kleinen Steighöhen, oft schwer ist, die Dauer der Bewegung genau zu bestimmen. Es geschah diese Bestimmung übrigens mit einem 0^o,4 schlagenden Chronometer.

6.

Man beobachtet bei destillirtem Wasser nun immer eine Fortführung im Sinne der positiven Elektrizitätsströmung.

Die folgende Tafel giebt unter Δh die Steighöhe, d. h. also die parallel der Röhrenaxe beobachtete Verschiebung des Flüssigkeitsmeniskus im Steigerrohr, bei einem Ueberführungsapparate, der seit 24^h mit destillirtem Wasser gefüllt war. Die Steighöhe ist in Scalentheilen des Glasmikrometers im Ocular des Beobachtungsmikroskopes ausgedrückt, von denen 22,9 einem Millimeter entsprechen. L und $2r$ bezeichnen Länge und Durchmesser des Ueberführungsroh-

res. In den mit t überschriebenen Columnen steht die Zeit in Sekunden, während welcher der Flüssigkeitsmeniskus sich vor- oder zurückbewegte, d. h. also die »Dauer des Steigens«. φ ist die Neigung des Steigerrohres gegen den Horizont, $Temp.$ die Temperatur des Apparates in Centesimalgraden, s die Anzahl der Leidener Flaschen, q die Anzahl der Funken der Maafsflasche. Bei den negativ gerechneten Steighöhen war die Batterie mit negativer Elektrizität geladen und es stand die innere Belegung derselben, ebenso wie bei allen folgenden Versuchen, mit der dem constanten Niveau näher gelegenen Platinelektrode des Ueberführungsrohres in Verbindung.

$$2r = 0^{mm},9 \quad L = 200^{mm} \quad \varphi = 5^\circ 43',5$$

$$s = 3 \quad Temp. = 16^\circ,8$$

q	Δh	t	Δh	t	Mittel Δh
60	48,77	2",60	- 47,0	2",73	47,885
40	34,52	2 ,65	- 32,15	2 ,67	33,335
30	23,95	2 ,63	- 22,23	2 ,51	23,090
20	14,29	2 ,63	- 14,82	2 ,40	14,565
10	7,48	2 ,42	- 7,32	2 ,47	7,400
5	4,13	2 ,37	- 3,50	2 ,10	3,815

In der Batterie war nach der Entladung kein Rückstand zu bemerken. Die angegebenen Werthe von Δh und t sind das Mittel aus 6 Bestimmungen. Man sieht aus ihnen, daß bei derselben Oberfläche der Batterie die Steighöhe proportional der in der Batterie angehäuften Elektrizitätsmenge ist, und daß die Dauer des Steigens trotz der sehr verschiedenen Steighöhe sehr nahe dieselbe bleibt.

7.

Die Steighöhe hatte übrigens in den 24^h bedeutend abgenommen, während deren der Apparat ruhig mit destillirtem Wasser gestanden hatte. Gleich nach dem Füllen des Apparates erreichte das Wasser bei der Elektrizitätsmenge $q = \pm 20$ in 6" eine Steighöhe von etwa 91 Scalentheilen statt 14 Scalentheilen in 2",5, so daß also auch gleichzeitig die Geschwindigkeit, mit der die Flüssigkeit stieg, abgenommen hatte. Andere Elektrizitätsmengen ergaben ähnliche

Resultate, und zwar war die Abnahme kurz nach dem Füllen des Apparates größer, als später.

Der Grund liegt meiner Meinung nach darin, daß das Wasser das Glas der Röhre auflöst, das Wasser dadurch die Elektrizität besser leitet, und nun weniger übergeführt wird, wie denn überhaupt durch Zusatz von Säuren oder Salzlösungen zum destillirten Wasser die Ueberführung bedeutend geschwächt wird, worauf ich später (§. 15) noch zurückkommen werde.

Diese Erhöhung der Leitungsfähigkeit des Wassers; die unter Umständen das 20fache des ursprünglichen Werthes in einem Tage erreichen kann, läßt sich auch mit dem galvanischen Strom einer Hydrokette nachweisen.

Leitet man den Strom einer 80gliedrigen Grove'schen Säule durch die Flüssigkeit im Ueberführungsrohre und einen Multiplicator von 12000 Windungen mit einem magnetischen Stahlspiegel und dämpfender Kupferhülse nach der Einrichtung von Wiedemann¹⁾, so ist die mit Fernrohr und Scala in der von Poggendorff²⁾ angegebenen Weise beobachtete Ablenkung proportional der Stromintensität oder auch umgekehrt proportional dem Widerstande der Flüssigkeit, da gegen diesen der Widerstand des metallischen Theiles des Schließungsbogens vernachlässigt werden kann. Dabei zeigt sich dann, daß besonders der Widerstand solcher Apparate abnimmt, die viel benutzt worden und bei denen bedeutende Quantitäten Elektrizität durch die Flüssigkeit geflossen sind.

So beobachtete ich bei einem Ueberführungsrohre von 0^{mm},9 Durchmesser, wenn dieses mit frischem destillirten Wasser gefüllt und eine Strecke von 100^{mm} Länge in der eben erwähnten Weise eingeschaltet wurde, die Stromintensität $J = 15$; nachdem dasselbe 24^h gestanden hatte und benutzt worden, war $J = 95$. Eine andere Strecke des Ueberführungsrohres desselben Ueberführungsapparates, durch welche mehr Elektrizität geflossen war, die aber sonst die-

1) Pogg. Ann. LXXXIX, S. 504.

2) Pogg. Ann. VII, S. 121.

selben Dimensionen, wie die vorige hatte, ergab die Stromintensität $J = 134$, während kurz nach dem Einfüllen $J = 18$ gewesen war. Andere Versuche ergaben ähnliche Resultate.

Lässt man die Apparate 3 Tage und länger stehen, so wird der Widerstand auch nicht constant und es tritt die oben (§. 4) erwähnte unregelmäßige Benetzung des Steigrohres ein.

Die Veränderung des Wassers zeigt sich außer der Erhöhung der Leitungsfähigkeit auch daran, dass das Wasser schwerer beweglich ist. Wenn man den Meniskus durch Blasen oder Saugen an dem Kautschuckschlauch aus seiner Ruhelage um eine bestimmte Größe entfernt, so kehrt er kurz nach dem Füllen des Apparates viel schneller in seine Ruhelage zurück, als wenn das Wasser längere Zeit in dem Apparate gestanden hat.

Als destillirtes Wasser, nachdem es etwa 36^h in einem Ueberführungsapparate gestanden hatte und durch dasselbe eine bedeutende Quantität Elektrizität (700 der oben erwähnten Maafsflaschen) hindurchgeleitet worden war, in einer Platinschale im Wasserbade eingedampft wurde, so zeigte sich ein Rückstand, der beim Glühen der Platinschale nicht verschwand. Ursprünglich hatte sich beim Verdampfen des destillirten Wassers kein Rückstand gezeigt, so dass also auch dieser Versuch für die Auflösung des Glases durch kaltes destillirtes Wasser spricht.

Ich bin deshalb trotz der größten Mühe nicht im Stande gewesen mit frisch eingefülltem destillirtem Wasser in gröfseren Versuchsreihen constante Zahlenwerthe zu erhalten, und auch die mitzutheilenden Messungen können aus den eben erwähnten Gründen auf keine große Genauigkeit Anspruch machen, obwohl die Gesetze der Ueberführung für frisches Wasser und solches, das längere Zeit gestanden hat, dieselben sind. Nur ist bei ersterem der Widerstand und die fortführende Kraft unter sonst gleichen Verhältnissen gröfser.

Wenn auch bei den folgenden Messungen der Bequemlichkeit der Beobachtung wegen die Steighöhe selten 2^{mm} überschritten hat, so zeigten sich die erwähnten Unregel-

mäßigkeiten doch in gleicher Weise, wenn dieselbe 10^{mm} und mehr betrug.

8.

Um zu sehen, welchen Einfluss die Dichtigkeit der auf der Leidener Batterie angehäuften Elektrizitätsmenge auf die Ueberführung ausübt, wurde die Steighöhe für eine bestimmte Quantität Elektrizität beobachtet, während die Anzahl der Leidener Flaschen verändert wurde. Die folgende Tafel giebt die Beobachtungen an destillirtem Wasser, das 30^b in dem Ueberführungsapparate gestanden hatte. Die in einer Horizontalreihe enthaltenen Werthe von Δh und t gehören Versuchen an, die unmittelbar nach einander angestellt wurden, um bei der Vergleichung derselben von der Aenderung der Leitungsfähigkeit des Wassers möglichst unabhängig zu seyn. Die angegebenen Zahlen sind das Mittel aus 5 Beobachtungen. q ist die auf der inneren Belegung der Batterie angehäuften positive oder negative Elektrizitätsmenge. Die übrigen Bezeichnungen sind dieselben, wie oben (§. 6).

$$2r = 0^{\text{mm}},5274 \quad L = 101^{\text{mm}} \quad \varphi = 8^{\circ} 26'$$

$$\text{Temp} = 17^{\circ} 4.$$

q	$s = 5$		$s = 4$		$s = 3$		$s = 2$		$s = 1$	
	Δh	t	Δh	t	Δh	t	Δh	t	Δh	t
20	13,08	4",08	15,02	3",88	16,44	2",56	17,20	2",00	15,98	1",32
-20	13,64	4,00	15,74	3,76	18,72	3,28	20,86	2,08	23,40	1,76
10	8,30	4,48	7,78	4,08	9,4	2,88	9,92	2,48	10,26	1,08
-10	7,50	3,68	8,48	3,28	9,7	2,64	10,60	2,24	11,54	2,00
5	5,66	5,12	4,80	4,24	5,82	2,80	5,52	2,16	5,92	1,84
-5	4,00	4,00	4,02	2,96	5,08	2,64	5,46	2,08	5,98	2,00

Man sieht aus diesen Versuchen, dass die Steighöhe unter sonst gleichen Umständen nahe unabhängig von der Anzahl der Flaschen ist, aus denen die Batterie besteht, wenn auch nicht zu verkennen ist, dass im allgemeinen mit größerer Dichtigkeit die Steighöhe zunimmt (vergl. §. 13). Dagegen nimmt die Dauer des Steigens ab, also die Geschwindigkeit des Steigens mit der Dichtigkeit der Elektrizität auf der Leidener Batterie zu, ohne dass sich jedoch eine einfache Rela-

tion zwischen diesen Größen angeben liefse. Andere Versuche mit Röhren von anderen Dimensionen ergaben ähnliche Resultate.

9.

Zur Entscheidung der Frage, in welcher Weise die Steighöhe von der Länge der von der Elektrizität durchflossenen Flüssigkeitsstrecke abhinge, benutzte ich Apparate, bei denen das Ueberführungsrohr gleich weit und in gleichen Abständen mit Platinelektroden versehen war. Der Entladungsstrom der Leidener Batterie durchfloss die Flüssigkeitsstrecke zwischen der ersten und zweiten, zwischen der zweiten und dritten oder zwischen der ersten und dritten Platinelektrode. Die beobachteten Steighöhen sind in dem Folgenden entsprechend mit $\Delta h_{1,2}$, $\Delta h_{2,3}$ oder $\Delta h_{1,3}$ bezeichnet, wie denn alle Bezeichnungen, die sich auf die Strecke zwischen den Elektroden 1 und 2 beziehen, mit dem unteren Index 12 versehen sind; entsprechend sind die anderen Bezeichnungen.

Ging die Elektrizität nicht durch die ganze Flüssigkeitsstrecke, so wurde in dem Schließungsbogen der Leidener Batterie außerhalb des Ueberführungsapparates ein Glasrohr eingeschaltet, von denselben Dimensionen, wie die nicht von Elektrizität durchflossene Strecke des Ueberführungsrohres, das auch mit diesem gleichzeitig mit destillirtem Wasser gefüllt worden war. Auf diese Weise blieb der Schließungsbogen der Leidener Batterie ungeändert, und man konnte annehmen, daß die Entladung in derselben Weise stattfand, wenn auch das Wasser im Ueberführungsrohre schneller seine Leitungsfähigkeit änderte, als in der außerhalb des Ueberführungsapparates als Widerstand eingeschalteten Wasserstrecke. Diese Methode erlaubte also die Ueberführung bei verschiedener Länge der durchflossenen Flüssigkeitsstrecke zu vergleichen, während die bewegte Wassermasse dieselbe war und auch der Meniskus im Steighrohr dieselbe Beschaffenheit hatte.

Die angegebenen Zahlen der folgenden Tafel sind das Mittel aus 6 Versuchen. Die in einer Horizontalreihe ent-

haltenen Bestimmungen gehören unmittelbar nach einander angestellten Versuchen an, um den Einfluss der Aenderung der Ueberführung durch Erhöhung der Leitungsfähigkeit des Wassers möglichst zu beseitigen. Die Bezeichnungen sind dieselben wie früher (§. 6).

$$\begin{array}{lll} 2r_{12} = 1^{\text{mm}},990 & 2r_{23} = 1^{\text{mm}},888 & \varphi = 50',3 \\ L_{12} = 230^{\text{mm}} & L_{23} = 230^{\text{mm}} & \text{Temp.} = 16^{\circ},4 \end{array}$$

q	Δh_{12}	t_{12}	Δh_{23}	t_{23}	Δh_{13}	t_{13}	$\Delta h_{12} + \Delta h_{23}$
-----	-----------------	----------	-----------------	----------	-----------------	----------	---------------------------------

$s = 3.$

60	24,88	5",30	44,00	6",45	73,67	7",73	68,88
-60	-28,23	4",08	-31,72	4",25	-60,58	7",90	-59,95
40	13,00	4",07	27,70	6",00	44,74	7",44	40,70
-40	-17,98	4",33	-24,57	4",93	-40,80	5",93	-42,55
20	6,08	4",24	8,6	4",4	13,47	5",37	15,68
-20	-10,5	4",27	-11,27	4",13	-20,09	5",93	-21,77

$s = 1.$

20	6,53	2",53	10,45	2",33	21,10	4",13	16,98
-20	-12,02	2",60	-14,28	2",60	-24,30	3",67	-26,30

Die letzte Columne enthält die Summe der in der entsprechenden Horizontalreihe enthaltenen Werthe von Δh_{12} und Δh_{23} . Man sieht, dass diese sehr nahe $= \Delta h_{13}$ sind. Die Werthe von Δh_{12} sind etwas kleiner, die von Δh_{23} etwas größer als $\frac{1}{2} \Delta h_{13}$, da der dem Steigerrohr näher gelegene Theil des Ueberführungsrohres etwas enger war, und in engeren Röhren, wie ich später (§. 10) zeigen werde, die Ueberführung bedeutend größer ist.

Die Flüssigkeit steigt aber mit größerer Geschwindigkeit, wenn die ganze Flüssigkeitsstrecke, als wenn nur die halbe Flüssigkeitsstrecke von der Elektrizität durchflossen wird, denn man sieht, dass für dieselbe Horizontalreihe $t_{12} + t_{23} > t_{13}$ ist.

Versuche mit Röhren von anderen Dimensionen ergaben ähnliche Resultate.

Daraus geht hervor, dass die Steighöhe unter sonst gleichen Umständen proportional der Länge der von der Elektrizität durchflossenen Flüssigkeitsstrecke ist.

10.

Um zu sehen, wie die Ueberführung mit dem Radius des Ueberführungsrohres sich ändert, darf man nicht verschiedene Apparate mit verschiedenem Durchmesser des Ueberführungsrohres anwenden, denn abgesehen davon, daß dann die bewegte Wassermasse eine andere gewesen wäre und das Wasser leicht verschiedene Leitungsfähigkeit in verschiedenen Apparaten gehabt hätte, würde auch der Durchmesser des Meniskus im Steigerrohr von großem Einfluß auf die Beweglichkeit der Flüssigkeit in letzterem gewesen seyn.

Folgender Versuch zeigt dies sehr deutlich. Ein Glasstäbchen, das sorgfältig gereinigt und benetzt war, wurde in das Steigerrohr eines Ueberführungsapparates geschoben, so daß der Querschnitt desselben ($2r = 0^{\text{mm}},9$) etwa um den sechsten Theil verengert wurde an der Stelle, wo sich der Meniskus befand. Das Ueberführungsrohr war ungeändert geblieben, und dennoch beobachtete ich nur die halbe Steighöhe wie ohne Stäbchen, obwohl man eigentlich eine größere Steighöhe hätte erwarten sollen, wegen des kleineren Querschnitts des Steigerrohres.

Ich habe deshalb Apparate angewandt, bei denen das Ueberführungsrohr aus 2 Theilen von gleicher Länge und verschiedenem Durchmesser bestand, während das Steigerrohr denselben Durchmesser wie der engere Theil des Ueberführungsrohres hatte. Es wurden dabei immer 2 gleichzeitig gereinigte und gefüllte Apparate von denselben Dimensionen benutzt. Der eine derselben diente als Widerstand, indem abwechselnd der engere oder weitere Theil des Ueberführungsrohres desselben eingeschaltet wurde, so daß der Schließungsbogen der Leidener Batterie ungeändert blieb, mochte die Elektrizität den weiteren oder engeren Theil des Ueberführungsrohres des anderen durchfließen.

Die folgende Tafel giebt die Beobachtungen an einem Apparate, der frisch mit destillirtem Wasser gefüllt worden war. Die Zahlen einer Horizontalreihe wurden bei derselben Oberfläche der Batterie durch unmittelbar auf einander

folgende Versuche erhalten, sind also direct vergleichbar. Die angegebenen Werthe von Δh und t sind das Mittel aus 6 Beobachtungen, die Bezeichnungen dieselben wie früher (§. 6).

$$2r_{12} = 0^{\text{mm}},8908 \quad 2r_{23} = 0^{\text{mm}},5492 \quad \varphi = 11^\circ 33'$$

$$L_{12} = 100^{\text{mm}} \quad L_{23} = 100^{\text{mm}} \quad \text{Temp.} = 19^\circ,2$$

q	$s = 3$		$s = 1$	
	Δh_{12}	Δh_{23}	Δh_{12}	Δh_{23}
10	3,50	50,52	5,12	67,67
-10	-2,95	-48,90	-4,73	-78,17
5	1,92	30,18	2,32	36,48
-5	-1,43	-25,15	-2,13	-34,35

Man sieht aus diesen Versuchen, dass die Steighöhen und die übergeführten Flüssigkeitsmengen *sehr viel größer sind, wenn dieselbe Elektrizitätsmenge durch Flüssigkeitssäulen von kleinerem Querschnitt strömt* unter sonst gleichen Verhältnissen, denn während sich die Querschnitte der beiden Theile des Ueberführungsrohres in dem erwähnten Apparate wie 2,765 verhalten, verhalten sich die beobachteten Steighöhen im Mittel umgekehrt wie 16,17.

Dabei scheint dies letztere Verhältniss unabhängig von der Quantität und Dichtigkeit der in der Batterie angehäufte Elektrizität, sowie von der Leitungsfähigkeit des Wassers, denn ich erhielt, nachdem der Apparat 48^h gestanden hatte, nahe dasselbe Verhältniss, nämlich

$$\frac{\Delta h_{23}}{\Delta h_{12}} = 15,407.$$

Beobachtungen an anderen Apparaten mit Ueberführungsröhren von anderen Dimensionen ergaben ähnliche Resultate.

11.

Um den Einfluss der Grösse der inneren Röhrenoberfläche auf die Ueberführung zu bestimmen wurden in den weiteren Theil der Ueberführungsröhren der beiden eben erwähnten Apparate 2 Glasstäbchen geschoben, so dass hier eine Röhre mit ringförmigem Querschnitt (Fig. 4 Taf. VIII) entstand.

Die Glasröhren waren aus demselben Glase, wie die Ueberführungsröhren, vor der Glasbläserlampe gezogen und nahe cylindrisch, wie die directe Messung verschiedener Stellen ergab, indem sie mit einem Schraubenmikrometer unter einem Schieck'schen Mikroskop auf einem daran befestigten Meßtische meßbar verschoben wurden.

Der mittlere Durchmesser der Glasstäbchen wurde aus ihrem Gewichte, dem specifischen Gewichte des Glases¹⁾ und der gemessenen Länge derselben abgeleitet. Die nach beiden Methoden gefundenen Werthe der Durchmesser stimmten genügend überein.

Der Entladungsstrom der Leidener Batterie wurde gleichzeitig durch den ringförmigen Theil des Ueberführungsrohres des einen Apparates und durch den cylindrischen Theil des Ueberführungsrohres des anderen Apparates geleitet, um den Schließungsbogen ungeändert zu lassen. Der eine Apparat wurde nur als Widerstand benutzt.

Die folgende Tafel giebt die Beobachtungen für destillirtes Wasser, das frisch eingefüllt worden war. Die Steighöhen sind in Scalentheilen des Glasmikrometers ausgedrückt, von denen 8,78 einem Millimeter entsprechen, da bei diesen Versuchen eine schwächere Vergrößerung, als gewöhnlich, angewendet wurde. 2ρ ist der Durchmesser des Glasstäbchens. Die übrigen Bezeichnungen sind dieselben wie früher (§. 6). Die angegebenen Zahlen sind das Mittel aus 5 Beobachtungen und gehören die Werthe einer Horizontalreihe unmittelbar auf einanderfolgenden Versuchen an.

- 1) Das specifische Gewicht des Glases der Ueberführungsröhren war 2,521. Zog man aus diesem Glase Glasstäbchen, so zeigten diese ein größeres specifisches Gewicht. Die Zunahme war um so größer, je dünner die Stäbchen waren. Vielleicht ist der Grund einfach darin zu suchen, daß Alkali sich in der Flamme der Glasbläserlampe verflüchtigt hatte. Das specifische Gewicht des Glasstäbchens, auf das sich die folgenden Beobachtungen beziehen, war 2,558; bei einem anderen von 0,17^{mm} Durchmesser sogar 2,685.

$$\begin{array}{lll}
 2r_{12} = 0^{\text{mm}},8772 & 2r_{23} = 0^{\text{mm}},5274 & \varphi = 4^{\circ} 27',1 \\
 2\varrho = 0^{\text{mm}},7272 & & \\
 L_{12} = 101^{\text{mm}} & L_{23} = 101^{\text{mm}} & \text{Temp.} = 16^{\circ},9
 \end{array}$$

q	Δh_{12}	t_{12}	Δh_{23}	t_{23}
$s = 3.$				
20	48,62	20'',64	1,72	18'',64
-20	-50,60	18,00	-1,92	18,48
10	21,34	17,05	0,64	17,36
-10	-23,32	17,76	-0,80	16
$s = 1.$				
20	46,48	8'',92	1,76	9''
-20	-48,84	8,16	-1,86	8,72

Bezeichnet man mit q_{12} und q_{23} den Querschnitt des Ueberführungsrohres zwischen den Elektroden 1 und 2 und den Elektroden 2 und 3, so folgt aus obigen Angaben $\frac{q_{12}}{q_{23}} = 0,865$, so daß also beide Röhrentheile bei gleicher Länge nicht bedeutend verschiedenen Querschnitt besaßen. Die Ueberführung in dem Rohr mit ringförmigem Querschnitt ist jedoch 30 Mal größer als die in dem anderen Rohr. Die Dauer des Steigens für die Ueberführung in diesem letzteren läßt sich jedoch wegen der geringen Steighöhe nicht genau bestimmen.

Andere Versuchsreihen ergaben ähnliche Resultate. Man sieht daraus, daß mit der Größe der Oberfläche der Röhrenwandung die Ueberführung bedeutend zunimmt.

12.

Schaltet man außer dem Ueberführungsapparate noch andere Widerstände in den Schließungsbogen der Leidener Batterie ein, so wird dadurch die Entladungszeit vergrößert und die Steighöhe verkleinert, indem jetzt ein größerer Theil der fortgeführten Wassermasse durch die Schwerkraft wieder zurückgeführt wird.

Die folgenden Beobachtungen wurden an einem mit destillirtem Wasser gefüllten Apparate angestellt, wenn in den Schließungsbogen der Leidener Batterie nach und nach mit destillirtem Wasser gefüllte Röhren von denselben Dimensionen, wie das Ueberführungsrohr, eingeschaltet wurden,

und die Elektrizität also, wenn man den metallischen Theil des Schließungsbogens vernachlässigt, entweder den nothwendigen Widerstand oder das doppelte, dreifache, vierfache desselben zu überwinden hatte.

Wegen der Veränderlichkeit der Leitungsfähigkeit des Wassers wurden aber außerdem mit einem Spiegelmultiplikator und einem constanten Strom in der oben (§. 7) erwähnten Weise die Widerstände W_1 W_2 W_3 der eingeschalteten Flüssigkeitsstrecken bestimmt und mit dem Widerstande W der Wassersäule im Ueberführungsrohre verglichen.

In der folgenden Tabelle sind über den die Steighöhe gebenden Columnen die Widerstände angegeben, welche der Entladungsstrom der Leidener Batterie aufser dem metallischen Theile der Leitung zu überwinden hatte. Die unmittelbar darunter stehenden Zahlen geben den Widerstand der sämmtlichen in den Schließungsbogen eingeschalteten Wassersäulen, den der Wassersäule im Ueberführungsrohre = 1 gesetzt.

Die Steighöhen Δh sind wieder in Scalentheilen des Glasmikrometers ausgedrückt, von denen 22,9 einem Millimeter entsprechen, die Zeit des Steigens t in Sekunden. Die angegebenen Werthe sind das Mittel aus 6 Beobachtungen. Die Angaben einer Horizontalreihe gehören Versuchen an, die unmittelbar auf einander folgten. Die übrigen Bezeichnungen sind dieselben wie früher (§. 6).

		$2r = 0^{\text{mm}},9$		$L = 100^{\text{mm}}$		$\varphi = 5^\circ 43',5$		$\text{Temp.} = 16^\circ,5$	
		$W = 1$		$W + W_1 = 2,435$		$W + W_1 + W_2 = 5,263$		$W + W_1 + W_2 + W_3 = 18,263$	
g	Δh	t	Δh	t	Δt	t	Δh	t	t
$s = 3.$									
60	23,67	1",43	21,53	3",6	14,87	4",8	11,87	7",67	
-60	- 18,78	1 ,73	-17,18	2 ,93	-14,80	5 ,0	-11,83	7 ,33	
20	5,71	1 ,57	4,77	2 ,43	4,28	4 ,40	2,68	9 ,47	
-20	- 6,12	1 ,52	- 5,52	2 ,25	- 3,75	4 ,47	- 2,55	7 ,87	
$s = 1$									
20	4,30	1",10	4,72	2",07	4,20	2",17	3,68	5",0	
-20	- 5,15	0 ,8	- 4,67	1 ,00	- 4,32	1 ,43	- 3,22	4 ,87	

Man sieht aus diesen Versuchen, daß *die Steighöhe und die Geschwindigkeit des Steigens mit wachsendem Widerstande des Schließungsbogens abnehmen*, besonders bei geringerer Dichtigkeit der Elektrizität auf der innern Belegung der Leidener Batterie. Die Abnahme der Steighöhe ist jedoch bei geringen Widerständen ¹⁾ nur unbedeutend, während die Dauer des Steigens schon beträchtlich vergrößert wird.

13.

Bei allen bisher erwähnten Versuchen war die Batterie entweder vollständig entladen nach Ablauf der Zeit, während welcher die Flüssigkeit gestiegen war, oder es fand sich nur noch eine unbedeutende Elektrizitätsmenge auf der inneren Belegung derselben.

Vergrößert man aber den Widerstand des Schließungsbogens durch Einschaltung noch größerer Widerstände, so wird die Entladungszeit so vergrößert, daß sich nach dem Aufhören des Steigens noch Elektrizität auf der inneren Belegung der Leidener Batterie vorfindet, und dieser Rückstand kann unter Umständen sehr beträchtlich seyn. Natur-

1) In einer früheren Mittheilung über den vorliegenden Gegenstand (Monatsberichte der Berl. Acad. 1861, S. 8) habe ich bei Ableitung des Gesetzes, daß die Ueberführung mit der Länge des Ueberführungsrohres zunimmt, angenommen, daß das Einschalten einer Wassersäule von den erwähnten Dimensionen die Ueberführung nicht änderte, indem ich durch Mangel an passenden isolirenden Glasröhren verhindert war, die oben (§ 9) erwähnte strengere Methode anzuwenden. Ich war damals noch nicht mit der Aenderung der Ueberführung durch Auflösung des Glases bekannt, und hatte, um constante Resultate zu erhalten, immer Wasser angewandt, das längere Zeit gestanden hatte. Bei vorläufigen Versuchen hatte sich die Steighöhe so wenig geändert, wenn noch andere Wassersäulen außer derjenigen des Ueberführungsapparates in den Schließungsbogen der Leidener Batterie eingeschaltet wurden, daß ich diese Aenderungen auf Beobachtungsfehler schieben mußte, und also wohl berechtigt war den Einfluß des veränderten Widerstandes des Schließungsbogens zu vernachlässigen. Die Resultate jener Versuche sind auch genau dieselben, wie die nach der strengeren Methode erhaltenen. Ueberhaupt mußte die Auffassung der in jener Mittheilung enthaltenen Versuche naturgemäß modificirt werden, sobald dabei Erscheinungen mitberücksichtigt werden mußten, die mir damals theilweise noch nicht bekannt waren.

lich zeigt sich dann eine noch gröfsere Abnahme der Steighöhe und der Geschwindigkeit des Steigens.

Alkohol hat eine Leitungsfähigkeit, die kleiner als die des destillirten Wassers ist und sich auch weniger durch Stehen der Flüssigkeit in den Glasröhren ändert. Deshalb sind mit Alkohol gefüllte Thermometerröhren sehr geeignet für grofse Widerstände. Als ein Thermometerrohr von 0^{mm}.51 Durchmesser und 400^{mm} oder 800^{mm} Länge in den Schliessungsbogen der Leidener Batterie eingeschaltet wurde, sank die Steighöhe an einem Ueberführungsapparate von nahe denselben Dimensionen, wie der im vorigen Paragraphen erwähnte, von 41,3 auf 6 oder 3,4 Scalentheile und es dauerte mehrere Minuten, ehe die Batterie entladen war.

Daraus folgt, dafs wenn man die Flüssigkeitsstrecke verlängert, welche die Elektrizität in dem Ueberführungsrohre zu durchlaufen hat, und ihr einen kleineren Querschnitt giebt, die Entladungszeit vergrößert wird und dadurch die Steighöhe verkleinert werden kann. Diefs tritt um so deutlicher hervor, je schlechter das angewandte Wasser die Elektrizität leitet, je reiner es also ist.

Man kann daher durch Verlängern und Verengern des Ueberführungsrohres die Steighöhe nicht beliebig vergrößern. Die Entladungszeit ist kürzer, wenn die Dichtigkeit der Elektrizität auf der Batterie gröfser ist, und es wird also die Dichtigkeit von grofsem Einflufs auf die Steighöhe seyn, wenn sich im Schliessungsbogen grofse Widerstände befinden. Die Versuche bestätigen diefs vollständig.

Es verhält sich mit der Fortführung des Wassers ähnlich, wie mit der Ablenkung der Magnetnadel durch den Entladungsstrom der Leidener Batterie¹⁾, wo die Ablenkung auch bei mäfsigen Widerständen unabhängig von der Entladungszeit bleibt, so bald diese sehr klein gegen die Schwingungsdauer der Nadel ist, und die Nadel während der ganzen Entladungszeit sich also sehr wenig aus ihrer Ruhelage entfernt hat.

Auch bei der Ueberführung durch den Entladungsstrom

1) W. Weber, Elektrodyn. Maafsbestimmungen 1846, S. 85.

der Leidener Batterie wird, wenn die Entladungszeit kurz gegen die Dauer des Steigens ist, so daß innerhalb derselben keine oder doch nur sehr wenig Flüssigkeit vermöge der Schwerkraft zurückfließen kann, die Steighöhe bloß abhängig seyn von der Quantität Elektrizität, die durch das Ueberführungsrohr fließt und unabhängig von der Dichtigkeit der Elektrizität auf der Leidener Batterie.

Die oben (§. 8) angeführten Versuche zeigten, daß die Entladungszeit bei den angewandten Apparaten wegen des großen Widerstandes der Flüssigkeit im Ueberführungsrohre noch nicht kurz genug war, denn es läßt sich noch ein Einfluß der Dichtigkeit der auf der Batterie angesammelten Elektrizität auf die Steighöhe erkennen.

Ich will hierbei bemerken, daß unter Umständen auch Fälle eintreten können, wo mit wachsender Dichtigkeit der Elektrizität auf der Oberfläche der Leidener Batterie die Steighöhe abnimmt statt zuzunehmen. Ich schaltete in den Schließungsbogen der Leidener Batterie aufser einem Apparate, dessen mit destillirtem Wasser gefülltes Ueberführungsrohr von 100^{mm} Länge und 0^{mm},9 Durchmesser schon längere Zeit benutzt worden war, noch eine Luftstrecke von 0^{mm},5 Länge zwischen 2 Nähnadelspitzen ein. Die Steighöhe betrug bei der Elektrizitätsmenge 10 in 3 Flaschen 7,4 Scalentheile, und bei derselben Elektrizitätsmenge und 1 Flasche nur 4,7 sc. Ohne eingeschaltete Luftstrecke war kein so bedeutender Unterschied zu bemerken, obwohl auch hier bei 3 Leidener Flaschen $\Delta h = 8$ sc und bei 1 Leidener Flasche $\Delta h = 6,7$ sc gefunden wurde. Die Versuche wurden mehrfach mit demselben Erfolge wiederholt, und es rührten diese Verschiedenheiten in der Steighöhe auch nicht von einer Aenderung der Leitungsfähigkeit des Wassers her, da ich abwechselnd 3 und 1 Leidener Flasche anwandte.

Der Grund dieser Erscheinung scheint mir vielmehr darin zu liegen, daß sich mit der Dichtigkeit der Elektrizität auf der inneren Belegung der Leidener Batterie auch die Natur des Entladungsstromes geändert hatte, und das verschiedene

Ansehen des Funkens an der kleinen 0^m,5 langen Luftstrecke bestätigte diese Vermuthung.

Auch schien es mir, nach dem Funken zwischen den Kugeln des Fallapparats zu urtheilen, durch welchen die Leidener Batterie entladen wurde, als ob öfter Entladungen aufgetreten wären, die Paalzow¹⁾ mit dem Namen alternirende bezeichnet, selbst wenn der Schließungsbogen nur aus den nothwendigen Metalldrähten und dem Ueberführungsrohre bestand.

Es ist leicht möglich, dafs ein Theil der Unregelmäßigkeiten, die ich in der Ueberführung unter scheinbar denselben Verhältnissen beobachtet habe, seinen Grund in den eben erwähnten verschiedenen Arten des Entladungsstroms der Leidener Batterie findet.

Man würde darüber mit der von Paalzow²⁾ angegebenen Methode entscheiden können, wenn man aufser dem Ueberführungsapparate noch eine mit verdünnten Gasen gefüllte Röhre in den Schließungskreis der Leidener Batterie einschaltete, jedoch tritt dann wieder die Schwierigkeit auf solche Röhren von constantem Widerstand herzustellen, so dafs es immer fraglich bleibt, ob dieser Weg zu befriedigenden Resultaten führen wird.

14.

Reiner Alkohol (No. 1) war aus käuflichem absoluten Alkohol durch Destillation über gebranntem Kalk dargestellt worden, und hatte bei 19° C. ein specifisches Gewicht von 0,795 verglichen mit Wasser von derselben Temperatur. Dieser Alkohol (No. 1), den ich der Güte des Hrn. Dr. Stahlschmidt verdankte, wurde durch den Entladungsstrom der Leidener Batterie in derselben Richtung wie Wasser fortgeführt. Ebenso verhielt sich Alkohol (No. 2) von specif. Gewicht 0,83, wie man ihn zur Darstellung wohlriechender Wasser benutzt, der also auch keine fremden Bestandtheile aufser Wasser enthalten haben wird. Die Ueberführung findet bei diesen Flüssigkeiten also eben-

1) Pogg. Ann. Bd. 112, S. 585.

2) Pogg. Ann. Bd. 112, S. 572.

falls im Sinne der positiven Elektrizitätsströmung statt, jedoch sind wegen des größeren Leitungswiderstandes die Steighöhe und die Dauer des Steigens meist größer unter sonst gleichen Verhältnissen. Die Gesetze, nach denen dies geschieht, sind dieselben wie bei destillirtem Wasser, wie ich mich durch mehrfache Versuchsreihen überzeugt habe.

Die erhaltenen Zahlen mögen der Raumerparnis wegen unangeführt bleiben. Sie ergeben jedoch auch Aenderungen in der Ueberführung, wenn die Flüssigkeit längere Zeit in den Röhren gestanden hat, obwohl diese Aenderungen nicht so groß und schnell sind, wie bei Wasser. Zum Theil liegen sie wohl in der Anziehung, die der Alkohol auf den Wasserdampf der Luft ausübt, vielleicht aber auch in einer Auflösung des Glases oder darin, daß der Alkohol in der Nähe der Röhrenwandung eine andere Concentration hat, als in der Mitte der Röhre. Die letztere Ansicht würde durch die von Wagenmann¹⁾ und mir²⁾ beobachtete Erscheinung eine Stütze finden, daß, wenn man Alkohol durch Sand oder gebrannten Thon gehen läßt, der abfließende Alkohol einen geringeren Wassergehalt, wie der ursprüngliche, zeigt.

15.

Durch Zusatz von Säuren oder Salzen zum destillirten Wasser wird die Steighöhe bedeutend vermindert, und dabei steigt die Flüssigkeit meist so schnell, daß man die Dauer des Steigens nicht mehr bestimmen kann.

Folgende Tafel giebt die Beobachtungen an einem Apparate, der nach und nach mit Kochsalzlösung von steigender Concentration gefüllt wurde. Ueber den einzelnen Columnen steht die Menge m reines Kochsalz, die in 100^{er} der Flüssigkeit enthalten war, sowie die Leitungsfähigkeit k der Flüssigkeit, wenn die des destillirten Wassers = 1 gesetzt wird. Die letzteren Zahlen wurden in der oben (§. 7) angegebenen Weise bestimmt mit einer 80gliedrigen Grove'schen Säule und einem Multiplicator von 10080 Win-

1) Pogg. Ann. Bd. 24, S. 600.

2) Pogg. Ann. Bd. 110, S. 60.

dungen und astatischer Nadel mit Spiegelablesung¹⁾. Die Bezeichnungen sind dieselben wie früher (§. 6).

	$2r = 0^{\text{mm}},9$		$\varphi = 5^{\circ} 5'$
	$L = 200^{\text{mm}}$		Temp. = 15°
$s = 2$	$m = 0$ $k = 1$	$m = 0^{\text{gr}},01$ $k = 6,76$	$m = 0^{\text{gr}},02$ $k = 10,21$
q	Δh	Δh	Δh
40	(70)	3,4	1,15
-40		-3,4	-1,0
20	(35)	1,6	0,45
-20		-1,4	-0,55

Die eingeklammerten Steighöhen für reines Wasser sind aus der Steighöhe für $q = \pm 10$ abgeleitet. Bei einem Gehalte von 0,1 Proc. Kochsalz und $k = 58,7$ war keine Ueberführung mehr zu beobachten.

Mit demselben Apparate und Lösungen von Kupfervitriol erhielt ich folgende Resultate, wo m wieder die in 100^{gr} der Flüssigkeit enthaltene Menge wasserfreien Salzes bezeichnet.

$s = 2$	$m = 0^{\text{gr}},005$ $k = 2,3$	$m = 0^{\text{gr}},01$ $k = 3,7$
q	Δh	Δh
40	7	1,7
-40	-6,3	-2,6
20	2,9	1,1
-20	-2,8	-1,3

Bei einem Gehalte von 0,1 Proc. wasserfreien Kupfervitriols und $k = 39,1$ war keine Ueberführung mehr zu beobachten.

Es mögen hier auch noch die Beobachtungen an demselben-Apparate für verdünnte Schwefelsäure folgen, wo m den Procentgehalt der Flüssigkeit an wasserfreier Säure bezeichnet.

1) Pogg. Ann. Bd. 107, S. 19.

$s = 2$ q	$m = 0,002$ $k = 3$	$m = 0,004$ $k = 7,6$	$m = 0,016$ $k = 28,6$
	Δh	Δh	Δh
40	29,25	15,4	2,3
-40	-30,2	-15,3	-2,2
20	12,6	8	1
-20	-15,3	-8	-1,1
10	5	3,6	0,6
-10	-5,6	-3,7	-0,5

Bei einem Gehalte von 0,04 Proc. wasserfreier Säure und $k = 146$ war keine Ueberführung mehr zu bemerken.

Alle diese Zahlen können auf keine große Genauigkeit Anspruch machen, weil man die Reibung und die Beschaffenheit des angewandten destillirten Wassers nicht als dieselbe in allen Versuchen annehmen kann.

Man sieht jedoch, wie *mit der Zunahme des Salzgehaltes die Steighöhen und der spezifische Leitungswiderstand der Flüssigkeit abnehmen.*

Wenn keine Ueberführung mehr stattfindet, so beobachtet man ein Steigen oder besser Zucken des Flüssigkeitsmeniskus um 0,2 Scalentheile, die Leidener Batterie mag mit positiver oder negativer Elektrizität geladen seyn.

Durch Zusatz von Kalihydrat zu reinem Alkohol wird ebenfalls die Ueberführung schwächer und bei noch größerem Zusatz hört sie ganz auf, während die Leitungsfähigkeit der Flüssigkeit zunimmt.

16.

Mit einem empfindlichen Multiplicator untersucht zeigten die in das destillirte Wasser tauchenden Platindrähte einen schwachen Polarisationsstrom, ohne dass man aber im Stande wäre, selbst nach längerem Gebrauche des Apparates, Gasblasen zu entdecken. Die Quantitäten Elektrizität, die im Laufe verschiedener Versuchsreihen durch einen Apparat gehen, sind aber so groß, dass man wohl sichtbare Gasblasen hätte erwarten dürfen. Ich bin deshalb zu glauben geneigt, dass ein Theil der Elektrizität zur Elektrolyse des Wassers verwandt wird, wie es der Polarisationsstrom an-

deutet, ein anderer Theil dagegen von der Flüssigkeitssäule, wie von einem Metalldrahte, geleitet wird.

Im Dunklen war an den Platindrähten keine Lichterscheinung bemerkbar. Bei kürzeren Flüssigkeitsstrecken erscheinen Gasblasen an den Platinelektroden. Sind die durchlaufenen Flüssigkeitsstrecken sehr kurz und dünn, so scheiden sich in dem Wasserfaden selbst Gasblasen ab, die wohl von absorbirter Luft herrühren, da sie bei längerem Stehen oft verschwinden.

Wasser und Alkohol bewegen sich übrigens auch im Sinne der positiven Elektrizitätsströmung, wenn man statt den Strom der Leidener Batterie hindurchgehen zu lassen, den Conductor und das Reibzeug der Elektrisirmaschine mit den Platinelektroden des Ueberführungsrohres in Verbindung setzt und die Scheibe der Maschine dreht. Man kann mit diesem »Strom der Elektrisirmaschine«, wie er in der Folge heißen mag, leicht eine Verschiebung von mehreren Millimetern hervorbringen, die also dem unbewaffneten Auge leicht sichtbar ist.

Die Steighöhe blieb dieselbe, mochte die Flüssigkeit in dem Gefäße mit constantem Niveau bei einem Ueberführungsrohre von 0^{mm},9 Durchmesser und 100^{mm} oder 200^{mm} Länge nur eben mit der Spitze eines dünnen Platindrahtes in Berührung stehen, oder in die Flüssigkeit eine Spirale aus Platinblech so tief, wie möglich, eingetaucht werden. Auch war kein bemerkenswerther Unterschied vorhanden, mochte die Leidener Batterie positiv oder negativ geladen seyn. Im allgemeinen giebt die sinkende Flüssigkeit leicht etwas größere Werthe für Δh , da das Steigerrohr schwer benetzt zu erhalten ist.

17.

Man kann nun die Ueberführung des Wassers und Alkohols in den oben (§. 3) beschriebenen Ueberführungsapparaten auch mit constanten galvanischen Strömen zeigen, wenn man hinreichend große elektromotorische Kräfte anwendet. Ich war durch die Güte des Hrn. Prof. E. du Bois-Reymond in den Stand gesetzt, 80 Grove'sche

Elemente anwenden zu können. Läßt man den Strom dieser Säule durch einen Ueberführungsapparat von der §. 3 beschriebenen Einrichtung gehen, so beobachtet man eine Bewegung der Flüssigkeit im Sinne des positiven Stromes, und es nimmt nach einiger Zeit der Meniskus derselben im Steigerrohr einen bestimmten Stand ein.

Der elektrische Strom wurde gleichzeitig durch den Ueberführungsapparat und einen sehr empfindlichen Multiplicator mit astatischer Nadel und Spiegelablesung geleitet, so daß man die Stromstärke bestimmen konnte, die in den meisten Fällen von der Ordnung des Nervenstromes war oder noch geringer. Dieselbe blieb für dieselbe Anzahl Grove'scher Elemente nahe constant, da die Polarisation der Platinelektroden im ungünstigsten Falle (bei geringer Anzahl der Elemente und langer Dauer des Stromes) ein paar Scalentheile betrug wegen der großen elektromotorischen Kräfte, welche den Strom erzeugten.

Um zu sehen, in welcher Weise die Ueberführung von der Stromstärke abhinge, wurde dieselbe dadurch verändert, daß bald 80 bald 40 Grove'sche Elemente angewandt wurden.

Die folgenden Bezeichnungen sind dieselben wie früher (§. 6 u. 9), nur ist jetzt unter der Steighöhe Δh die constante Stellung des Flüssigkeitsmeniskus zu verstehen über oder unter seiner Ruhelage. Die vertikale Höhe, um welche derselbe gestiegen oder gesunken ist, wird also durch $\Delta h \sin \varphi$ gemessen und die Elektrizität führt ebensoviel Flüssigkeit durch das Ueberführungsrohr, wie der Druck einer Flüssigkeitssäule von der Höhe $\Delta h \sin \varphi$ vermöge der Schwerkraft.

Bezeichnet man mit J die Stromintensität in abgelesenen Scalentheilen, so beobachtete ich bei einem mit destillirtem Wasser gefüllten Apparate mit 3 Platinelektroden und einem Ueberführungsrohre von überall gleichem Caliber folgende Steighöhen $\Delta h_{1,3}$ und $\Delta h_{2,3}$, je nachdem der Strom durch die ganze Flüssigkeitssäule zwischen den Elektroden p_1 und

p_3 ging, oder durch die halbe Flüssigkeitssäule zwischen den Elektroden p_2 und p_3 .

$2r = 0^{\text{mm}},897$			$\varphi = 5^\circ 26',5$
$L_{12} = 90^{\text{mm}}$	$L_{23} = 100^{\text{mm}}$	Temp. = 14°	
Angewandte Kette	J_{13}	Δh_{13}	J_{23}
80 Grove's	58,65	5,60	139,87
40 Grove's	27,07	2,85	64,53
			Δh_{23}
			5,875
			2,875

Die angegebenen Zahlen sind das Mittel aus 12 Beobachtungen, 6 positiven und 6 negativen Werthen von Δh .

Man sieht daraus, daß die *Steighöhe proportional der Stromintensität ist* unter sonst gleichen Verhältnissen, ganz wie es Wiedemann¹⁾ bei Diaphragmen und constanten galvanischen Strömen gefunden hat. Aehnliche Versuchsreihen ergaben dasselbe Resultat.

Man sieht ferner, daß *bei verschiedener Länge der vom elektrischen Strome durchflossenen Flüssigkeitsstrecke die Steighöhe proportional der elektromotorischen Kraft der angewandten Kette ist, unter sonst gleichen Verhältnissen*²⁾.

18.

Es wurde ferner der elektrische Strom der Grove'schen Säule durch Apparate geleitet, bei denen das Ueberführungsrohr aus 2 Theilen von verschiedenem Durchmesser bestand, wie sie oben (§. 10) schon beschrieben worden sind. Die Länge dieser beiden Theile war jedoch nicht gleich, da ja, wie eben gezeigt wurde, die Ueberführung durch den constanten Strom bei derselben elektromotorischen Kraft unabhängig von dieser Länge ist.

1) Pogg. Ann. Bd. 87, S. 342.

2) In der angeführten Tabelle ist Δh_{13} ein wenig kleiner als Δh_{12} , weil die Platinelektrode p_1 sich in der Kugel N des Gefäßes mit constantem Niveau, statt an dem Korke B des Ueberführungsrohres (Fig 2 Taf. VIII) befand. Die hintere Strecke des Ueberführungsrohres bestand also eigentlich aus einem kurzen weiteren und einem längeren engeren Theile. In weiteren Röhren wird aber von derselben elektromotorischen Kraft weniger übergeführt, unter sonst gleichen Verhältnissen, wie später (§. 18) gezeigt werden wird.

Die folgende Tafel giebt die Beobachtungen an verschiedenen Ueberführungsröhren und destillirtem Wasser. Die erste Columne enthält die Nummer der Beobachtung, die zweite unter L die Länge der von der Elektrizität durchflossenen Flüssigkeitsstrecke, die dritte und vierte unter $2r$ und $2R$ den Durchmesser des Ueberführungs- und Steigerohres. φ ist die Neigung des Steigerohres gegen den Horizont, *Temp.* die Temperatur des Apparates in Centesimalgraden, n die Anzahl der angewandten Grove'schen Elemente, J die am Multiplicator mit astatischer Nadel und Spiegelablesung gemessene Stromintensität in Scalentheilen und Δh die beobachtete Steighöhe in Scalentheilen des Glasmikrometers, von denen 22,9 einem Millimeter entsprechen.

Die angegebenen Werthe von Δh sind das Mittel aus wenigstens 12 Versuchen, 6 positiven und 6 negativen Werthen von Δh . Die Beobachtungen No. 3 und 7, sowie No. 8 und 9 wurden an denselben Apparaten angestellt. Das Glas der Ueberführungsröhren war bei den Beobachtungen No. 7, 8 und 9 etwas anders und schwerer schmelzbar, als bei den übrigen.

No.	L	$2r$	$2R$	φ	Temp	n	J	Δh	b
1	96	0,376	0,376	9° 6',5	17°,9	81	4,54	20,15	0,00006066
2	"	"	"	8 52,8	16 ,3	78	2,5	19,508	0,00005947
3	"	"	"	8 49,7	15	78	10,65	18,075	0,00005546
4	100	0,897	0,897	4 26,5	15 ,8	78	15,4	7,335	0,00006398
5	"	"	"	5 14	16 ,5	78	19,4	5,850	0,00006011
6	"	"	"	5 26,5	14 ,1	80	20,6	5,875	0,00005969
7	305	1,775	0,376	8 49,7	15	78	47,1	0,940	0,00006443
8	230	1,888	1,888	2 38,5	16	78	37,7	2,385	0,00005486
9	230	1,990	1,888	2 38,5	16	78	32,9	2,310	0,00005901

Mittel 0,00005974

Nimmt man an, daß die Steighöhe umgekehrt proportional mit dem Quadrat des Radius der Ueberführungsröhren ist bei derselben elektromotorischen Kraft, so hat man also die vertikale Höhe b , um welche die elektromotorische Kraft eines Grove'schen Elementes in Röhren von 1^{mm} Radius das Wasser hebt, wenn man die erwähnten

Bezeichnungen beibehält, gegeben in Millimetern durch den Ausdruck

$$b = \frac{1}{22,9} \cdot \frac{r^2}{n} \cdot \Delta h \cdot \sin \varphi.$$

Die so aus den Beobachtungen berechneten Werthe von b finden sich in der letzten Columne obiger Tabelle zusammengestellt, und man sieht, dafs sie nahe denselben Werth haben, also wirklich die *Steighöhe nahe proportional dem Quadrate des Röhrenradius ist bei derselben elektromotorischen Kraft*.

Ich bemerke dabei, dafs möglicher Weise dies Gesetz nicht mehr gültig ist bei weiteren Röhren und unter andern Verhältnissen, als diejenigen waren, unter welchen vorliegende Versuche angestellt wurden, da es eigentlich nichts weiter ausdrückt, als dafs die elektromotorische Kraft eines Grove'schen Elementes durch eine Glasröhre von 1^{mm} Radius in der Zeiteinheit ebensoviel destillirtes Wasser hindurchführt, wie eine Wassersäule von der Höhe b vermöge der Schwerkraft. Diese letztere Wassermenge hängt jedoch wie die Untersuchungen von Hagen¹⁾, Poiseuille²⁾, Hagenbach³⁾ u. A. gezeigt haben, von sehr vielen Umständen, besonders aber von der Temperatur, ab, so dafs man es bei diesen Ueberführungen durch strömende Electricität mit sehr complicirten Erscheinungen zu thun hat.

Bleibt das Wasser längere Zeit in den Röhren, so dafs es also Glas auflöst, so wird wegen der gröfseren Leitungsfähigkeit die Stromstärke gröfser, die Steighöhe selbst kleiner unter sonst gleichen Verhältnissen (vergl. weiter unten §. 25), und man findet zugleich die Flüssigkeit schwerer beweglich. Die angegebenen Beobachtungen wurden deshalb alle an frisch gefüllten Apparaten oder solchen angestellt, in denen das Wasser höchstens 30^h gestanden hatte. Die gröfseren Werthe für b kommen dem reineren Wasser

1) Pogg. Ann. Bd. 46, S. 423. 1839. Abhandl. d. Berl. Akad. 1854.

2) Ann. de chim. S. III, T. VII, p. 50. 1843. Pogg. Ann. Bd. 58, S. 424.

3) Pogg. Ann. Bd. 109, S. 385. 1860.

zu, so dafs man im Mittel etwa $b = 0^{\text{mm}},000061$ für destillirtes Wasser und Glasröhren annehmen kann.

19.

Die Steighöhe wurde nun auch in Apparaten mit Ueberführungsröhren von ringförmigem Querschnitte bestimmt, indem, wie früher bei den Versuchen mit dem Entladungsstrom der Leidener Batterie, Glasstäbchen von gemessenen Dimensionen in das Ueberführungsrohr eingeschoben wurden.

Die folgende Tafel giebt die Beobachtungen an Apparaten, die frisch mit destillirtem Wasser gefüllt worden waren. 2ϱ ist der Durchmesser des Glasstäbchens. Die übrigen Bezeichnungen sind dieselben wie in §. 18. Die mit einem * versehenen Werthe von Δh sind nicht direct abgelesen, sondern durch Division mit $\cos \varphi$ aus der horizontalen Verschiebung des Kathetometerschlittens abgeleitet, welche nöthig war, um den Meniskus in seiner höchsten und tiefsten Stellung an derselben Stelle des Gesichtsfeldes des Beobachtungsmikroskopes zu sehen. Die Steighöhe war in diesen Fällen nämlich so grofs, dafs man nicht mehr beide Stellungen des Meniskus gleichzeitig übersehen konnte.

No.	L	$2r$	2ϱ	$2R$	φ	Temp.	n	J	Δh	b
1	^{mm} 116	0,799	0,341	0,799	2° 24',4	15°,8	78	7,1	^{sc} 23,75	^{mm} 0,00007254
2	»	»	0	»	»	»	»	11,7	15	0,00005620
3	100	0,897	0,341	0,897	5 14'	16°,5	78	14,9	9,957	0,00008748
4	»	»	0	»	»	»	»	19,4	5,850	0,00006011
5	100	0,897	0,651	0,897	5 7',1	18°,5	77	6,68	57,37*	0,00002645
6	»	»	0	»	»	»	»	21,50	5,490	0,00005590
7	100	0,897	0,727	0,897	5 25',9	8°	77	46,42	70,41*	0,00002606
	»	»	0	»	»	»	»	93,62	5,520	0,00005961

In der letzten Columne steht unter b die Höhe in Millimetern angegeben, bis zu welcher das Wasser in einer Röhre von 1^{mm} Radius steigen würde, wenn sich die Steighöhen umgekehrt wie die Quadrate der Röhrenradien verhielten. Bei den Röhren mit ringförmigem Querschnitt ist dabei dieser Werth von b berechnet für ein Rohr von gleichem, aber kreisförmigem, Querschnitt.

Man sieht daraus, daß die Ueberführung in den Röhren mit ringförmigem Querschnitte viel größer ist, und daß bei demselben Querschnitte des Ueberführungsrohres die Steighöhe mit der Größe der inneren Röhrenoberfläche zunimmt, analog den Erscheinungen bei der Fortführung durch den Entladungsstrom der Leidener Batterie (§. 16).

20.

Um zu sehen, in welcher Weise die Ueberführung von der Substanz der Röhre abhänge, überzog ich das Ueberführungsrohr innen mit einer äußerst dünnen Schellackschicht, indem mit Hülfe einer Luftpumpe sehr verdünnte alkoholische Schellacklösung durch dieselbe getrieben wurde. Erschien die Röhrenwand gleichförmig benetzt, so wurde kalte und später warme Luft hindurchgesogen, so daß der Alkohol verdampfte und der Schellack an der Oberfläche weich wurde. Darauf wurde nach dem Erkalten des Rohres noch einmal verdünnte Schellacklösung hindurchgesogen und die ganze Operation wiederholt. Zwei in dieser Weise präparirte Ueberführungsrohren wurden zu den folgenden Versuchen benutzt, nachdem sie mit Wasser gefüllt worden und die Entladung einer sehr stark geladenen Leidener Flasche hindurchgeleitet war, um die etwa auf den Platiuelektroden haftende Schellackschicht zu zersprengen.

Nach der Bestimmung der Steighöhe, wurde der Durchmesser der engeren Röhre mit einem Quecksilberfaden bestimmt. Bei der weiteren Röhre, wo die Schellackschicht sehr dünn und auch wohl die Glasoberfläche nicht überall davon bedeckt war, wurde der Durchmesser der Glasröhre als Durchmesser des innen mit Schellack überzogenen Rohres angenommen.

Als Steigerohr wurde bei diesen Apparaten eine Glasröhre von etwa $0^{\text{mm}},9$ Durchmesser benutzt, die auf die gewöhnliche Weise gereinigt und benetzt war, und mittelst eines durchbohrten Korkes auf das vordere Ende des Ueberführungsrohres aufgeschoben wurde, wie es Fig. 5 Taf. VIII zeigt.

Die folgende Tafel giebt die Beobachtungen für frisch eingefülltes Wasser. Die Bezeichnungen sind dieselben, wie in §. 18, die angegebenen Werthe von Δh das Mittel aus 12 Versuchen.

No	L	$2r$	ρ	Temp.	π	J	Δh	b
1	mm 79	mm 0,457	7° 50'	16°,4	81	11,01	sc 21,58	mm 0,00008285
2	100	0,897	6 23	17 ,1	81	26,95	6,27	0,00007561
							Mittel	0,00007923

Man sieht daraus, daß die Ueberführung des Wassers in Schellackröhren größer, als in Glasröhren ist.

Es ist mir nicht gelungen Glasröhren in derselben Weise, wie mit Schellack, mit anderen Substanzen zu überziehen, so daß ich ein Rohr von gleichmäßigem Caliber erhalten hätte. Schwefel in Schwefelkohlenstoff gelöst, den ich besonders gern angewandt hätte, hat den Uebelstand, daß der Schwefel sich beim Verdampfen des Lösungsmittels immer in kleinen Krystallen an die Glaswand ansetzt.

Es mag deshalb noch folgender Versuch hier eine Stelle finden, wiewohl ich gestehe, daß er nicht so beweisend wie der eben angeführte ist.

Ich überzog ein Ueberführungsrohr inwendig mit einer sehr dünnen Silberschicht nach dem Petitjean'schen Verfahren¹⁾, indem das sorgfältig gereinigte Glasrohr mit der kalten Versilberungsflüssigkeit gefüllt und mehrere Tage hindurch in horizontaler Lage sich selbst überlassen wurde. Die Silberschicht war nicht an allen Stellen gleich durchscheinend, so daß also der Ueberzug nicht ganz gleichmäßig war. Die an ihm haftende Flüssigkeit wurde durch Durchsaugen von destillirtem Wasser durch das Ueberführungsrohr mit Hilfe der Luftpumpe und längeres Verweilen desselben in destillirtem Wasser möglichst entfernt. Verband man die Platinelektroden dieses versilberten und getrockneten Ueberführungsrohres mit den Polen einer 80gliedrigen Grove'schen Säule und schaltete gleichzeitig einen

1) Pogg. Ann. Bd. 101, S. 313.

empfindlichen Multiplicator in den Stromkreis ein, so war keine Ablenkung an diesem zu bemerken, wohl weil das Silber in einzelnen getrennten Partikelchen an der Glaswand haftete.

Mit diesem Ueberführungsrohre wurde dann ein Apparat von der in §. 3 beschriebenen Einrichtung zusammengestellt, nachdem dasselbe in derselben Weise, wie die Schellackröhre, mit einem benetzten Steigerohr von Glas von etwa 0^{mm},8 Durchmesser versehen worden war.

Die folgende Tafel giebt die Beobachtungen an dem mit destillirtem Wasser gefüllten Apparate. Die Bezeichnungen sind dieselben wie oben.

No.	<i>L</i>	<i>2r</i>	φ	<i>n</i>	<i>J</i>	Δh	<i>b</i>
1	^{mm} 67	^{mm} 0,459	8° 45'	81	18	12,61	0,00005453
2	67	0,466	"	"	31	8,60	0,00003837

Als Durchmesser des Rohres wurde der Durchmesser der unversilberten Glasröhre angenommen. Die erhaltenen Werthe von *b* sind also zu groß gefunden.

Man sieht aus den Zahlen, die freilich nicht gut mit einander übereinstimmen, daß in einer Silberröhre das Wasser weniger fortgeführt wird in der Richtung des positiven Stromes als in einer Glasröhre unter sonst gleichen Verhältnissen.

Uebrigens führt in Schellack und Silberröhren auch der Entladungsstrom der Leidener Batterie oder der Strom der Elektrizmaschine destillirtes Wasser von der positiven zur negativen Elektrode des Ueberführungsrohres.

21.

Man kann nun die Abhängigkeit der Größe der Ueberführung von der Natur des Stoffes, mit welchem das Wasser in Berührung ist, auch bei Diaphragmen nachweisen.

Ich nahm 2 Cylinder aus gebranntem Thon von 42^{mm} Höhe, 26^{mm} Durchmesser, 2^{mm} Wanddicke und möglichst gleicher Beschaffenheit, tränkte den einen mit einer alkoholischen Lösung von Aetherinchlorplatin und setzte ihn,

nachdem er lufttrocken geworden mit dem unpräparirten zu gleicher Zeit in einer verschlossenen porösen Kapsel dem Verglühfener eines Porzellanofens aus, so daß die ganze Oberfläche mit einer äußerst dünnen Platinschicht überzogen wurde, der Cylinder aber noch porös blieb. Dieselbe Operation wurde dann noch 2 Mal an beiden Cylindern wiederholt, so daß der platinirte Thoncyylinder gleichmäßig grau erschien und ebenso porös war, wie der nicht platinirte, der sich übrigens sonst in denselben Verhältnissen befunden hatte. Der Platinüberzug war auf dem ganzen Thoncyylinder so dünn vertheilt, daß eine 80gliedrige Grove'sche Säule, durch den Thoncyylinder und einen höchst empfindlichen Multiplicator mit astatischer Nadel und Spiegelablesung geschlossen, an dem Multiplicator eine Ablenkung von höchstens einem halben Scalenthail hervorbrachte, wenn überhaupt eine solche vorhanden war.

Ich kittete nun auf die Oeffnung des Thoncyinders eine mit einem vertikalen Glasrohre versehene Glasglocke, führte einen Platindraht luftdicht durch die Kittung zu einer innerhalb des Thoncyinders befindlichen Platinplatte und setzte den Thoncyylinder in ein Glas mit einer zweiten Platinplatte. Ich erhielt so einen Apparat, wie ihn Wiedemann) zur Feststellung der Gesetze der Fortführung von Flüssigkeiten durch Diaphragmen benutzt hat. Ebenso verfuhr ich mit dem platinirten Thoncyylinder, und hatte also 2 Apparate von genau gleicher Beschaffenheit, abgesehen von der Natur der Oberfläche des porösen Diaphragma's.

Beide Apparate wurden mit destillirtem Wasser gefüllt, so daß dieses in dem vertikalen Glasrohre beider gleich hoch über dem Niveau der Flüssigkeit außerhalb des Thoncyinders stand. Der Flüssigkeitsmeniskus in dem Glasrohre sank dann bei beiden Apparaten in derselben Zeit um nahe dasselbe Stück, so daß also wirklich beide Thoncyylinder nahe dieselbe Porosität besaßen.

Liefs ich nun den Strom einer 80gliedrigen Grove'schen Säule gleichzeitig durch beide Apparate gehen; so

1) Pogg. Ann. Bd. 87, S. 328.

dafs derselbe Strom beide Apparate hintereinander in gleicher Weise durchfloss, so beobachtete ich eine Fortführung des Wassers durch beide Thoncyliner in der Richtung der positiven Elektrizitätsströmung, jedoch war die übergeführte Flüssigkeitsmenge halb so groß bei dem platinirten Thoncyliner, wie bei dem anderen, und die Flüssigkeit stieg oder sank in jenem halb so schnell als in diesem, je nachdem der Strom von Außen nach dem Innern der Thoncyliner ging oder umgekehrt.

Man wird diesen großen Unterschied in der Ueberführung wohl nicht darauf schieben können, dafs nur ein Theil des elektrischen Stromes durch die Flüssigkeit, ein anderer durch das Platin des Diaphragma's geflossen sey. Der Widerstand des trockenen platinirten Thoncyliners war sehr viel größer, als derjenige, welchen die in seinen Poren enthaltene Wassermasse zeigte, und es kann also nur ein verschwindend kleiner Theil des Stromes, wenn es überhaupt einer war, durch das Platin geflossen seyn. Man wird also die Verschiedenheit der Ueberführung auf die verschiedene Beschaffenheit der Oberfläche schieben müssen.

22.

Alkohol in Ueberführungsröhren aus Glas wurde durch den constanten Strom der Hydrokette in der Richtung des positiven Stromes fortgeführt, jedoch war die Steighöhe kleiner als bei destillirtem Wasser unter fast gleichen Verhältnissen.

Die folgende Tafel giebt die Beobachtungen für Alkohol No. 2 dessen spec. Gew. 0,835 bei 15°,5 C. war, wie er zur Darstellung wohlriechender Wasser im Handel benutzt wird.

Die Bezeichnungen sind dieselben wie in §. 18. Die angegebenen Werthe Δh sind das Mittel aus 12 Beobachtungen, 6 positiven und 6 negativen Werthen von Δh .

No.	<i>L</i>	<i>2r</i>	<i>2R</i>	φ	Temp	<i>n</i>	<i>J</i>	Δh	<i>b</i>
	mm	mm	mm					sc	mm
1	96	0,376	0,376	4° 48',5	15°,5	78	1	16,175	0,00002677
2	116	0,799	0,799	1 40,5	14,4	78	3,60	10,86	0,00002834
3	100	0,897	0,897	2 44,9	14,67	78	3,75	4,541	0,00002452
4	230	1,888	1,888	1 45,4	14,53	78	6,45	2,045	0,00003130
Mittel									0,00002773

Man sieht, daß auch hier die Steighöhe mit wachsendem Durchmesser der Ueberführungsrohren abnimmt, und zwar in den angeführten Beobachtungen nahe umgekehrt proportional dem Quadrate des Röhrenradius ist.

Bei einem weiteren Ueberführungsrohr und demselben Alkohol habe ich einmal einen kleineren Werth für *b* gefunden, möglicher Weise wegen einer zufälligen Verunreinigung des Alkohols.

Bei reinem absoluten Alkohol (No. 1 vergl. §. 11) war die Steighöhe, welche ein constanter Strom hervorbrachte, ebenfalls kleiner als bei destillirtem Wasser unter sonst gleichen Verhältnissen. Die folgende Tafel giebt die Beobachtungen an einem Apparate, dessen Ueberführungsrohr aus 2 Theilen von verschiedenem Durchmesser bestand.

No.	<i>L</i>	<i>2r</i>	<i>2R</i>	φ	Temp	<i>n</i>	<i>J</i>	Δh	<i>b</i>
1	101	0,527	0,527	4° 0',5	18°,4	80	1,69	12,865	0,00003416
2	100	0,877	„	„	„	80	4,93	4,65	0,00003414

Man sieht, daß auch hier die Steighöhe umgekehrt proportional mit dem Quadrate des Röhrenradius ist.

Ob die Werthe der Ueberführungsconstante *b* für Wasser und Alkohol sich nur zufällig nahe wie die Capillaritätsconstanten dieser Flüssigkeiten verhalten, oder ob dem eine tiefere Ursache zu Grunde liegt, müssen weitere Untersuchungen zeigen.

23.

Ich habe ferner Versuche an einem Apparate angestellt, wo der constante Strom destillirtes Wasser durch einen von 2 ebenen Glasflächen begränzten Raum hindurchführte.

Der Apparat, dessen Benutzung ich der Güte des Hrn. Prof. E du Bois-Reymond verdanke, ist in Fig. 6 Taf. VIII in $\frac{1}{4}$ natürlicher Gröfse dargestellt, und hatte folgende Einrichtung.

Ein Cylinder *C* aus starkem Glase war unten kugelförmig ausgeschliffen und ruhte mit einer 2^{mm},6 breiten plangeschliffenen und polirten Fläche *F* auf einer ebenfalls plangeschliffenen und polirten Glasplatte *D*. Der innere Durchmesser dieser ringförmigen Berührungsfläche war 43^{mm},7. Auf der oberen Fläche des Cylinders *C*, die der unteren Fläche parallel geschliffen war, ruhten ein abgedrehter Ring *A* und ein Bogen *B* aus dickem Messing, mittelst deren die Schraube *S* den Cylinder mit seiner unteren Basis gegen die Glasplatte *D* fest andrückte.

Durch Anziehen der Schraube *S*, deren Muttergewinde in einem eisernen Querstücke lag, das die eisernen Streben *E* und *E'* fest verband, konnte man also den ringförmigen Zwischenraum oder Spalt zwischen Cylinder *C* und Glasplatte *D* enger machen, und es zeigte dann die in demselben enthaltene Luftschicht die Farben dünner Blättchen. Die eisernen Streben *E* und *E'* waren in das hölzerne Fußbrett *G* des ganzen Apparates fest eingeschraubt, und so weit von einander entfernt, daß gerade Raum genug für den aus gehärtetem Kautschuck bestehenden Boden *H* eines viereckigen Kästchens *K* blieb, dessen Seitenwände aus Spiegelglasplatten zusammengesetzt waren. Diefs Kästchen, welches die Glasplatte *D* und den Cylinder *C* aufnahm, wurde wie dieser mit destillirtem Wasser gefüllt, und es standen also die in beiden enthaltenen Wassermassen nur durch den ringförmigen Spalt mit einander in Verbindung.

Der Cylinder *C* trug eine vertikale (in der Zeichnung fortgelassene) Millimeterscala und war calibrirt, so daß man aus dem Stande des Niveau's die Menge der in ihm enthaltenen Flüssigkeit berechnen konnte.

Bei einigen Versuchen wurden auch 3 Wachsstückchen zwischen Cylinder *C* und Glasplatte *D* gebracht, wodurch diese fest an einander klebten und dann die im Cylinder

enthaltene Wassermenge direct durch Wägung bestimmt werden konnte, da durch den engen Spalt fast gar kein Wasser hindurchdrang.

Der ganze Apparat war übrigens, wie hier beiläufig bemerkt werden mag, nach der Angabe des Hrn. Prof. E. du Bois-Reymond ausgeführt worden, um zu sehen, ob eine dünne Flüssigkeitsschicht wirklich metallische Leitung zeigt, wie es v. Grotthufs¹⁾ angeht.

Ich füllte nun den Apparat mit destillirtem Wasser, leitete den Strom einer Grove'schen Säule mit 2 Platindrähten zu der innerhalb und auferhalb des Glascylinders befindlichen Flüssigkeit und beobachtete dann immer eine Ueberführung im Sinne des positiven Stromes durch den ringförmigen Spalt bei *F*.

Dabei wurde entweder der ganze ringförmige Spalt benutzt, oder ein Theil desselben verstopft durch Zwischenbringen einer dünnen Wachsschicht und Anpressen des Cylinders *C* gegen die Glasplatte *D*.

Die folgende Tafel giebt in Graden unter *O* die Breite des Spaltes bei *F*, auf welcher die Ueberführung stattfand, so dafs also 360° dem ganzen Spalt entsprechen würde. Unter *n* steht die Anzahl der angewandten Grove'schen Elemente, unter *J* die Stromintensität gemessen an einem Multiplicator mit astatischer Nadel und Spiegelablesung, unter *m* endlich die Flüssigkeitsmenge, welche in der Minute dem Innern des Cylinders durch den elektrischen Strom zugeführt wurde.

Der Spalt war so eng, dafs die Flüssigkeit in 7^h nur um 1^{mm} sank, wenn ihr Niveau innerhalb des Cylinders 10^{mm} höher als auferhalb desselben stand. Man kann also die von der Schwere durch den ringförmigen Spalt hindurchgeführte Wassermenge vollständig vernachlässigen.

1) Th. v. Grotthufs, physisch chemische Forschungen. Nürnberg 1820 S. 70.

No.	O	n	J	m
1	140°	79	56,8	^{gr} 0,0260
2	140	40	22,7	0,0114
3	360	40	52,9	0,0164
4*	360	40	108,0	0,0101*
5	320	79	36,8	0,0204

In der mit einem versehenen Beobachtung No. 4 war der Cylinder *C* nur lose auf die Glasplatte *D* aufgesetzt, bei den übrigen Versuchen war die Schraube *S* fest angezogen.

Man sieht, dafs die übergeführte Flüssigkeitsmenge auch hier proportional der angewandten elektromotorischen Kraft ist. Zugleich scheint sie bei einem engeren Spalt gröfser, als bei einem weiteren, und unabhängig von der Breite des Spaltes zu seyn.

Ich erhielt jedoch nicht constante Zahlen für die Ueberführung und es scheint, als ob sich trotz des grofsen Druckes, mit welchem der Cylinder gegen die Glasplatte gedrückt wurde, die Weite des ringförmigen Spaltes veränderte. Das Wasser schien auch leichter in den Cylinder hinein- als herausgeführt zu werden, indem ich bei einer Breite des Spaltes von 320^v und einer 79gliedrigen Grove'schen Säule $m = - 0^{\text{sr}},0157$ $J = - 42,8$ fand. Auch waren, selbst bei derselben Stromesrichtung, Schwankungen in der Stromstärke bis zu 10 Scalentheilen bemerkbar.

24.

Es mögen hier noch die Versuche an einem kleinen Becherglase angeführt werden, in dessen 2^{mm} dicken Boden zufällig ein kleiner Sprung von etwa 10^{mm} Länge entstanden war. Der Sprung war so eng, dafs Wasser Tage lang in dem Becherglase stehen konnte, ohne durch den Sprung hindurchzudringen. Man konnte also sehr leicht das Becherglas mit der in ihm enthaltenen Flüssigkeit wägen.

Dasselbe wurde in eine gröfsere Glasschale gesetzt, beide bis zu derselben Höhe mit destillirtem Wasser gefüllt und nun der Strom einer 79gliedrigen Grove'schen

Säule durch 2 Platindrähte dem Wasser auferhalb und innerhalb des Becherglases zugeführt. Das Becherglas wurde, um Verdampfung zu vermeiden, mit einem Uhrglase bedeckt.

Die an einem gleichzeitig eingeschalteten Multiplicator gemessene Stromintensität war sehr variabel und schwankte zwischen 35 und 60 Scalentheilen. Der Strom führte jetzt Wasser durch den Sprung in der Richtung der positiven Elektrizitätsströmung hindurch. Ging der Strom von aussen nach innen, also von der convexen Seite zur concaven, so wurden in der Minute $0^{\text{sr}},005251$ oder $0^{\text{sr}},004677$ durch den Sprung hindurchgeführt, ging der Strom in umgekehrter Richtung, so war die Menge weit gröfser, nämlich $-0^{\text{sr}},007761$ oder $-0^{\text{sr}},006982$ in der Minute.

Der Grund dieser Verschiedenheit scheint mir darin zu liegen, dafs der Sprung einen Spalt mit elastischen Glaswänden bildete, und dafs das Wasser, wenn es von der concaven zur convexen Seite des Spaltes strömte, denselben öffnete, dagegen wenn es in umgekehrter Richtung strömte, denselben schlofs, so dafs also der Spalt gleichsam wie ein Ventil wirkte.

Die Ungleichmäfsigkeiten in der Ueberführung bei dem in §: 23 erwähnten Apparate rührten vielleicht ebenfalls von der Elasticität der Ränder des ringförmigen Spaltes her, durch welchen die Ueberführung stattfand.

25.

Bei Zusatz von Säuren oder Salzlösungen zum destillirten Wasser beobachtet man dieselben Aenderungen der Ueberführung bei Anwendung einer constanten Kette, wie bei Anwendung des Entladungstromes der Leidener Batterie (§. 15).

Mit 80 Grove'schen Elementen und einem Ueberführungsröhre von $0^{\text{mm}},9$ Durchmesser war ebensowenig eine Ueberführung zu beobachten, wie mit dem Entladungstrom der Leidener Batterie, wenn das Wasser 0,1 Proc. Kochsalz oder Kupfervitriol oder 0,04 Proc. Schwefelsäure enthielt.

Die Messungen ergaben keine sehr constanten Resultate, einestheils, weil der Meniskus im Steigerrohr unbeweglich

wurde durch Verdampfen der Flüssigkeit und Ablagerung von Salz, und dann anderentheils wohl, weil die Flüssigkeit an verschiedenen Stellen des Rohres verschiedene Concentration hatte.

Möglich ist es auch, daß man mit engeren Ueberführungsrohren, als der von mir angewandten, constantere Resultate erhält.

26.

Zahlreiche Messungen, die ich mit destillirtem Wasser angestellt habe, ergaben übrigens wenig verschiedene Werthe für die Ueberführungsconstante b , selbst wenn die Leitungsfähigkeit des Wassers durch Auflösen des Glases um das 20fache zugenommen hatte. Die Werthe schwankten zwischen $b = 0^{\text{mm}},000055$ und $0^{\text{mm}},000067$, so daß also bei kleinen Verunreinigungen viel weniger ein Einfluß auf die Ueberführung durch constante galvanische Ströme zu bemerken ist, wie bei der Ueberführung durch den Entladungsstrom der Leidener Batterie.

Es ist diese scheinbare Unabhängigkeit der Steighöhe von der Leitungsfähigkeit, ebenso wie die Unabhängigkeit von der Länge der von dem constanten Strome durchflossenen Flüssigkeitsstrecke (§. 17) in voller Uebereinstimmung mit den von Wiedemann¹⁾ für die Ueberführung durch Diaphragmen aufgestellten Gesetzen, wonach die Druckhöhen, bis zu welchen verschiedene Flüssigkeiten unter sonst gleichen Bedingungen durch den galvanischen Strom ansteigen, innerhalb gewisser Gränzen den specifischen Widerständen derselben direct proportional sind.

Bezeichnet man nämlich den Widerstand des metallischen Theiles des Schließungsbogens mit W , den der Flüssigkeitssäule mit w und den eines der angewandten Grove'schen Elemente mit γ , während G die elektromotorische Kraft und n die Anzahl der angewandten Elemente seyn mag, so hat man nach dem Ohm'schen Gesetze

$$J = \frac{nG}{W + n\gamma + w}$$

1) Pogg. Ann. Bd. 87, S. 348; Wiedemann Galvanismus I, S. 382.

Da aber der Widerstand w der Flüssigkeitssäule sehr groß gegen den übrigen Theil des Schließungsbogens ist, so kann man dafür auch schreiben:

$$J = \frac{nG}{w} \dots \dots \dots (1)$$

Die Steighöhe ist nun bei hinlänglicher Dauer des Stromes proportional der Stromintensität und dem Widerstande der von der Electricität durchflossenen Flüssigkeitssäule (den Durchmesser des Ueberführungsrohres constant angenommen), und man hat also wenn A eine Constante bezeichnet

$$\Delta h = AJ \cdot w.$$

oder für J seinen Werth aus Gl. 1 gesetzt;

$$\Delta h = \frac{AnG \cdot w}{w} = AnG \dots \dots \dots (2)$$

d. h. die Steighöhe proportional der Anzahl der angewandten Elemente, wie es auch der Versuch ergibt.

27.

Man kann nun auch statt einer galvanischen Kette oder Leidener Flasche einen Inductionsstrom anwenden, um die Flüssigkeit in dem Ueberführungsrohre fortzutreiben, wenn man dafür sorgt, daß nur der Oeffnungsstrom durch die Flüssigkeit fließt, wenn man also an einer Stelle den Inductionsstrom durch eine Luftstrecke gehen läßt. Die Flüssigkeit nimmt dann auch eine feste Stellung in dem Steigerohr ein, jedoch kann man wegen der Ungleichheit der einzelnen Ströme sehr schwer mit dem Multiplicator die Stromintensität bestimmen, so daß ich keine genauen Messungen in dieser Beziehung habe anstellen können. Jedenfalls ergab sich aus meinen Versuchen, daß derselben Stromintensität am Multiplicator dieselbe Steighöhe im Ueberführungsapparat entspricht, mag der Strom von Inductionsströmen oder von einer constanten Kette herrühren. Man kann mit Hülfe eines Inductionsapparates natürlich mit wenigen Grove'schen Elementen dieselbe Wirkung erreichen, wie mit dem directen Strome vieler Elemente. Ohne Einschaltung einer Luftstrecke in den Schließungsbogen des Induc-

tionsstromes konnte ich keine Ueberführung des Wassers beobachten.

Ich habe mich ferner durch andere Versuche überzeugt, dafs man in Apparaten mit porösen Diaphragmen, nach der schon oben (§. 21) erwähnten Construction von Wiedemann, Flüssigkeiten auch mit Inductionsströmen, statt mit constanten Strömen überführen kann.

28.

Bisher bezog sich alles auf Flüssigkeiten, die in der Richtung der positiven Electricitätsströmung fortgeführt werden. Es giebt jedoch auch Flüssigkeiten, welche sowohl in Röhren, wie durch Diaphragmen, umgekehrt wie Wasser fortgeführt werden, nämlich in der entgegengesetzten Richtung der positiven Electricitätsströmung, d. h. zur positiven Elektrode. Bei einigen läfst sich zwar mit constanten Strömen keine Ueberführung zeigen, weil diese Flüssigkeiten zu schlechte Leiter der Electricität sind, und kein galvanischer Strom hindurchgeht, wohl aber ist dies mit dem Entladungsstrom der Leidener Batterie oder dem Strome der Electricitätsmaschine möglich.

Die einzige Flüssigkeit, bei der ich bis jetzt eine solche Ueberführung im entgegengesetzten Sinne der positiven Electricitätsströmung mit constanten galvanischen Strömen habe beobachten können, ist eine Sorte Alkohol (No. 3), den ich als reinen absoluten Alkohol im Handel gekauft habe, und der durch 2malige Destillation über Chlorcalcium etwa ein halbes Jahr vor dem Gebrauche dargestellt worden seyn soll. Er roch jedoch nicht so rein, wie die oben (§. 14 u. 22) erwähnten Alkoholsorten, so dafs er irgend eine Verunreinigung enthalten haben wird, und zwar eine Verunreinigung organischer Natur, da sich beim Abdampfen einer Quantität desselben in einer Platinschale kein Rückstand fand. Terpenthin war diese Verunreinigung wohl nicht, da eine 200^{mm} hohe Säule dieses Alkohols mit einer doppelten Quarzplatte (*teinte sensible*) untersucht, keine Drehung der Polarisationssebene zeigte. Das spec. Gewicht dieses Alkohols No. 3 war anfänglich 0,797, jedoch stieg es später

durch Anziehen von Wasserdampf aus der Luft auf 0,806. Die specifische Leitungsfähigkeit dieses Alkohols war etwa dieselbe, wie die des destillirten Wassers, obwohl doch sonst Alkohol die Elektrizität schlechter als Wasser leitet.

Bei der Fortfführung dieses Alkohols (No. 3) in Glasröhren durch constante galvanische Ströme habe ich zu verschiedenen Zeiten verschiedene Zahlenwerthe erhalten, wahrscheinlich, weil die Beimengungen, die seine anormale Ueberführung bedingten, in verschiedener Menge darin vorhanden waren. Es zeigte sich jedoch auch hier, dafs in engeren Röhren die Steighöhe bedeutend gröfser, als in weiteren war, unter sonst gleichen Verhältnissen und in Röhren mit ringförmigem Querschnitte gröfser als in solchen mit kreisförmigem Querschnitte von gleicher Gröfse. Der Werth der Ueberführungsconstante b , also die vertikale Steighöhe, die der elektromotorischen Kraft eines Grove'schen Elementes für ein Ueberführungsrohr aus Glas mit kreisförmigem Querschnitte von 1^{mm} Radius entspricht, schwankte zwischen $-0,0000088$ und $-0,000016$.

29.

Derselbe Alkohol (No. 3) wurde auch durch einen Wiedemann'schen Ueberführungsapparat mit Thoncyliner, wie er oben (§. 21) beschrieben worden ist, in der entgegengesetzten Richtung des positiven Stromes, umgekehrt wie Wasser, fortgeführt.

Da der Alkohol die Siegellackkittung binnen einer Viertelstunde auflöste, so beschränkte ich mich darauf mit einem Chronometer die Zeit zu messen, welche der Meniskus gebrauchte um in dem auf die Thonzelle gekitteten vertikalen Glasrohr dieselbe Strecke zu steigen oder zu sinken, wenn die Anzahl der Grove'schen Elemente, aus denen die constante Säule bestand, verändert wurde.

Die folgende Zusammenstellung giebt in der ersten Horizontalreihe die Anzahl n der angewandten Grove'schen Elemente, in der zweiten die Zeit t in Sekunden, die nöthig war, damit der Flüssigkeitsmeniskus um 10^{mm} in dem vertikalen Glasrohr von 8^{mm} Durchmesser stieg oder sank,

je nachdem der Strom vom Innern des Thoncyllinders nach Außen ging oder umgekehrt. Das Sinken des Meniskus, welches die Schwerkraft allein hervorbrachte, war im Verhältniß zu der durch den elektrischen Strom hervorgebrachten Bewegung so gering, daß es gegen diese vernachlässigt werden konnte.

<i>n.</i>	80	60	40	20	10.
<i>t.</i>	11",60	14",25	22",81	46",60	91",80

Da der Widerstand des metallischen Theiles des Schließungsbogens gegen den des Alkohols verschwindend klein ist, so kann man die Stromintensität proportional der angewandten elektromotorischen Kraft, oder proportional mit *n* annehmen, und es geht also aus vorhergehenden Zahlen hervor, daß die Geschwindigkeit des Steigens oder *die in gleichen Zeiten durch den porösen Thoncyllinder hindurchgeführte Flüssigkeitsmenge proportional der Stromintensität ist.*

Dieses von Wiedemann für Wasser und wäßrige Lösungen aufgestellte Gesetz ist also auch *für eine Flüssigkeit gültig, die umgekehrt wie Wasser in der Richtung der negativen Elektrizitätsströmung durch ein Thondiaphragma fortgeführt wird.*¹⁾

30.

Ich habe ferner die Fortführung dieses Alkohols (No. 3) durch den Entladungsstrom der Leidener Batterie untersucht. Die folgende Tafel giebt die Beobachtungen an einem Ueberführungsapparate von der oben (§. 3) beschriebenen Einrichtung. Die Bezeichnungen sind dieselben, wie in §. 6, jedoch ist die Steighöhe negativ gerechnet, wenn die mit dem constanten Niveau verbundene innere Belegung der Leidener Batterie positiv elektrisch war, da dann der

1) Der erwähnte Alkohol hat auch die merkwürdige Eigenschaft beim Durchpressen durch den Thoncyllinder elektrische Diaphragma-Ströme in der umgekehrten Richtung der Flüssigkeitsströmung zu geben, während die bisher untersuchten Flüssigkeiten, worunter auch Wasser und Alkohol, immer elektrische Ströme im Sinne der Flüssigkeitsströmung erzeugten. Vergl. Pogg. Ann Bd. 107, S. 4 und Bd. 110, S. 59

Flüssigkeitsmeniskus im Steigerrohr sank. Die angegebenen Zahlen sind das Mittel aus 3 Beobachtungen.

$$2r = 0^{\text{mm}},5492 \quad L = 100 \quad \varphi = 5^{\circ} 22',3$$

$$\text{Temp.} = 17^{\circ},3$$

q	$s = 3$		$s = 2$		$s = 1$	
	Δh	t	Δh	t	Δh	t
5	- 6,03	13",33	- 6,28	12"	- 6,23	7",47
- 5	5,87	12	6,03	10 ,01	6,13	6 ,40
10	-10,60	11 ,87	-10,93	9 ,47	-11,67	6 ,27
-10	10,53	10 ,93	11,27	9 ,07	12,37	6 ,27
20	-21,40	11 ,60	-21,53	9 ,60	-20,65	7 ,00
-20	21,09	12	22,57	9 ,20	23,37	6 ,60
30	33,23	11 ,2	-33,33	10 ,40		
-30	33,00	11 ,73	32,58	9 ,28		
40	-44,13	11 ,73				
-40	42,50	11 ,60				

Man sieht daraus, daß die Steighöhe proportional der auf der Batterie angehäuften Elektrizitätsmenge, und die Dauer des Steigens nahe dieselbe ist bei derselben Oberfläche der Batterie und verschiedenen Elektrizitätsmengen. Dagegen nimmt bei derselben Elektrizitätsmenge die Dauer des Steigens mit der Oberfläche der Batterie ab. Die Steighöhe ist auch hier wieder nahe unabhängig von der Dichtigkeit der Elektrizität auf der Batterie.

31.

Es mag noch eine Beobachtungsreihe an demselben Ueberführungsapparate folgen, wo, ähnlich wie in § 12 bei destillirtem Wasser, noch andere Widerstände in den Schließungsbogen der Leidener Batterie eingeschaltet worden waren. Ueber den Columnen der folgenden Tafel steht der Gesamtwiderstand des Schließungsbogens, der also entweder der nothwendige Widerstand W des Ueberführungsrohres selbst war, oder das doppelte, dreifache u. s. w. desselben, indem mit demselben Alkohol No. 3 gefüllte Röhren von denselben Dimensionen, wie das Ueberführungsrohr, in den Schließungsbogen der Batterie eingeschaltet, und die Widerstände dieser Röhren als gleich angenommen

wurden. Die angegebenen Zahlen sind das Mittel aus 3 Versuchen.

Temp. = 16°,4.

$s=3$	W		2 W		3 W		4 W		5 W	
	Δh	t	Δh	t	Δh	t	Δh	t	Δh	t
20	18,65	13",6	15,33	17",73	14,93	24"	13,90	35",52	14,37	38",93
-20	19,97	12	22,17	22,17	17,37	23,7	16,02	26	14,93	31,20

Man sieht wieder, wie bei destillirtem Wasser, daß die Steighöhe mit zunehmendem Widerstande des Schließungsbogens langsam abnimmt, und die Dauer des Steigens wächst.

Alle diese Gesetze sind also dieselben, wie bei Flüssigkeiten, die in der Richtung der positiven Elektrizitätsströmung fortgeführt werden.

Uebrigens will ich hier noch bemerken, daß durch Zusatz von destillirtem Wasser zu diesem Alkohol No. 3 eine Flüssigkeit entstand, die durch den Strom der Elektrisirmaschine sowohl, wie durch den Entladungstrom der Leidener Batterie in der Richtung der positiven Elektrizitätsströmung in Glasröhren fortgeführt wurde.

Diese Flüssigkeit hatte etwa dasselbe specifische Gewicht wie der Alkohol No. 2, zeigte aber unter denselben Verhältnissen, wie dieser, eine viel kleinere Steighöhe.

32.

Läßt man den Strom der Elektrisirmaschine oder den Entladungstrom der Leidener Batterie durch Terpenthinöl gehen, das sich in einem Ueberführungsapparate befindet wie er §. 3 beschrieben worden ist, so wird dasselbe in der Richtung der negativen Elektrizitätsströmung, also zum positiven Pole, fortgeführt, umgekehrt wie Wasser. Dasselbe findet statt, wenn die innere Oberfläche der Glasröhre mit Schellack überzogen ist. Befindet sich aber das Terpenthinöl in einer innen mit geschmolzenem Schwefel überzogenen Glasröhre, die mit einer benetzten Steigröhre aus Glas versehen ist, so wird es wie Wasser in der Richtung der positiven Elektrizitätsströmung fortgeführt.

Alkohol, in welchem Terpenthinöl in genügender Menge aufgelöst worden ist, wird wie reines Terpenthinöl in der Richtung der negativen Elektrizitätsströmung fortgeführt. Das von mir zu diesen und noch später zu beschreibenden Versuchen benutzte Terpenthinöl hatte ein spec. Gewicht von 0,887 bei 17° C. Dabei drehte es die Polarisations-ebene des Lichtes rechts, während sonst gewöhnlich Terpenthinöl dieselbe links dreht. Für die sogenannte *teinte sensible* und eine Säule von 100^{mm} Höhe betrug die Drehung etwa 23°,5.

Schwefelkohlenstoff wird in den meisten Glasröhren in der Richtung des positiven Stromes fortgeführt, nur bei einer bestimmten Glassorte habe ich, aber hier auch constant, eine Fortführung in entgegengesetzter Richtung beobachtet.

Bei Quecksilber habe ich vergeblich eine Ueberführung mit Hilfe constanter Ströme oder dem Strome der Elektrirmaschine und der Leidener Batterie nachzuweisen versucht, obwohl ich selbst Röhren von 0^{mm},02 Durchmesser und 500^{mm} Länge angewandt habe. Die Reibung des Quecksilbers in diesen Röhren war aber dann auch so groß, daß sogar Atmosphärendruck nicht mehr ausreichte, das Quecksilber hindurch zu treiben, und insofern hat das negative Ergebnifs des Versuches nichts überraschendes.

Bei Steinöl, Aether und kaltem oder warmem Knochenöl konnte ebenfalls eine Ueberführung in Glasröhren nicht mit Sicherheit beobachtet werden.

Bei den Flüssigkeiten übrigens, die sehr schlechte Leiter der Elektrizität sind, tritt öfter eine Erscheinung auf, die schwache Ueberführungen leicht verdecken kann, indem die Flüssigkeitstheilchen von der freien Elektrizität des Conductors oder der inneren Belegung der Leidener Batterie elektrisirt und dann abgestoßen werden, mag diese positiv oder negativ geladen seyn. Es tritt dieß besonders bei großer Dichtigkeit der Elektrizität ein und doch kann man nicht Leidener Batterien mit geringer Dichtigkeit der Elektrizität anwenden, weil sonst wegen des großen Leitungswiderstandes der Flüssigkeit im Ueberführungsrohre die Intensi-

tät des dieselbe durchfließenden elektrischen Stromes zu schwach ist, und gar keine Ueberführung erfolgt.

Leitet man den Platindraht p , des §. 3 beschriebenen Ueberführungsapparates von oben in das constante Niveau der Flüssigkeit, statt durch die Röhrenwand des Ueberführungsrohres, so springen Flüssigkeitstheilchen bei der Verbindung mit der inneren Belegung der Batterie an dem vertikalen Platindraht in die Höhe; dadurch erfährt dann die Flüssigkeit im Ueberführungsrohre einen größeren hydrostatischen Druck, und man beobachtet ein Steigen des Meniskus im Steigerohr, mag die Leidener Batterie positiv oder negativ geladen seyn.

Ich habe aus diesen Gründen keine Messungen über die Ueberführung der erwähnten Flüssigkeiten durch den Entladungsstrom der Leidener Batterie an Ueberführungsapparaten mit Glasröhren anstellen können.

33.

Füllt man einen Wiedemann'schen Apparat mit Thoncyliner von der §. 21 beschriebenen Einrichtung mit Terpenthinöl und läßt den Strom der Elektrisirmaschine von der außerhalb des Thoncyinders befindlichen Platinplatte zu der innerhalb befindlichen gehen, so beobachtet man ein Sinken des Flüssigkeitsmeniskus in dem auf den Thoncyliner gekitteten vertikalen Glasrohr, geht der Strom in umgekehrter Richtung, ein Steigen.

Auch mit dem Entladungsstrom der Leidener Batterie beobachtete ich eine Fortführung im Sinne der negativen Elektrizitätsströmung. Die folgende Tafel giebt in Scalentheilen des Glasmikrometers, von denen 22,9 einem Millimeter entsprechen, die Steighöhe Δh , um welche der Flüssigkeitsmeniskus stieg oder fiel, wenn die aus 3 Flaschen bestehende Leidener Batterie mit der Elektrizitätsmenge $\pm q$ geladen war.

Elektricitätsmenge	q	60	40	20
Steighöhe	Δh	—15	—10,2	—4,8
Elektricitätsmenge	q	—60	—40	—20
Steighöhe	Δh	15	10,2	4,85

Das Steigen oder Sinken des Flüssigkeitsmeniskus geschah fast momentan, so daß die Dauer des Steigens noch keine halbe Sekunde betrug.

Die Wirkung war dieselbe, mochte die Platinplatte innerhalb oder außerhalb des Thoncyllinders mit der inneren Belegung der Batterie verbunden seyn.

Die übergeführte Flüssigkeitsmenge war also proportional der auf der Leidener Batterie angehäuften Elektrizitätsmenge.

Um nun auch Terpenthin durch ein Schwefeldiaphragma überführen zu können, construirte ich den in Fig. 5 Taf. VIII dargestellten Apparat. Ein Glasröhrchen *A* von 30^{mm} Länge und 3^{mm},5 Durchmesser wurde an einer Seite durch eine Lage Seidewand geschlossen, die Ränder der Seide mit Siegelack an der äußeren Glaswand festgeklebt, und dann das ganze Rohr mit Schwefelpulver so fest als möglich vollgestampft, wobei die Seidenplatte auf einer horizontalen reinen Glasplatte ruhte. Nachdem das Röhrchen mit Schwefel angefüllt war, wurde das obere Ende in derselben Weise wie das untere mit einer Seidenplatte verschlossen und diese mit Siegelack befestigt.

Das so erhaltene Schwefeldiaphragma kittete ich dann zwischen 2 andern Glasröhren *B* und *C*, wobei bei p_1 und p_2 2 Platindrähte durch die Siegelackkittung in das Innere der Röhren geführt wurden. Auf *C* war ein Kork befestigt, der zur Aufnahme des mit Terpenthin benetzten Steigerohres *D* diente in der Weise, wie es Fig. 5 Taf. VIII abgebildet ist. Man hatte also einen Apparat von ähnlicher Construction wie in Fig. 2, wo jedoch das Ueberführungsrohr durch das Schwefeldiaphragma *A* ersetzt war. *B* war das constante Niveau des neuen Ueberführungsapparates, der mit Terpenthin gefüllt wurde, indem von *B* nach *C* mit der Luftpumpe die Flüssigkeit durch das Diaphragma gesogen wurde, was wegen der großen Reibung ziemlich langsam von Statten ging.

Wurden dann die Platindrähte p_1 und p_2 mit den Belegungen der Leidener Batterie oder dem Conductor und

dem Reibzeuge der Elektrirmaschine in Verbindung gesetzt, so beobachtete ich immer eine Bewegung der Flüssigkeit im Sinne der positiven Elektrizitätsströmung. Schon bei der Elektrizitätsmenge ≈ 10 in 3 Flaschen betrug die Steighöhe mehr als ein Millimeter, und es war leicht eine viel gröfsere Verschiebung des Meniskus hervorzubringen. Wegen des grofsen Widerstandes der Flüssigkeit zwischen den Platinelektroden p_1 und p_2 entlud sich aber die Batterie sehr langsam, und ebenso geschah das Steigen oder Sinken des Meniskus sehr langsam.

Man sieht also, dafs Terpenthinöl durch ein Thondiaphragma und ein Schwefeldiaphragma in verschiedener Richtung fortgeführt wird, analog wie bei der Fortführung in Glas oder Schwefelröhren (§. 32).

In einem Wiedemann'schen Ueberführungsapparate mit Thonzelle, der mit Schwefelkohlenstoff oder Steinöl gefüllt war, konnte ich bisher keine Ueberführung mit Hülfe des Stromes der Elektrirmaschine oder der Leidener Batterie beobachten.

34.

Ich wende mich jetzt zu einer anderen Klasse von Erscheinungen, nämlich zu den Bewegungen, die ein eine Flüssigkeit durchfliefsender elektrischer Strom materiellen Theilchen mittheilt, welche in der Flüssigkeit suspendirt sind, wobei diejenigen secundären Erscheinungen unberücksichtigt bleiben sollen, die in den durch den elektrischen Strom ausgeschiedenen Stoffen ihren Grund haben, wie z. B. die Bewegungen eines Quecksilbertropfens in Wasser oder eines Wassertropfens auf Quecksilber¹⁾.

Die ersten hierher gehörigen Erscheinungen beobachtete Reufs²⁾ im Jahre 1807. Derselbe hatte zwei vertikale Glasröhren in ein horizontales Prisma von feuchtem Thon eingelassen und mit Wasser gefüllt. Auf dem Boden der Glasröhren befand sich eine Lage gewaschener Sand, und in

1) Hellwig, Gilb. Ann. Bd. 32, S. 289. 1809. Paalzow, Pogg. Ann. Bd. 104, S. 413.

2) *Mém. d. l. soc. impér. d. natural. de Moscou t. II, p. 332.*

das Wasser tauchten die Poldräfte einer Volta'schen Säule von 74 Plattenpaaren, die aus Silberrubeln und Zinkplatten aufgebaut war.

Das Wasser, welches den positiven Poldraht enthielt, wurde dann von Thontheilchen milchig gefärbt, indem der feine Thonschlamm durch den Sand hindurch in die Höhe geführt wurde, und denselben einige Linien hoch bedeckte.

Das Wasser in der Röhre, die den negativen Poldraht enthielt, blieb klar und vermehrte sich durch die Fortführung des Wassers von der positiven zur negativen Elektrode. Die Erklärung, die Reufs von dieser Erscheinung giebt, ist freilich durchaus ungenügend.

Ferner hat derselbe Beobachter bei anderen Versuchen Bewegungen fester, in Wasser suspendirter, Theilchen zur negativen Elektrode gesehen, die dadurch erklärt werden, daß das zur negativen Elektrode fortgeführte Wasser diese Theilchen mitgerissen hätte.

Im Jahre 1838 stellte Faraday¹⁾ folgende Versuche an. Er brachte 2 Platindräfte, die die Elektroden einer kräftigen galvanischen Säule bildeten, nahe nebeneinander in eine mit destillirtem Wasser gefüllte dickwandige Glasröhre, und verschloß diese hermetisch. In dem Wasser befanden sich einige vegetabilische Fasern. Durch das entwickelte Gas wurde der Druck vermehrt und die Gasblasen, die sich an den Poldräften entwickelten, so klein, daß sie keine merkliche Bewegung der Flüssigkeit hervorbrachten. Faraday beobachtete dann, daß die im Wasser suspendirten Fasern zwischen den Platindräften hin- und herliefen. Er beobachtete also gleichzeitig eine doppelte Bewegung der festen Theilchen, in der Richtung des positiven Stromes und in der entgegengesetzten Richtung desselben, scheint aber den Grund dieser Erscheinungen in einer Elektrisirung der festen Theilchen, und einer Abstossung und Anziehung derselben durch die freie Electricität der Poldräfte zu suchen²⁾.

1) Faraday, *exper. res.* 1605.

2) Faraday, *exper. res.* 1605 und 1572.

Später hat Armstrong¹⁾ einen Versuch beschrieben, der mit der von ihm construirten Dampfelektrirmaschine angestellt wurde, und hieher zu gehören scheint. Armstrong verband 2 mit destillirtem Wasser gefüllte Gläser durch einen Seidenfaden, und setzte das eine Glas mit dem negativ elektrischen Dampfkessel, das andere mit dem Erdboden in leitende Verbindung. Er beobachtete dann, daß der Seidenfaden in das mit dem Erdboden verbundene Glas herübergeführt wurde. Da jedoch der Versuch nicht auch in umgekehrter Weise angestellt worden ist, indem das Wasser an der positiven Elektrode isolirt, und das an der negativen Elektrode zur Erde abgeleitet wurde, so könnte man immer noch die erwähnte Erscheinung einer Elektrisirung des Wassers in den Poren des Seidenfadens und einer Abstofsung desselben durch das gleichnamig elektrisirte Wasser in dem Glasgefäße zuschreiben, in derselben Weise wie Wasser, das aus einem elektrisirten Gefäße mittelst eines Hebers ausfließt, fortgeschleudert wird.

Viel wichtiger scheint mir ein anderer Versuch, wo Armstrong Staubtheilchen auf die Oberfläche des Wassers schüttete, den Seidenfaden an dem negativ elektrisirten Glase befestigte, und zwischen den Gläsern zwei entgegengesetzte Ströme gewährte, einen inneren vom negativen zum positiven Glase und einen äußeren, den anderen einschließend, vom positiven zum negativen.

In ganz neuester Zeit beobachtete Heidenhain in den Zellen von Vallisneria eine Fortführung der Chorophyllkugelchen zur positiven Elektrode, wenn der Strom von 16 Grove'schen Elementen durch diese Zellen geleitet wurde.

Diefs gab die Veranlassung zu einer von Jürgensen²⁾ ausgeführten Untersuchung, derzufolge in Wasser und wäßrigen Lösungen suspendirte feste Theilchen immer in der entgegengesetzten Richtung des positiven Stromes fortgeführt

1) *Phil. Mag.* III, vol. 23, p. 194. Pogg. Ann. Bd. 60, S. 354. 1843.

2) Reichert und du Bois-Reymond, Archiv für Anatomie und Physiologie etc. 1860. S. 573 sqq.

werden sollen, sobald ein constanter galvanischer Strom durch die Flüssigkeit fließt. Die Erscheinung wurde bei Theilchen von Kohle, Platin, Kupfer, Eisenoxyd, Carmin, Lycopodium und einigen anderen organischen Substanzen beobachtet, sowie gefunden, daß durch Zusatz leitender Substanzen, wie Säuren oder Salzlösungen, zum destillirten Wasser die Bewegung verringert wurde oder ganz verschwand.

Ich habe die Angaben von Jürgensen unter Umständen bestätigt gefunden, jedoch lassen sich im allgemeinen 2 Bewegungen der festen Theilchen beobachten, die eine im Sinne, die andere im entgegengesetzten Sinne der positiven Elektrizitätsströmung.

35.

Folgende Versuche werden die Bedingungen darthun, unter denen eine oder zwei Bewegungen auftreten. Man fülle einen Ueberführungsapparat von der §. 3 beschriebenen Form und einem Ueberführungsrohr von etwa $0^{\text{mm}},4$ Durchmesser und 100^{mm} Länge, mit destillirtem Wasser, bringe einige Stärkekörnchen in das Gefäß mit constantem Niveau, und sauge an dem Kautschuckschlauche des Apparates, so daß Luftblasen durch das Ueberführungsrohr in das Gefäß mit constantem Niveau gelangen; und die Flüssigkeit aufrühren. Sind auf diese Weise die Stärkekörnchen suspendirt, so bringt man dieselben nebst der Flüssigkeit wieder in das horizontal gestellte Ueberführungsrohr, indem man in den Kautschuckschlauch hineinbläst. Nachdem das Ueberführungsrohr und auch das Steigerrohr vollständig mit Flüssigkeit gefüllt sind, verschließt man das offene Ende des letzteren durch einen Stöpsel aus Kork oder Wachs. Man kann dann durch Wiederholung dieser Operation in jedem Augenblicke die Stärketheilchen leicht wieder suspendiren, da sie nach einiger Zeit zu Boden sinken.

Die Stärkekörnchen beobachtet man mit einem horizontalen Mikroskope von etwa 30facher Vergrößerung, während sie dabei mit Sonnenlicht oder einer Lampenflamme, des leichteren Erkennens wegen, so beleuchtet werden, daß

sie weiß auf dunkeltem Grunde erscheinen. Die Theilchen erscheinen zugleich in vertikaler Richtung etwas verlängert wegen der dicken Wandung der Thermometerröhre, die wie eine Cylinderlupe wirkt.

Man leitet nun den Strom der Elektrisirmaschine durch das Ueberführungsrohr. Bei langsamem Drehen der Maschine, also schwacher Intensität der Elektrizitätsströmung, beobachtet man alsdann eine Bewegung der Stärkekörnchen an der Wandung im Sinne der positiven, in der Mitte der Röhre im Sinne der negativen Elektrizitätsströmung. Die Theilchen in der Nähe der Röhrenaxe bewegen sich schneller bei schnellerem Drehen der Maschine ohne die Richtung der Bewegung zu ändern.

Nicht so die Theilchen an der Röhrenwandung. Hier wandern bei einer bestimmten Geschwindigkeit des Drehens oder also einer bestimmten Stromintensität, die kleinen Stärkekügelchen in der Richtung der positiven Elektrizität, die größeren in der Richtung der negativen Elektrizität. Vergrößert man die Stromintensität noch mehr, so gehen alle Stärkekügelchen zur positiven Elektrode, mögen sie groß oder klein seyn, in der Mitte oder an der Wandung der Röhre sich befinden.

Wie der Strom der Elektrisirmaschine wirken auch der einer constanten Kette, der Entladungsstrom der Leidener Batterie, oder Inductionsströme, wenn man durch Einschalten einer Luftstrecke in den Schließungsbogen dafür Sorge trägt, daß nur der Oeffnungsstrom durch den Ueberführungsapparat geht.

Bei dem Entladungsstrome der Leidener Batterie gehen die Stärkekörnchen gewöhnlich ein kleines Stück in der Richtung der positiven Elektrizitätsströmung, und dann kehren sie plötzlich um, und gehen in der Richtung der negativen Elektrizitätsströmung sehr schnell aus dem Gesichtsfelde, so daß sie einen hakenförmigen Weg beschreiben. In weiteren Röhren, etwa von 2^{mm} Durchmesser, habe ich mit den mir zu Gebote stehenden Mitteln die Stromintensität nicht so steigern können, daß die Theilchen an der

Wandung alle zur positiven Elektrode gewandert wären. Ich bemerke hier beiläufig, daß die von mir benutzte Elektrisirmaschine eine Scheibe von 725^{mm} Durchmesser hatte, und zu der Zeit, wo sie zu vorliegenden Versuchen benutzt wurde, sehr gut wirkte.

Bei Zusatz leitender Substanzen zum destillirten Wasser beobachtet man beide Bewegungen der Stärkekörnchen, oder gar keine Bewegung.

In sehr engen Röhren wandern schon bei geringer Stromintensität alle festen Theilchen zur positiven Elektrode, und es kann dann eintreten, daß man in denselben die *beiden* Bewegungen nicht beobachten kann, sondern nur die eine in entgegengesetzten Sinne der positiven Elektrizitätsströmung.

Die Bewegung beginnt und verschwindet sofort mit Beginnen und Aufhören des elektrischen Stromes unabhängig von ihrer Geschwindigkeit und Richtung.

36.

Bei der Untersuchung des Verhaltens anderer in destillirtem Wasser suspendirten Stoffe gegen strömende Elektrizität habe ich aufser dem erwähnten Apparate noch 2 andere von sehr ähnlicher Construction benutzt.

Der eine derselben, der in Fig. 8 Taf. VIII dargestellt ist, unterscheidet sich von dem ersten Fig. 2 nur durch das Ueberführungsrohr, welches durch ein Glasrohr *F* von 60 bis 70^{mm} Länge und 4^{mm} Durchmesser ersetzt ist. Diefs Glasröhrchen ist in seiner Mitte auf einer Strecke von 10 bis 20^{mm} Länge verengert, so daß der Durchmesser hier nur noch $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ Millimeter beträgt. Die Elektrizität wird der Flüssigkeit durch die Platinelektroden *p*₁ und *p*₂ zugeführt, von denen die letztere in dem Korke *E* befestigt ist, den das offene Ende des eingeschnürten Ueberführungsrohres *F* trägt. Man beobachtet die suspendirten Theilchen in der Einschnürung mit einem horizontalen Mikroskop in der oben beschriebenen Weise. Dieser Apparat hat den Vortheil, daß der Widerstand der Flüssigkeitssäule, den die Elektrizität zu überwinden hat, möglichst klein ist, und die Theilchen an einer Stelle betrachtet werden, an der die

Stromdichtigkeit sehr groß ist. Ich werde später (§. 43) zeigen, daß mit letzterer die Geschwindigkeit der Fortführung zunimmt. Gleichzeitig läßt sich, da der enge Theil des Ueberführungsrohres nur kurz ist, die Flüssigkeit schnell wieder aufrühren und in das Ueberführungsrohr bringen, ehe die suspendirten Theilchen zu Boden gesunken sind.

Der dritte Apparat, den ich benutzt habe, ist in Fig. 10 Taf. VIII in halber natürlicher Größe dargestellt, und besteht aus einem horizontalen Glasrohr AB von 9^{mm} Durchmesser und 100^{mm} Länge, das in der Mitte ebenfalls auf einer Strecke von 10^{mm} Länge eingeschnürt ist, so daß sein Durchmesser hier etwa $0^{\text{mm}},4$ beträgt. Die Röhre AB ist an ihren Enden durch 2 Korke verschlossen, an denen vorbei 2 Platindrähte p_1 und p_2 zu 2 größeren Platinplatten in das Innere der Röhren führen. 2 vertikale an die Röhrenstücke A und B angelöthete Seitenröhren von 100^{mm} Höhe und $4^{\text{mm}},5$ Durchmesser gestatteten den Apparat mit Flüssigkeit zu füllen, und waren oben durch 2 Korke verschlossen, um Schwankungen der Flüssigkeit zu vermeiden, die ein Strömen derselben an der eingeschnürten Stelle, und also auch eine Bewegung der suspendirten Theilchen zur Folge gehabt hätten.

Die suspendirten Theilchen wurden auch hier an der eingeschnürten Stelle des Ueberführungsrohres beobachtet. Der Widerstand der Flüssigkeitssäule war in diesem Apparat noch geringer als in den beiden anderen, jedoch konnten die Theilchen nicht so leicht wieder in der Flüssigkeit vertheilt werden, wenn sie zu Boden gesunken waren.

Bei diesen Apparaten beobachtete man nun bei hinreichender Stromintensität immer nur *eine* Bewegung der in dem destillirten Wasser suspendirten Theilchen, und zwar in der entgegengesetzten Richtung der positiven Elektrizitätsströmung.

Der zuletzt beschriebene Apparat (Fig. 10 Taf. VIII) ist sehr ähnlich, wie derjenige, den Hr. Jürgensen angewandt und in der erwähnten Abhandlung p. 693 beschrieben hat, nur war bei diesem das Glasrohr AB an einer Stelle M

durch eine mit Gyps befestigte thierische Membran unterbrochen, um die Schwankungen der Flüssigkeit zu vermeiden.

Obgleich also Hr. Jürgensen für gewöhnlich in Gypslösung statt in destillirtem Wasser die Ueberführung beobachtet haben wird, so ist es dennoch möglich, daß bei diesem Apparate und einer 32gliedrigen Grove'schen Säule nur *eine* Bewegung der festen Theilchen, nämlich die zur positiven Elektrode stattfand. Wie aber Hr. Jürgensen auch bei Apparaten anderer Construction, wie z. B. einem kleinen kreisförmigen Bassin von 40^{mm} Durchmesser (p. 682 der angeführten Abhandlung), dem durch feuchte Hollundermarkkeile die Elektricität zugeführt wurde, immer nur diese eine Bewegung beobachtet hat, ist mir unerklärlich, da es mir trotz vieler Versuche, die ich in dieser Beziehung angestellt habe, nicht hat gelingen wollen, die eine Bewegung ohne die andere herzustellen. Ich habe dabei dem Wasser, in welchem Carmintheilchen suspendirt waren, Gummi zugesetzt um in der von Hrn. Jürgensen angegebenen Weise die durch Verdunstung hervorgebrachten Strömungen zu vermeiden, habe die Höhe der Flüssigkeitsschicht in dem kleinen Bassin so klein wie möglich oder mehrere Millimeter hoch gemacht, habe die Verdunstung durch übergelegte Glasplatten zu vermeiden gesucht, oder die Flüssigkeit zwischen ein Deckgläschen und einen gewöhnlichen gläsernen Objectträger gebracht, immer fand ich zwei Bewegungen der festen Theilchen, die bei diesen Versuchen natürlich mit einem vertikalen Mikroskope beobachtet wurden. Fanden beide Bewegungen, im Sinne und im entgegengesetzten Sinne der positiven Elektricitätsströmung, auch nicht immer an derselben Stelle übereinander statt, so konnte man sie doch immer wahrnehmen, wenn man nebeneinander liegende Theile der Flüssigkeitsschicht untersuchte.

37.

In derselben Weise wie Stärke (§. 35) verhalten sich nun noch viele andere Stoffe, die also alle bei hinreichender Stromintensität zur positiven Elektrode wandern, d. h.

in der Richtung der negativen Elektrizitätsströmung, wenn sie in destillirtem Wasser fein vertheilt und suspendirt sind. Ich beobachtete diese Ueberführung bei folgenden Substanzen:

Platin	Schwefel
Gold	Schellack
Kupfer	Seide
Eisen	Baumwolle
Graphit	Stärke
Quarz	Lycopodium
Feldspath	Carmin
Braunstein	Papier
Asbest	Federkiel
Schmirgel	Elfenbein
Gebrannter Thon	Terpenthinöl
Porzellanerde	Schwefelkohlenstoff
Sauerstoff	Kohlensäure
Wasserstoff	Elayl

Atmosphärische Luft.

Das Platin war durch Glühen von Platinsalmiak dargestellt, das Gold durch Schütteln von Blattgold mit Wasser fein vertheilt. Kupfer und Eisen waren durch Reduction ihrer Oxyde mit Wasserstoff und starkes Glühen in dem Wasserstoffströme erhalten worden. Quarz, Feldspath und Porcellanerde wandte ich in geschlammtem Zustande an, wie sie in den Porcellanfabriken benutzt werden. Schwefel, Schellack, Seide, Elfenbein, Asbest und gebrannter Thon waren dieselben, welche ich bei einer früheren Untersuchung über elektrische Diaphragmaströme¹⁾ angewandt hatte. Die Stärke wurde aus rohen geschabten Kartoffeln durch Abschlämmen mit destillirtem Wasser dargestellt.

Terpenthinöl und Schwefelkohlenstoff wurden durch Schütteln mit destillirtem Wasser fein vertheilt, und so schnell wie möglich mit diesem in einen Ueberführungsapparat gefüllt.

1) Pogg Ann. Bd. 110, S. 45 u. ff.

Um atmosphärische Luft zu untersuchen braucht man nur durch einen Ueberführungsapparat von der Fig. 8 od. 10 Taf. VIII. dargestellten Form Inductionsströme oder den Entladungsstrom einer stark geladenen Leidener Flasche zu leiten. Die Erwärmung scheidet dann Gasblasen aus, die wohl von absorbirter Luft herrühren. Daß wirklich eine große Erwärmung an der eingeschnürten Stelle des Ueberführungsapparates Fig. 10 stattfindet, läßt sich sehr gut an den ausgeschiedenen Luftblasen sehen, die, so lange Inductionsströme durch den Apparat fließen, eine fortwährende, wenn auch geringe, Aenderung ihres Volumens zeigen, wegen der Schwankungen der Stromintensität und der Temperatur. Unterbricht man dann plötzlich den Strom, so verkleinern sich die Luftblasen schnell und nehmen nach dem Erkalten oft nur den dritten Theil des Volumens ein, das sie bei ihrer Entstehung zeigten. Von einer Absorption durch die Flüssigkeit kann diese Verkleinerung des Volumens nicht herrühren, da sich die ganze Erscheinung in dem kurzen Zeitraum einer viertel oder halben Minute beobachten läßt.

Wenn man den Entladungsstrom der Leidener Batterie durch den Apparat gehen liefs, während sich Theilchen Blattgold in dem engen Theile des Ueberführungsrohres befanden, so schieden sich zahlreiche Luftbläschen ab, die an der Oberfläche des Goldes gehaftet hatten. An diesen ausgeschiedenen Luftbläschen liefs sich die Ueberführung durch den elektrischen Strom zur positiven Elektrode sehr gut beobachten. War die Stromintensität gering, so wurden dieselben in einigen Fällen in der Richtung des positiven Stromes zur negativen Elektrode fortgeführt.

Um jedoch mit reinen Gasarten operiren zu können leitete ich das gereinigte und getrocknete Gas durch Glasfäden von 500^{mm} bis 1000^{mm} Länge, und 0^{mm},1 bis 0^{mm},2 Durchmesser. Diese Glasfäden wurden, nachdem man sicher seyn konnte, daß sie ganz mit reinem Gase gefüllt waren, mit dem offenen Ende in Wasser getaucht um das Gas abzusperren und dann mit einer spitzen Löthrohrflamme ab-

geschmolzen. Man hatte so einen langen mit Gas gefüllten Glasfaden, von welchem vor einer spitzen Löthrohrflamme 30^{mm} bis 40^{mm} lange Stücke abgeschmolzen wurden.

Ein solches Stück *RS* wurde nun an einem Ende *R* mit einem Feilstrich *P* versehen und in das offene Ende des Ueberführungsrohres (Fig. 8 Taf. VIII) gebracht, wie es Fig. 9 dargestellt ist. Das Ueberführungsrohr war so eng, daß die Flüssigkeit durch Capillarattraction am Ausfließen verhindert war, selbst wenn das Rohr vertikal gestellt wurde. Dadurch, daß man das Ende *R* des Glasfadens gegen die obere Wandung und die Mitte des Glasfadens gegen die untere Wandung des Ueberführungsrohres drückte, liefs sich der Glasfaden an der Stelle *P* abbrechen, ein Theil fiel zu Boden, und durch Erwärmen des Endes *S* des längeren Theiles liefs sich eine kleine Gasblase bei *P* heraus-treiben, die durch Neigen an die enge Stelle des Ueberführungsrohres gebracht wurde. Durch vorsichtiges Blasen an dem Kautschuckschlauche des constanten Niveaus wurde dann das Ueberführungsrohr wieder ganz mit Flüssigkeit gefüllt, da bei der Entfernung des Glasfadens gewöhnlich der Tropfen an der Oeffnung abgefallen war, und der Kork *E* mit der Platinelektrode p_2 (Fig 8) aufgesetzt. Durch Drücken an dem Korke *E* konnte man dann noch kleine Aenderungen in der Lage der Gasblase herbeiführen.

Haben die Gasblasen einen größeren Durchmesser als der enge Theil des Ueberführungsrohres und ist die Stromintensität groß, so kann man oft sehen, wie sie sich mühsam durch das enge Rohr durchquetschen und dabei länger werden. Sind die Blasen zu groß, so bleiben sie an einer engen Stelle des Rohres sitzen und ändern nur ihre Gestalt, aus der man aber auch schon den Sinn der Ueberführung erkennen kann.

Sauerstoff und Wasserstoff, durch Elektrolyse von destillirtem Wasser dargestellt, verhielten sich ebenso, wie dieselben Gasarten, welche aus überchlorsaurem Kali oder aus reinem Zink und Schwefelsäure dargestellt waren. Das angewandte Elayl wurde auf die gewöhnliche Weise durch

Einwirkung von Schwefelsäure auf Alkohol dargestellt, enthielt jedoch wegen der unvollkommenen Waschorrichtung noch fremde Gasarten beigemengt. Die Kohlensäure wurde aus Kreide mit reiner concentrirter Schwefelsäure entwickelt. Sämmtliche Gase waren mit concentrirter Schwefelsäure getrocknet worden.

Die verschiedenen in dem destillirten Wasser suspendirten Substanzen werden verschieden leicht von dem elektrischen Strome fortgeführt, und namentlich modificirt die Gestalt der Theilchen die Ueberführung. Von den Gasarten schien Sauerstoff leichter als Wasserstoff übergeführt zu werden zur positiven Elektrode, doch möchte ich mir kein bestimmtes Urtheil in dieser Beziehung erlauben.

Im Allgemeinen waren die suspendirten Theilchen kurz vor der Einwirkung des elektrischen Stromes mit der bewegten und aufgeführten Flüssigkeit in Berührung gewesen, da sie sonst eben nicht in der Flüssigkeit schwebten.

Ich habe aber bei den Substanzen die länger suspendirt blieben, dieselbe Ueberführung beobachtet, mochte die Flüssigkeit lange ruhig gestanden haben oder kurz vorher bewegt worden seyn.

Bei einem Versuche beobachtete ich die Fortführung von Carmintheilchen, die 3 Wochen lang so ruhig wie möglich in destillirtem Wasser suspendirt gestanden hatten, und konnte keinen Unterschied in der Fortführung bemerken, nachdem das Wasser stark bewegt worden war.

38.

In Terpenthinöl gehen die meisten Substanzen umgekehrt wie in Wasser, nämlich in der Richtung des positiven Stromes. Diese Ueberführung läßt sich natürlich nur mit dem Strome der Elektrisirmaschine und der Leidener Batterie, unter besonders günstigen Verhältnissen auch mit Inductionsströmen beobachten.

Die einzige Substanz, die in Terpenthinöl wie in Wasser in der Richtung der negativen Elektrizitätsströmung fortgeführt wird, ist Schwefel.

In der Richtung des positiven elektrischen Stromes beob-

achtete ich die Fortführung in Terpenthinöl bei folgenden Substanzen:

Platin	Schellack
Gold	Seide
Kupfer	Baumwolle
Eisen	Stärke
Quarz	Lycopodium
Feldspath	Carmin
Braunstein	Papier
Gebraannter Thon	
Alkohol	Wasser
Sauerstoff	Kohlensäure
Wasserstoff	Atmosphärische Luft.

Die festen, flüssigen und gasförmigen Substanzen wurden in derselben Weise, wie es bei dem Wasser beschrieben ist, in der Flüssigkeit suspendirt. Mit elektrolytisch dargestelltem Wasserstoff und Sauerstoff habe ich die Ueberführung in Terpenthinöl nicht untersucht.

Die Fortführung der Gasarten liefs sich in Terpenthinöl besser mit dem Strome der Elektrisirmaschine als mit dem Entladungsstrome der Leidener Batterie beobachten, wohl weil in ersterem Falle die Stromintensität gröfser war.

40.

Ich beobachtete ferner, dafs Terpenthintropfen in Alkohol No. 2 (vergl. §. 22) fortgeführt wurden zur positiven Elektrode, also im entgegengesetzten Sinne der positiven Elektrizitätsströmung, mit dem Strome der Elektrisirmaschine.

Ebenso verhielten sich in dem absoluten Alkohol No. 1 (vergl. §. 22) Theilchen von atmosphärischer Luft, Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlensäure und Elayl. Die Wirkung auf letztere Gasart schien am schwächsten. Diese Lufttheilchen wurden alle zur positiven Elektrode fortgeführt, sowohl mit dem Strome der Elektrisirmaschine, als auch mit dem Entladungsstrome der Leidener Batterie, Inductionsströmen und dem constanten Strome von 80 Grove'schen Ele-

menten, jedoch trat die Wirkung bei letzteren nicht so hervor, wie bei dem ersten.

Luftbläschen oder Terpenthin werden also in Alkohol umgekehrt wie die Flüssigkeit selbst fortgeführt, in welcher sie suspendirt sind.

In dem Alkohol No. 3 (vergl. §. 28), der in Glasröhren in der entgegengesetzten Richtung des positiven Stromes fortgeführt wurde, wurden auch Bläschen von atmosphärischer Luft, Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlensäure in umgekehrter Richtung wie in reinem Alkohol fortgeführt, nämlich zur negativen Elektrode. Hier konnte ich aber mit constanten Strömen wegen der schwachen Stromintensität keine Ueberführung beobachten, mit dem Entladungsstrom der Leidener Batterie nur in einigen Fällen, ganz sicher aber mit dem Strome der Elektrisirmaschine.

Suspendirte ich Quarz in Schwefelkohlenstoff, der sich in einer solchen Glasröhre befand dafs er in der Richtung der positiven Elektrizitätsströmung wie Wasser fortgeführt wurde (vergl. §. 32), so wurden die Quarztheilchen vom Strome der Elektrisirmaschine in der Mitte und an der Wandung der Röhre in demselben Sinne, also ebenfalls zur negativen Elektrode, fortgeführt. Ebenso verhielten sich Theilchen von atmosphärischer Luft oder Wasser, doch ist bei letzterem die Wirkung schwach, da die Theilchen mit großer Kraft an der Glaswandung haften, wenn sie von Schwefelkohlenstoff umgeben sind.

Aus allen diesen Versuchen folgt also, dafs die Richtung der Fortführung durch elektrische Ströme durchaus nicht an den Aggregatzustand der Körper gebunden ist.

41.

Der Untersuchung der Gesetze der Fortführung von Substanzen, die in Flüssigkeiten suspendirt sind, stellt sich die Schwierigkeit entgegen, dafs es sehr schwer ist Körper zu erhalten, die eine gleichmäßige Form, also Kugelgestalt haben, und dabei doch hinreichend lange in der Flüssigkeit suspendirt bleiben, um daran Messungen anstellen zu können.

Die folgende Methode hat sich noch am besten bewährt.

Kocht man nämlich *Lycopodium*saamen kurze Zeit mit Wasser, so fuden sich Theilchen, die fast genau das specifische Gewicht des Wassers haben und längere Zeit an derselben Stelle schweben bleiben. Ich brachte nun solche suspendirte Theilchen mit destillirtem Wasser in einen Ueberführungsapparat von der Form Fig. 2 Taf. VIII, dessen Ueberführungsrohr 1^{mm},89 Durchmesser hatte. Die drei Platinelektroden des fast horizontal gestellten Ueberführungsrohres hatten 230^{mm} Abstand von einander, so dafs man die Elektrizitätsströmung durch eine Flüssigkeitssäule von 230^{mm} oder 460^{mm} Länge leiten konnte. Die Oeffnung des Steigerohres wurde, nachdem dasselbe vollständig mit Flüssigkeit gefüllt war, durch einen kleinen Kork verschlossen.

Es wurde dann ein *Lycopodium*kügelchen, das sich nahe der Röhrenaxe befand, mit dem horizontalen Mikroskope beobachtet, in dessen Ocular wie gewöhnlich das Glasmikrometer angebracht war, so dafs 22,9 sc. des letzteren einem Millimeter entsprachen.

Mit einem Chronometer, das 0",4 schlug, wurde die Zeit bestimmt, die das *Lycopodium*kügelchen gebrauchte, um 5 oder 10 Scalentheile des Glasmikrometers zu durchlaufen unter dem Einflusse eines constanten Stromes, dessen Intensität von einem Multiplicator mit astatischer Nadel und Spiegelablesung gemessen wurde. Die folgende Tabelle giebt unter *t*" die Zeit in Sekunden, die das Theilchen gebrauchte um 5 Scalentheile zurückzulegen; das negative oder positive Vorzeichen bedeutet nur, dafs das Theilchen, welches sich immer in der entgegengesetzten Richtung des positiven Stromes bewegte, nach dem vorderen oder hinteren Ende des Ueberführungsrohres ging. Unter *T* steht das Mittel der Zahlen der ersten Columne, unter *L* die Länge der von der Elektrizität durchflossenen Flüssigkeitsstrecke in Millimetern; die mit *J* und *n* überschriebenen Columnen geben die am Multiplicator abgelesenen Stromintensitäten in Scalentheilen der Spiegelablesung und die Anzahl der ange-

wandten Grove'schen Elemente, welche den constanten Strom erzeugten. Die letzte Columne enthält das Product $\frac{JT}{100}$.

Temp. = 17° C

No.	t''	T	L	J	n	$\frac{JT}{100}$
1	— 54",70	53",32	460 ^{mm}	40,43	32	21,56
	51,90					
2	— 23,40	23,52	230	99,77	32	23,47
	23,63					
3	— 21,08	20,54	460	115,72	77	23,77
	20,00					
4	— 8,13	8,21	230	298,10	77	24,46
	8,29					

Da die Zeit T umgekehrt proportional der Geschwindigkeit des Theilchens, und JT , wie aus der letzten Columne folgt, constant ist, so ist also *die Geschwindigkeit des Theilchens proportional der Stromintensität, unabhängig von der Entfernung desselben von den Elektroden und unabhängig von der angewandten elektromotorischen Kraft.*

42.

Es wurde ferner der Weg beobachtet, den dasselbe Lycopodiumtheilchen zurücklegte, wenn der Entladungstrom der Leidener Batterie durch die Flüssigkeitssäule geleitet wurde. Die folgende Tafel giebt unter q die der inneren Belegung der Leidener Batterie zugeführten Elektrizitätsmengen, unter w_1 und w_2 die entsprechenden Wege in Scalentheilen des Glasmikrometers, welche das Lycopodiumkugelchen zurücklegte, wenn die von der Elektrizitätsströmung durchlaufene Flüssigkeitsstrecke 460^{mm} oder 230^{mm} Länge hatte. Der Weg ist positiv gerechnet, wenn die Leidener Batterie mit negativer Elektrizität geladen war. Die mit »Mittel« überschriebenen Columnen enthalten die Mittel aus je 2 zusammengehörigen Werthen der vorangehenden Columnen. s ist die Anzahl der Leidener Flaschen, aus denen die Batterie bestand.

No.	g	s = 3				s = 1	
		w ₁	Mittel	w ₂	Mittel	w ₁	Mittel
1	30	-12,15	12,375	-12,00	12,675		
	-30	12,60		13,35			
2	25	-9,85	9,675	-10,00	9,775		
	-25	9,50		9,55			
3	20	-7,53	7,790	-7,76	7,890	-7,55	7,70
	-20	8,05		8,02		7,85	
4	15	-5,40	5,500	-6,03	6,100	-5,82	5,87
	-15	5,60		6,17		5,92	
5	10	-3,75	3,825	-3,76	3,785	-4,20	4,165
	-10	3,90		3,90		4,13	
6	5	-2,02	2,210	-2,20	2,300	-1,70	2,065
	-5	2,40		2,40		2,43	

Temp. = 17° C.

Aus diesen Zahlen folgt, daß die von dem Theilchen zurückgelegten Wege proportional der Quantität Elektrizität sind, die durch die Flüssigkeitssäule strömt, unabhängig von der Länge dieser Flüssigkeitssäule und der Oberfläche der Batterie.

Die Zeit, in welcher das Theilchen den Weg zurücklegt, war so kurz, daß sie nicht gemessen werden konnte, und kleiner als eine halbe Sekunde.

Das Lycopodiumtheilchen, an welchem die vorstehenden Beobachtungen angestellt wurden, hatte 0,8 sc. Durchmesser (22,9 sc. = 1^{mm}) und sank in 3 Stunden etwa 4 sc. in dem destillirten Wasser.

Der zurückgelegte Weg wurde wenig kleiner, wenn die Dauer der Entladungszeit durch Einschaltung einer Röhre mit Alkohol in den Schließungskreis der Batterie bedeutend vergrößert wurde. Nur bewegte sich das Theilchen natürlich langsamer, da die Entladung bisweilen 2 Minuten dauerte.

43.

Sehr schwer sind diese Beobachtungen mit denen in engeren Röhren vergleichbar, oder mit der Bewegung der Lycopodiumtheilchen an der Röhrenwandung, da diese Beobachtungen nicht an demselben Theilchen angestellt werden können, die Theilchen also verschiedene Oberfläche und

Masse haben, und an der Röhrenwandung nicht frei beweglich sind, sondern rollen. Jedenfalls folgt jedoch aus meinen Versuchen, daß in engeren Röhren bei derselben Stromintensität die Theilchen grössere Geschwindigkeit haben, daß ferner die Theilchen an der Röhrenwandung, die also in dem destillirten Wasser in der Richtung der positiven Elektrizitätsströmung fortgeführt werden, sich ebenfalls mit einer der Stromintensität proportionalen Geschwindigkeit bewegen, im Allgemeinen jedoch etwas langsamer gehen als die Theilchen in der Mitte der Röhre.

Bei den Apparaten mit eingeschnürten Ueberführungsröhren (Fig. 8 und 10) sieht man sehr deutlich, daß die Theilchen an den engsten Stellen am schnellsten fortgeführt werden, daß also mit wachsender Stromdichtigkeit die Geschwindigkeit der Bewegung der Theilchen zunimmt, wenn man unter Stromdichtigkeit die durch die Einheit des Querschnitts in der Zeiteinheit strömende Elektrizitätsmenge versteht.

Mit anderen Flüssigkeiten und anderen suspendirten Theilchen habe ich keine messenden Versuche anstellen können, da es unmöglich ist, Theilchen von regelmäßiger Form zu erhalten, die längere Zeit suspendirt bleiben. Selbst in Terpenthinöl sinken Lycopodiumtheilchen sofort unter, weil das Terpenthinöl die an denselben haftende Luft schnell absorbirt.

41.

Aus diesen Versuchen scheint zu folgen, wenn man wieder Wasser und Stärkekörnchen als Repräsentanten der fortgeführten Flüssigkeit und suspendirten Substanzen nimmt, daß das Wasser an der Röhrenwand fortgeführt wird in der Richtung der positiven Elektrizitätsströmung, und alle Stärkekörnchen in der Richtung der negativen Elektrizitätsströmung. Beide Bewegungen haben eine Geschwindigkeit proportional der Stromintensität. Das fortgeführte Wasser fließt in der Röhrenaxe zurück, da es nicht anders ausweichen kann. An der Röhrenwandung reißt das Wasser die Stärkekörnchen mit fort, und überwindet deren eigene

Bewegung, während in der Nähe der Röhrenaxe die eigene Bewegung der Stärkekörnchen durch die der Wassertheilchen vermehrt wird. Bei größerer Stromintensität wird die Wasserbewegung wegen der Reibung an der Röhrenwand verzögert, während die Stärkekörnchen sich nach wie vor frei bewegen können. Dadurch werden die Stärkekörnchen in den Stand gesetzt, die Wasserbewegung zu überwinden, und wandern jetzt alle zur positiven Elektrode. Bei einer bestimmten Stromintensität sind aber nur die größeren Stärkekörnchen im Stande, die Wasserströmung zu überwinden, während die kleineren Stärkekörnchen von der Wasserströmung noch mitgerissen werden.

Da die Geschwindigkeit, von der die Stärkekörnchen bewegt werden, von der Stromdichtigkeit abhängt, so werden dieselben in engen Röhren um so leichter die Wasserbewegung überwinden können, zumal in engen Röhren die Reibung, welche die Wassertheilchen erleiden, viel größer ist. Dadurch kann es denn auch kommen, daß in sehr engen Röhren selbst bei geringer Stromintensität kein Stärkekörnchen von der Wasserströmung mitgerissen wird, sondern alle in der Richtung der negativen Elektrizitätsströmung wandern.

Alle anderen in Wasser suspendirten Theilchen verhalten sich analog, nur wird die Gestalt, Masse und Natur derselben die Erscheinung modificiren.

Durch diese Betrachtung erklärt es sich auch, weshalb Reufs bei dem oben (§. 34) beschriebenen Versuche eine Fortführung der Thontheilchen nur in den Poren des Sandes beobachtete, wo die Stromdichtigkeit groß war. Wenn die Stromdichtigkeit kleiner wurde, wie außerhalb der Poren des Sandes, überwog die Wirkung der Schwere über die fortführende Wirkung der Elektrizität und die Thontheilchen fielen zu Boden.

45.

Alle diese bisher beschriebenen Erscheinungen glaube ich nun durch Elektrizitätserregung bei dem Contact der

Flüssigkeit mit der Röhrenwand und den suspendirten Theilchen erklären zu können.

Ich werde mich bei der Erklärung auf die Wirkung constanter galvanischer Ströme beschränken, auf welche die Wirkungen inconstanter Ströme zurückgeführt werden können, da man dieselben als eine Reihe constanter Ströme von kurzer und verschiedener Intensität ansehen kann.

Fast man der Einfachheit halber fürs Erste den Fall ins Auge, wo Wasser in einer Glasröhre in der Richtung der positiven Elektrizitätsströmung fortgeführt wird, so spielt das Wasser hierbei eine doppelte Rolle, einmal als Leiter der Elektrizität, und dann als Isolator. Als Leiter insofern, als überhaupt ein elektrischer Strom zu Stande kommt, und sich also auf der ganzen Oberfläche des Wasserfadens freie Elektrizität finden wird, deren Dichtigkeit von Querschnitt zu Querschnitt variirt¹⁾. Andererseits wird aber ein auf irgend eine Weise elektrisch gewordenes Wassertheilchen nicht augenblicklich seine Elektrizität an das zunächst liegende Wassertheilchen abgeben, sondern es wird eine gewisse Zeit verfließen, ehe dieß geschieht.

Ein Wassertheilchen an der Röhrenwand wird nun durch Contact mit derselben positiv elektrisch und die freie positive Elektrizität E desselben wird von derselben Kraft, die den constanten Strom erzeugt, nämlich von der freien Elektrizität auf der Oberfläche des Wasserfadens, fortgetrieben in der Richtung des positiven Stromes. Da aber das Wassertheilchen von dieser Elektrizitätsmenge E nicht augenblicklich sich trennen kann, so wird es mit fortgezogen in der Richtung des positiven Stromes. Die Fortführung von Flüssigkeitstheilchen durch den elektrischen Strom tritt daher nur bei schlecht leitenden Flüssigkeiten auf, wo die einzelnen Theilchen ihre Elektrizität nicht schnell abgeben können, und ist unter sonst gleichen Verhältnissen um so größer, je schwerer die Elektrizität von einem Flüssigkeitstheilchen zum anderen übergeht, je größer der spezifische Leitungswiderstand der Flüssigkeit ist.

1) Vergl. Kirchhoff, Pogg. Ann. Bd. 78, S. 506.

Die Kraft oder die Geschwindigkeit, mit welcher ein Wassertheilchen fortgeführt wird, wird proportional der Kraft seyn, mit welcher die Elektrizitätsmenge E fortgeführt wird, also proportional mit der Gröfse E selbst und proportional der treibenden Kraft, die den constanten Strom erzeugt, also auch proportional der Stromintensität, da diese letztere proportional der treibenden Kraft ist.

Da mit der Natur der Röhrenwand sich die elektromotorische Kraft zwischen Wasser und Röhrenwand, also auch die Elektrizitätsmenge E ändert, so wird die Geschwindigkeit, mit der die Wassertheilchen an der Röhrenwand fortgeführt werden unter sonst gleichen Bedingungen größer seyn, je größer die elektromotorische Kraft zwischen Wasser und der Substanz der Röhrenwand ist.

Hat man ein in Wasser suspendirtes Theilchen, z. B. ein Stärkekörnchen, so wird auf diesem durch Contact mit dem Wasser die negative Elektrizitätsmenge $-E_1$ sich ansammeln, und da diese von der Kraft, die den constanten Strom erzeugt, in der Richtung des negativen Stromes fortgetrieben wird, so zieht sie das Stärkekörnchen mit fort. Die Geschwindigkeit der Fortführung ist proportional mit $-E_1$, also proportional mit der elektromotorischen Kraft zwischen Wasser und Stärkekörnchen, und proportional mit der Stromintensität, ganz entsprechend der Fortführung der durch Contact mit der Röhrenwand elektrisch gewordenen Wassertheilchen.

46.

Es sey mir gestattet der Uebersichtlichkeit wegen der gauzen Betrachtung eine mathematische Gestalt zu geben.

Nennt man V das Potential der freien Elektrizität auf der Oberfläche eines linearen Leiters, also hier des Flüssigkeitsfadens in der Röhre, J die Stromintensität, k die spezifische Leitungsfähigkeit der Flüssigkeit und q den Querschnitt des linearen Leiters, so hat man, mit x die parallel der Röhrenaxe gerechnete Entfernung eines Querschnitts vom Anfangspunkte der Coordinaten bezeichnet¹⁾,

1) Kirchhoff, Pogg. Ann. Bd. 75, S 191.

$$J = -kq \cdot \frac{dV}{dx}$$

oder also

$$\frac{dV}{dx} = -\frac{J}{kq} \quad \dots \quad (1).$$

Neunt man ferner η die Elektricitätsmenge, die sich auf der Einheit der Oberfläche ansammelt in Folge der elektromotorischen Kraft bei dem Contact der Flüssigkeit und der Röhrenwand, so hat man die in einem Röhrenstücke von der Länge dx in der Zeiteinheit übergeführte Menge Flüssigkeitstheilchen

$$m = -C \cdot \frac{\eta o}{k} \frac{dV}{dx} dx \quad \dots \quad (2)$$

wo o die innere Oberfläche eines Röhrenstücks von der Länge l und C eine Constante ist, die von der Reibung der Flüssigkeitstheilchen gegeneinander und gegen die Röhrenwand abhängt. Setzt man für $\frac{dV}{dx}$ seinen Werth aus der Gl. (1) ein, so wird

$$m = C \cdot \frac{\eta o J}{k^2 q} dx \quad \dots \quad (3).$$

Nimmt man $\frac{dV}{dx}$ oder J auf der ganzen von der Elektricität durchflossenen Flüssigkeitsstrecke constant an, so hat man für die Flüssigkeitsmenge M , welche auf einer Röhrenstrecke von der Länge l in der Zeiteinheit überführt wird

$$M = C \cdot \frac{\eta o}{k} \frac{l}{kq} J \quad \dots \quad (4).$$

Nach den Beobachtungen von Wiedemann ¹⁾ und mir ist M unter sonst gleichen Verhältnissen proportional der Stromintensität und proportional dem Widerstande $\frac{l}{kq}$ der von der Elektricität durchflossenen Flüssigkeitsstrecke (da ja $J \frac{l}{kq} =$ der elektromotorischen Kraft der angewandten Kette ist), wenn man die der Fortführung durch die Elektricität entgegengesetzte Wirkung der Schwere vernachlässigen kann (vergl. §. 17, 26, 29). Soll mit diesen Ver-
1) Pogg. Ann. Bd. 87, S. 348. Wiedemann Galvanismus I, S. 378sqq.

suchen der durch die Theorie gefundene Ausdruck 4. übereinstimmen, so muß man annehmen, daß der Factor $\frac{C\eta_0}{k}$ einen constanten Werth behält, wenn die Natur der Flüssigkeit sich ändert. Da sich aber mit k gleichzeitig auch η , die elektromotorische Kraft zwischen Flüssigkeit und Röhrenwand und ebenso die Constante C , die von der Reibung der Flüssigkeitstheilchen gegeneinander und gegen die Röhrenwand abhängt, ändert, so kann man erst bei genauer Kenntniß dieser Größen ein sicheres Urtheil über die Uebereinstimmung der Gl. (4) mit der Erscheinung fallen.

Setzt man Säuren oder Salzlösungen dem destillirten Wasser zu, so wird dadurch einmal k vergrößert, und dann auch η geändert (vergl. §. 49).

Die durch diesen Zusatz herbeigeführte Verminderung des specifischen Leitungswiderstandes und der elektromotorischen Kraft bedingen beide eine Verminderung der fortgeführten Wassermenge.

Alkohol zeigt in Glasröhren eine geringere Ueberführung als Wasser (§. 22) und dies erklärt sich dadurch, daß die elektromotorische Kraft zwischen Glas und Alkohol geringer ist, als zwischen Glas und Wasser. Wechselt die elektromotorische Kraft durch Zusatz fremder Substanzen ihr Vorzeichen, wie bei Alkohol No. 3 (§. 28, 29), so findet eine Ueberführung im entgegengesetzten Sinne statt, da ja die Gl. (4) sofort ergibt, daß mit dem Vorzeichen von η oder J auch die Richtung der Ueberführung sich ändern muß.

Hat man Flüssigkeiten, die wie Terpenthinöl in einigen Röhren (Schwefel) in der Richtung des positiven Stromes, in anderen (Glas, Schellack) in der Richtung des negativen Stromes fortgeführt werden (§ 32), so würden sie in Contact mit der Substanz der ersten Röhre positiv, durch Contact mit der Substanz der anderen Röhren negativ elektrisch werden müssen

Da es bekannt ist, wie geringe Unterschiede der Beschaffenheit der Substanzen eine Verschiedenheit in der Erre-

gung der Contactelektricität hervorrufen, so kann es auch nicht befremden, dafs Schwefelkohlenstoff (§. 32) in Röhren aus verschiedenem Glase in verschiedener Richtung durch den elektrischen Strom fortgeführt wird, indem er durch Contact mit einigen Glassorten positiv, durch Contact mit anderen negativ elektrisch wird.

Hat man es mit constanter Stromintensität zu thun, so wird in Röhren mit kreisförmigem Querschnitt q schneller abnehmen, als o , es mufs also in Röhren von kleinerem Querschnitt die übergeführte Flüssigkeitsmenge unter sonst gleichen Verhältnissen gröfser seyn. Dazu kommt, dafs in engen Röhren die Reibung gröfser ist, und also weniger Flüssigkeit von der Schwere in derselben Zeit zurückgeführt wird, der durch die Elektricität hervorgebrachten Bewegung entgegen. Es ist dies in Uebereinstimmung mit den oben gefundenen Thatsachen. (Vergl. §. 10 und auch §. 18, 19, 22.)

In Röhren mit ringförmigem Querschnitt wird aus denselben Gründen die übergeführte Flüssigkeitsmenge gröfser seyn als in solchen mit kreisförmigem Querschnitt von gleicher Gröfse, wie es ebenfalls der Versuch ergiebt. (Vergl. §. 11 und auch §. 19.)

Die Gröfse η misst die elektromotorische Kraft bei dem Contact des Wassers und der Röhrenwand, und ist diese gröfser, so mufs auch die übergeführte Flüssigkeitsmenge unter sonst gleichen Bedingungen gröfser seyn, d. h. sie mufs von der Natur der Röhrenwand abhängen.

Die oben angeführten Versuche ergeben auch für Wasser in Contact mit einer Schellack-, Glas- oder Silberröhre, oder mit einer Thon- oder Platinoberfläche verschiedene Ueberführung (§. 19 bis 21).

Ich habe übrigens schon früher mehrfach angedeutet, dafs die Fortführung der Flüssigkeiten in den Ueberführungsröhren eine sehr complicirte Erscheinung ist. Nur die Flüssigkeit an der Röhrenwandung wird von der Elektricität fortgeführt, während sie in der ganzen Röhre durch die Schwere getrieben, zurückfließt. Diese letztere Menge

ist aber selbst in den allereinfachsten Fällen, wo die Röhren kreisförmigen Querschnitt haben, die Flüssigkeit Wasser und der Druck constant ist, weder theoretisch noch experimentell genügend bekannt. Die einfachsten Theorien nehmen an, daß in gleichen Abständen von der Röhrenaxe die Wassertheilchen gleiche Geschwindigkeit haben, und daß die Geschwindigkeit in der Nähe der Röhrenwandung am kleinsten ist. Bei den vorliegenden Versuchen jedoch, wo die Elektrizität die Flüssigkeitstheilchen an der Röhrenwandung fortführt, befinden sich die Theilchen mit der kleinsten Geschwindigkeit auf einer Cylinderfläche zwischen Röhrenaxe und Röhrenwandung. Innerhalb dieser Cylinderfläche haben die Theilchen eine entgegengesetzte Bewegung wie außerhalb. Die Gesetze also, nach denen das Strömen der Flüssigkeiten in Capillarröhren stattfindet, werden ganz andere seyn, wie hier, wo ein elektrischer Strom durch die Flüssigkeit geht. Dabei sind andere Verhältnisse, wie die Veränderung der Reibung der Flüssigkeitstheilchen gegeneinander und gegen die Röhrenwand durch den elektrischen Strom, durch Auflösung der Glaswand u. s. f. noch gar nicht berücksichtigt, so daß es einer viel tiefer eingehenden Betrachtung bedarf, um alle diese Verhältnisse mit in Rechnung bringen zu können.

Für den vorliegenden Zweck mag der Nachweis genügen, daß die für die Ueberführung gefundenen Gesetze und Erscheinungen der aufgestellten Theorie nicht widersprechen, und sogar theilweise aus derselben vorhergesagt werden können.

47.

Die Geschwindigkeit v , mit der ein suspendirtes Theilchen, also ein Stärkekörnchen fortgeführt wird, ergibt sich durch eine ganz analoge Betrachtung, wie diejenige zu Anfang des §. 46

$$v = C, \sigma, \eta, \frac{J}{kq} \dots \dots \dots (5)$$

wo σ , die Oberfläche des Stärkekörnchen, η , die in Folge der elektromotorischen Kraft zwischen Stärke und Wasser

auf der Einheit der Oberfläche angehäuften Elektricitätsmenge und C_1 eine Constante ist, die von der Reibung des Stärkekörnchens gegen die Flüssigkeit abhängt, sowie von dem specifischen Leitungsvermögen k der umgebenden Flüssigkeit. Wenn nämlich die letztere die Elektricität schlecht leitet, und das Stärkekörnchen hat durch Contact mit einem ersten Wassertheilchen die freie Elektricitätsmenge $-E_1$ erhalten, so wird bei der Bewegung des Stärkekörnchens diesem durch Contact mit einem zweiten Wassertheilchen eine zweite Elektricitätsmenge $-E_1$ mitgetheilt werden, noch ehe es die erste Elektricitätsmenge $-E_1$ vollständig verloren hat. Da dann also das Stärkekörnchen eine grössere Menge freier Elektricität auf seiner Oberfläche hat, so wird es auch mit grösserer Geschwindigkeit fortgeführt werden.

Die Geschwindigkeit der Stärkekörnchen wird also durch Zusatz von Säuren oder Salzlösungen zum destillirten Wasser verkleinert, wegen des grösseren Leitungsvermögens der umgebenden Flüssigkeit. Dazu kommt dann noch, dass dadurch gleichzeitig auch η_1 verkleinert wird.

Analog den Stärkekörnchen verhalten sich die anderen suspendirten Substanzen, da ich dieselben ja nur als Repräsentanten der letzteren der Einfachheit des Ausdrucks wegen angenommen hatte.

Aus der Gl. (5) folgt, dass mit der Grösse von o_1 die Geschwindigkeit der Fortführung zunimmt. Damit ist es ganz in Uebereinstimmung, dass die grösseren Stärkekörnchen eher die entgegengesetzte Wasserströmung überwinden, als die kleinen Stärkekörnchen (§. 35).

Ebenso ist die Geschwindigkeit der suspendirten Theilchen proportional mit der Stromintensität in Uebereinstimmung mit den Versuchen (§. 41).

Da bei den suspendirten Theilchen die Wirkung der Schwere nicht in Betracht kommt, so ist es auch begreiflich, dass hier bei der Fortführung durch den Entladungsstrom der Leidener Batterie der Einfluss der Dichtigkeit der Elektricität auf der Oberfläche der Batterie zurücktritt, und der zurückgelegte Weg nur von der Quantität Elek-

tricität abhängt, die durch die Einheit des Querschnitts fließt. Die Geschwindigkeit der Bewegung jedoch hängt von der in jedem Augenblicke vorhandenen Stromintensität ab (§. 42).

Vertheilt sich die vermöge der Schwere zurückfließende Wassermasse über einen größeren Querschnitt, wie es bei den oben erwähnten Versuchen der Fall war, so wird die Geschwindigkeit der einzelnen Wassertheilchen nur gering seyn, und die Bewegung der suspendirten Theilchen wird dadurch nur unbedeutend modificirt werden.

Die Richtung der Bewegung muß ebenso wie bei der Fortführung der Flüssigkeittheilchen an der Röhrenwand mit dem Vorzeichen von J oder η , sich ändern.

Damit ist es dann ganz in Uebereinstimmung, daß analog der Fortführung des Terpenthinöls in Schwefel- oder Schellackröhren und Thondiaphragmen, suspendirte Schwefeltheilchen in Terpenthinöl zur positiven, Schellack und Thontheilchen zur negativen Elektrode fortgeführt werden, daß Terpenthintropfen in Wasser in umgekehrter Richtung fortgeführt werden, wie Wassertropfen in Terpenthinöl u. s. f.

Da Lufttheilchen in Wasser in der Richtung der negativen, und in Terpenthinöl in der Richtung der positiven Elektrizitätsströmung fortgeführt werden, so müßte man annehmen, daß sie durch Contact mit Wasser negativ, durch Contact mit Terpenthinöl positiv elektrisch werden.

Mit der Richtung der Ueberführung von Luftbläschen in Wasser ist dann auch die von Armstrong beobachtete Erscheinung in Uebereinstimmung (§. 34), wonach Staubtheilchen auf der Außenseite des überall mit Luft umgebenen Wassercylinders in der Richtung des positiven Stromes fortgeführt wurden, indem sie hier, analog den Stärkekörnchen (§. 35, 44) von den an der Gränze von Luft und Wasser fortgeführten Wassertheilchen mitgerissen wurden. In der Mitte des Wassercylinders zeigten jedoch die Staubtheilchen ihre eigene normale Bewegung in der Richtung der negativen Elektrizitätsströmung.

Mit der Thatsache, daß die Flüssigkeitstheilchen an der Röhrenwand fortgeführt werden, stimmt auch die merkwürdige Erscheinung vollständig überein, daß Wasser das Glas leichter auflöst, wenn es von Electricität durchflossen wird, als wenn dieß nicht der Fall ist. (§. 7.)

Wenn nämlich die Electricität die Theilchen an der Röhrenwandung fortführt, so wird die concentrirte Glaslösung immer abgespült und Wasser oder verdünnte Glaslösung tritt an ihre Stelle, die natürlich leichter neues Glas aufnimmt, als die schon mit Glas gesättigte Flüssigkeit.

Bewegt man das Wasser mechanisch in der Röhre, etwa durch Blasen an dem Kautschuckschlauche des Ueberführungsapparates, so wird die Flüssigkeitsschicht an der Röhrenwandung wenig oder gar nicht bewegt, und die concentrirte Glaslösung bleibt an der Röhrenwandung haften. Man kann daher durch mechanische Bewegung des Wassers die Auflösung des Glases nicht so beschleunigen, wie durch Durchleiten von Electricität.

Da besonders die Flüssigkeit in der Nähe der Wandung durch Auflösen des Glases ihre Leitungsfähigkeit ändert, so wird dadurch die Fortführung der Flüssigkeitstheilchen selbst mehr beeinflusst werden, als die Fortführung von suspendirten Theilchen, die in der Nähe der Röhrenaxe sich befinden; daher zeigten auch die Versuche an den suspendirten Lycopodiumtheilchen eine größere Uebereinstimmung als die über die Fortführung des Wassers selbst.

49.

Da alle Theilchen, die in destillirtem Wasser suspendirt sind, in der Richtung der negativen Electricitätsströmung fortgeführt werden, so müßte man annehmen, daß sie in Contact mit Wasser alle negativ elektrisch werden. Es ist dieß in voller Uebereinstimmung mit der sonstigen Erfahrung.

Nimmt man an, wie das wohl wahrscheinlich ist, daß Reibungs- und Contactelectricität identisch sind, so ist ein-

mal durch Versuche von Faraday¹⁾ bewiesen, daß das Wasser der positivste aller Körper ist, also durch Reibung mit allen anderen Substanzen positiv wird. Gleichzeitig fand Faraday durch Zusatz leitender Substanzen zum destillirten Wasser die Elektrizitätserregung bedeutend verkleinert.

Ueber die Erregung von Elektrizität durch Contact von Metallen und leitenden Substanzen mit destillirtem Wasser hat Peclet²⁾ Versuche angestellt, und gefunden, daß alle Substanzen durch dasselbe negativ elektrisch erregt werden, mit Ausnahme von Braunstein, der positiv elektrisch werden soll. Peclet giebt jedoch nicht genau an, auf welche Weise die in der angeführten Abhandlung gegebenen Zahlen gefunden worden sind und scheint die Elektrizitätserregung durch die Feuchtigkeit der Hand ganz außer Acht gelassen zu haben.

Ich habe deshalb Condensatoren construirt, die aus auf Glasplatten ausgebreitetem Braunsteinpulver und einem mit destillirtem Wasser getränkten Stücke Fließpapier bestanden. Als isolirende Substanz des Condensators wandte ich Glas oder Luft an, indem in letzterem Falle die beiden Condensatorplatten durch 3 kleine Glaskugeln von einander getrennt waren. Die Condensatorplatten wurden durch ein mit destillirtem Wasser getränktes Stück Fließpapier mit einander verbunden. Die Wasserplatte des Condensators, um diesen Ausdruck zu gebrauchen, fand sich dann, an einem Säulenelektroskope mit nasser Säule nach der Construction von Hankel³⁾ untersucht, stets positiv elektrisch, so daß in dieser Beziehung die Wanderung des Braunsteins zur positiven Elektrode in destillirtem Wasser vollständig mit der Elektrizitätserregung durch Contact von Braunstein und Wasser übereinstimmt.

1) Faraday, *experim. research.* II, 2107.

2) *Ann. d. chim. et d. phys.* [3] t. II, p. 239. Wiedemann, *Galvanismus* I, S. 10.

3) *Pogg. Ann.* Bd. 103, S. 212.

Poggendorff's Annal. Bd. CXIII.

Dafs die Ueberführung von Alkohol in Glasröhren kleiner ist, als die von Wasser, ist ebenfalls in Uebereinstimmung mit den Versuchen von Faraday¹⁾, wo die festen Körper durch Reibung mit Alkohol weniger elektrisch erregt werden, als durch Reibung mit Wasser. Ebenso wird nach Faraday's Versuchen Terpenthinöl durch Reibung mit festen Körpern negativ elektrisch, muß sich also in der Richtung der negativen Elektrizitätsströmung bewegen, während die positiv elektrischen suspendirten Theilchen in der Richtung des positiven Stromes fortgeführt werden, ganz in Uebereinstimmung mit den von mir gefundenen That-sachen.

50.

Ich habe nun versucht, materielle Theilchen künstlich zu elektrisiren, indem ich ihnen von außen Elektrizität zuführte, und dann beobachtete, ob und wie sie unter dem Einflusse eines elektrischen Stromes fortgeführt wurden.

Bekleidet man das Ueberführungsrohr eines Apparates von der Form Fig. 2 Taf. VIII. mit Stanniol, ohne dafs dieser mit den Platinelektroden in leitende Verbindung kommt, und füllt den ganzen Apparat in gewöhnlicher Weise mit destillirtem Wasser, so entsteht eine Leidener Flasche, deren äufsere Belegung von der Stanniolbekleidung, deren innere von dem Wasser an der Röhrenwandung gebildet wird. Wenn man nun die Stanniolbekleidung mit der inneren Belegung einer positiv oder negativ geladenen Leidener Flasche in Verbindung setzt, deren äufsere Belegung zur Erde abgeleitet ist, so werden die Wassermolecüle an der Röhrenwandung durch Vertheilung negativ oder positiv elektrisch, und man sollte also erwarten, dafs sie von einem elektrischen Strome, der in gewohnter Weise durch die Platinelektroden und das Ueberführungsrohr geleitet wird, in der Richtung der negativen oder positiven Elektrizitätsströmung fortgetrieben werden müßten.

Der Versuch zeigt aber keinen Einflufs der Elektrisirung der Stanniolbekleidung des Ueberführungsrohres auf

1) Faraday, *Experim. research.* II, 2115.

die Steighöhe, und eine nähere Ueberlegung ergibt, daß dies auch nicht der Fall seyn kann.

Durch Elektrisirung der Staaniolbekleidung wird zwar der Werth des Potentials der freien Elektricität auf der äußeren Fläche des Wasserfadens geändert, aber der Differentialquotient des Potentials bleibt ungeändert, und also auch die Kraft, welche die Elektricitätstheilchen im Innern des linearen Leiters in Bewegung setzt.

Es könnte also eine Aenderung der Fortführung nur von der Verschiedenheit der Elektricitätsmenge erwartet werden, die in den einzelnen die Röhrenwand berührenden Wassertheilchen angehäuft ist. Die Elektricitätsmenge E (§. 45), die jedes dieser Wassertheilchen vermöge der elektromotorischen Kraft zwischen Wasser und Röhrenwand enthält, wird durch die Elektrisirung der Staaniolbekleidung ebenfalls nicht geändert und man müßte also eine neue Elektricitätsmenge $\pm e$ annehmen, die jedem Wassertheilchen zugeführt wird, um eine Aenderung der Ueberführung zu erwarten. Diese Elektricitätsmenge $\pm e$ wird sich aber nicht auf der äußeren Oberfläche des Wasserfadens, sondern auf der inneren Oberfläche des gläsernen Ueberführungsrohres anhäufen. Es verhält sich damit ganz ähnlich wie mit einer Leidener Flasche mit beweglichen Belegungen, die nicht entladen wird, wenn man ihre Belegungen einzeln ableitend berührt, weil die Moleküle der inneren und äußeren Glasoberfläche die Träger der mitgetheilten Elektricität sind.

Man sieht also, daß in diesem Falle gar nicht die Wassertheilchen an der inneren Röhrenoberfläche, sondern nur die Glastheilchen elektrisirt werden, daß sonst alle Größen, die auf die Fortführung der Wassertheilchen von Einfluß sind, ungeändert bleiben, und daß man also auch keine Aenderung der Ueberführung bei diesem Versuch erwarten kann.

Es ist dies analog dem Versuche, wo die Stromstärke in einem von einem constanten Strome durchflossenen und zur Erde abgeleiteten Metalldrahte auch nicht geändert wird,

wenn man in seiner Nähe befindliche und von ihm isolirte Metallmassen elektrisirt. Hier müßte auch, da bei derselben Kraft, demselben Differentialquotienten des Potentials, mehr Elektrizität auf der Peripherie jedes Querschnittes des Metalldrahtes angehäuft ist, mit der Menge der in jedem Querschnitte vorhandenen Elektrizität die Menge der durch jeden Querschnitt hindurchgetriebenen Elektrizität oder die Stromintensität zunehmen, wenn nicht eben die Elektrizität sich auf der inneren Oberfläche der den Metalldraht umgebenden isolirenden Massen statt auf der äußeren Oberfläche des Metalldrahtes ansammelte.

51.

Ein anderer Versuch, die Fortführung elektrischer Körper unter dem Einfluß eines elektrischen Stromes zu zeigen, hatte besseren Erfolg.

Aus Glasplatten wurde ein länglicher Trog *T* von 150^{mm} Länge, 35^{mm} Höhe und 20^{mm} Breite zusammengesetzt, (Fig. 11 Taf. VIII) mit destillirtem Wasser gefüllt und durch 2 Platindrähte *p*₁ und *p*₂ mit angelegten Platinplatten der Strom einer 80gliedrigen Grove'schen Säule hindurchgeleitet. In dem Wasser zwischen den beiden Platinplatten schwebte eine kleine Metallkugel *C*, die durch den gläsernen Wagebalken *ABC* von etwa 200^{mm} Länge getragen wurde. Der vertikale Theil *BC* des Wagebalkens war 90^{mm} lang, und einen halben Millimeter dick, so daß auf den capillaren Meniskus, den er bei dem Durchbrechen der horizontalen Wasserschicht in dem Glaskasten bildete, nur eine ganz schwache Wirkung von den capillaren Wasserschichten an den Wänden des Glaskastens ausgeübt wurde. Die Platinplatten waren aus demselben Grunde ganz von Wasser bedeckt.

Die Kugel *C* befand sich an einem Platindrahte, der im Innern des Theiles *CBD* des Wagebalkens bis zu einem Quecksilbernäpfchen bei *D* führte. Die Kugel und der Platindraht, so weit er aus der Glasröhre des Wagebalkens hervorragte, waren mit geschmolzenem Schellack überzogen. Der Wagebalken war bei *D* mittelst eines kleinen

Schellackeylinders an einem sehr dünnen langen Glasfaden befestigt, und äußerst leicht beweglich. *E* war ein verschiebbares Gewicht, um den Theil *AB* des Wagebalkens horizontal stellen zu können.

An der hinteren Seite des Glaskastens war eine in der Zeichnung fortgelassene Millimeterscala angebracht, um die Bewegung der Kugel *C* besser beobachten zu können.

Der ganze Apparat war von einem größeren Glaskasten umschlossen um störende Luftströmungen abzuhalten.

Man beobachtete nun, wenn der Metallkugel *C* positive Electricität durch das Quecksilbernapfchen *D* zugeführt wurde, eine Bewegung derselben zur negativen Platinelektrode, wenn ihr negative Electricität zugeführt wurde eine Bewegung zur positiven Platinelektrode.

Zum Elektrisiren der Metallkugel *C* benutzte ich entweder den isolirten Pol einer 80gliedrigen Grove'schen Säule, deren anderer Pol zur Erde abgeleitet war, oder ich theilte ihr auch direct mit einem Probescheibchen kleine Mengen Reibungselectricität mit. Unwesentlich war es wohl, daß dieselbe 80gliedrige Grove'sche Säule zu gleicher Zeit mit den Platindrähten p_1 und p_2 in Verbindung stand, wenn die freie Electricität ihrer Pole zur Elektrisirung der Metallkugel *C* benutzt wurde.

Die Gasentwicklung an den Platinplatten in dem destillirten Wasser war höchst unbedeutend. Wurde jedoch dem Wasser Schwefelsäure zugesetzt, so war die Gasentwicklung so stark, daß dadurch die Bewegung des Wagebalkens gestört wurde und nicht mehr beobachtet werden konnte.

Man sieht, dieser Versuch mit der Drehwage ist eigentlich weiter nichts, als ein gewöhnliches Säulenelektroskop, wo das Goldblatt in Luft durch eine isolirte Metallkugel in Wasser ersetzt ist. Ob die Wirkung von der freien Electricität auf der Oberfläche der Platinplatten herrührt oder von der Electricität, die durch das destillirte Wasser strömt, ist durch den Versuch nicht festzustellen, da das eine *ohne* das andere nicht möglich ist. Ein constanter

Strom ist ja in einem Leiter nicht ohne freie Electricität auf der Oberfläche desselben möglich, und das Potential der freien Electricität kann sich nicht von Querschnitt zu Querschnitt ändern, ohne dafs ein elektrischer Strom durch den Leiter fließt.

Der Versuch mit einem suspendirten Lycopodiumkügelchen in destillirtem Wasser ist ganz entsprechend mit dem der elektrisirten Metallkugel C. Dort wurde das Lycopodiumtheilchen durch sein specifisches Gewicht in der Schwebelage erhalten, hier die Metallkugel durch die Drehwage, dort wurde das Lycopodiumtheilchen durch Contact mit dem Wasser elektrisch, und die elektromotorische Kraft verhinderte gleichzeitig, dafs die negative Electricität des Lycopodiumtheilchens wieder auf die Wassermolecüle überging, hier wurde der Metallkugel von außen Electricität zugeführt, und die Schellackschicht verhinderte das Uebergehen derselben auf das Wasser.

Mir ist keine Thatsache bekannt, die der Erklärung der Fortführung materieller Theilchen, wie ich sie in vorliegendem gegeben habe, widerspräche. Wie dem auch sey, jedenfalls folgt aus den beschriebenen Versuchen, dafs die Bewegung materieller Theilchen unter dem Einflusse der strömenden Electricität ihrer Gröfse und Richtung nach nicht abhängt vom Aggregatzustande derselben, sondern von der Natur der Theilchen und der Natur der Stoffe, mit welchen dieselben in Berührung stehen.

Berlin im Juni 1861.
