

rührungsstelle von Metall, Flüssigkeit und Gas sei, er kommt aber zu dem Resultat, das ich in vorstehender Mittheilung ebenfalls nicht als allgemein gültig erklärt habe, dass der ganze Strom der Gasbatterie den aufgelösten Gasen seine Entstehung verdanke. Er lässt dabei auch die Ansicht nicht gelten, dass die allmähliche Stromabnahme einer geschlossenen Gasbatterie der eintretenden Polarisation zuzuschreiben sei, sondern sucht deren Grund lediglich in der Abnahme des in der Flüssigkeit aufgelösten Gasvolumens. Da er indess die electromotorischen Kräfte nicht durch momentane Stromschlüsse misst, wie Gaugain und ich es gethan haben, sondern dieselben aus der bei dauerndem Stromschluss beobachteten Stromstärke und dem Widerstande berechnet, so ist es nicht möglich, die primären Wirkungen von den secundären gesondert aus seinen Messungen herauszuerkennen. Dass eine derartige Vermischung nicht vermieden ist, zeigt auch der Satz, zu welchem Morley gelangt: dass die electromotorische Kraft der Gasbatterie nicht constant ist, sondern mit dem Widerstande steigt.

München, im Mai 1878.

II. *Ueber die galvanischen Ströme, welche beim Strömen von Flüssigkeiten durch Röhren erzeugt werden; von E. Dorn.*

Obwohl sich in letzter Zeit mehrere Physiker mit den von Hrn. Zöllner¹⁾ entdeckten electrischen Strömen beschäftigt haben, welche beim Strömen von Flüssigkeiten durch Röhren entstehen, ist doch ihre Abhängigkeit von den bedingenden Ursachen und der Grund der Erscheinung noch nicht mit hinreichender Sicherheit festgestellt.

1) Pogg. Ann. CXLVIII. p. 640.

Dass die Intensität dieser Ströme im allgemeinen mit dem Widerstande der Flüssigkeit zugleich abnimmt und von ihrer Beschaffenheit überhaupt abhängig ist, habe ich selbst¹⁾ gezeigt, und Hr. Edlund²⁾ und Hr. Haga haben dies Resultat bestätigt.

Nach Hrn. Edlund ist die electromotorische Kraft der Entfernung der Electroden (*ceteris paribus*) proportional, und die Beobachtung der Hrn. Haga und Clark, dass für Röhren, die den Bedingungen des Poiseuille'schen Gesetzes genügen, die electromotorische Kraft für denselben Druck bei Verkürzung der Röhre ungeändert bleibt, ist von Hrn. Edlund mit Zugrundelegung seines Resultates erklärt.

Widersprechend sind hingegen die Resultate in Bezug auf den Querschnitt der Röhre. Während nach Hrn. Edlund die electromotorische Kraft demselben umgekehrt proportional sein sollte, vermuthete Hr. Haga auf Grund theoretischer Betrachtungen, dass sie für hinreichend enge Röhren dem Radius umgekehrt proportional sei, konnte aber nur einmal eine bestätigende Beobachtung erlangen. Hr. Clark konnte nur die Abnahme mit wachsendem Querschnitt erkennen.

Hr. Edlund findet die electromotorische Kraft für kleinere Geschwindigkeiten diesen selbst, für grössere ihrem Quadrate annähernd proportional. Bei Röhren, welche den Bedingungen des Poiseuille'schen Gesetzes genügen, ist die electromotorische Kraft nach Hrn. Haga dem Drucke proportional.

Hr. Haga und Hr. Clark constatirten ferner bei engen Röhren eine Aenderung der electromotorischen Kraft nach Ueberziehung der inneren Wand mit verschiedenen Substanzen.

1) Pogg. Ann. CLX. p. 70.

2) Bei der Uebersichtlichkeit, mit der Hr. Edlund (Wied. Ann. I. p. 191 u. III. p. 489), Hr. H. Haga (Wied. Ann. II. p. 335) und Hr. J. W. Clark (ebenda p. 346) ihre Resultate zusammenfassen, darf ich mir wohl ein Citiren an jeder einzelnen Stelle ersparen.

Hr. Edlund will dies auf eine Verringerung des Querschnittes zurückführen und leugnet einen Einfluss der Beschaffenheit der Röhrenwand ganz, wobei er auf einige Versuche von mir selbst an weiteren Röhren Bezug nimmt.¹⁾ Hierauf komme ich später ausführlicher zurück, bemerke aber, dass der Einwand von Hrn. Edlund nicht stichhaltig ist gegenüber der von Hrn. Clark hervorgehobenen Aenderung der electromotorischen Kraft mit der Zeit, wenn zwischen den Versuchen die Röhre mit ruhendem oder fliessendem Wasser gefüllt bleibt. Denn hier kann von einer Aenderung des Querschnittes nicht die Rede sein.

Was endlich den Grund der Erscheinung betrifft, so sucht Hr. Edlund dieselbe durch seine unitarische Theorie der Electricität zu erklären, während Hr. Clark den Sitz der electromotorischen Kraft in die Grenzfläche von Flüssigkeit und fester Röhrenwand verlegt.

Ich selbst habe schon im October v. J., also vor dem Erscheinen der Arbeiten der Hrn. Haga und Clark, eine Reihe von Beobachtungen über die in Rede stehenden Erscheinungen begonnen, ohne bisher zu einem definitiven Abschluss gelangen zu können. Wenn ich trotzdem aus denselben hier Einiges mittheile, so thue ich es, weil es mir geeignet scheint, die von Hrn. Edlund gegen Hrn. Clark erhobenen Einwürfe zu erledigen, indem meine Beobachtungen sich gerade auf weitere Röhren beziehen.

1. Die Anordnung meiner Versuche war folgende. Vier Kupferballons von der in Mineralwasserfabriken üblichen Form (mit 2 durch Hähne verschliessbaren Röhren) waren der Reihe nach untereinander verbunden. Der erste, von etwa 25 l Inhalt, nahm die zu untersuchende Flüssigkeit auf. Bis zu seinem Boden herab reichte ein Rohr mit einem Hahne von weiter Bohrung, woran durch einen Gummischlauch mit Hanfeinlage die Glasröhren, mit denen experimentirt wurde, befestigt werden konnten. Die drei

1) Pogg. Ann. CLX. p. 71.

andern Ballons hielten jeder nahezu 45 Liter. Der letzte derselben war mit der Wasserleitung der Stadt verbunden, deren Druck am Orte der Versuche etwa $2\frac{1}{2}$ Atmosphären betrug. Oeffnete man den Hahn nach der Wasserleitung, so wurde die Luft comprimirt; war der letzte Ballon voll Wasser gelaufen, so wurde er nach Absperrung der Leitung und des vorhergehenden entleert und die Operation wiederholt, bis ein genügender Druck erreicht war. Ein Eindringen des Leitungswassers bis in den kleinen Ballon war nicht möglich, da ja noch 2 Ballons dazwischen lagen. Der Druck wurde durch ein Quecksilbermanometer gemessen, das mit Hülfe eines *T*-Rohres zwischen dem ersten und zweiten Ballon eingeschaltet war. Die Abnahme des Druckes war wegen des grossen Volumens der comprimierten Luft, ca. 90–100 l, auch bei weiteren Röhren nur mässig.

Da mir ein geeignetes Electrometer nicht zur Verfügung stand, benutzte ich ein Galvanometer von 10000 Windungen mit einem astatischen Nadelpaar, dessen Bewegung infolge der Dämpfung durch den Kupferrahmen vollkommen aperiodisch war. Seine Empfindlichkeit, die ich fast vor jeder Beobachtungsreihe bestimmte, änderte sich in Monaten nur um wenige Procente und war derart, dass 1 mm Ablenkung durch 1 Daniell bei etwa 1100 Millionen Quecksilbereinheiten Widerstand erzeugt worden wäre.

Ich habe mich direct überzeugt (was bei Benutzung grosser Stöpselrheostaten und geeigneter Nebenschliessungen leicht ausführbar ist) dass innerhalb der benutzten 110 Scalentheile von der Ruhelage aus die Ablenkung der Stromstärke bis auf Bruchtheile von Procenten proportional ist. So erhielt ich an 3 verschiedenen Tagen für die einfache und doppelte Stromstärke die Ablenkungen:

55,17	110,87	55,23	110,46
	55,17	110,22.	

Es wurde stets der Stand bei ruhendem Wasser, bei strömendem und wieder bei ruhendem Wasser abgelesen; vor und nach der Beobachtung auch das Manometer. Mit

Hülfe einer geeigneten Wippe konnte ein Normaldaniell in den Stromkreis eingeführt werden. Es wurde bei ruhendem Wasser der Stand des Galvanometers beobachtet, wenn dieses mit der Röhre allein einen geschlossenen Stromkreis bildete, dann, wenn das Daniell noch dazu eingeschaltet war, und endlich wieder nach seiner Ausschaltung.

2. Die Ablenkung, welche durch das strömende Wasser erzeugt wird, ist verringert durch die Polarisation, indessen genügen obige Beobachtungen, die electromotorische Kraft zu ermitteln, die infolge der Wasserbewegung entsteht. Hingegen sind sie nicht ausreichend, um die Ablenkung aufzusuchen, welche ohne Polarisation eingetreten wäre, oder den Widerstand des Wassers zu bestimmen, und Hr. Edlund stellt zu dem Ende noch eine Beobachtung mit dem von ihm erfundenen Depolarisator¹⁾ an.

Mir scheint es vortheilhafter, die electromotorische Kraft aufzusuchen, da man dazu nur 2 Beobachtungen braucht und nicht mehr Voraussetzungen zu machen nöthig hat, als im andern Falle.

Für die hier in Betracht kommenden schwachen Ströme hat bereits Hr. Edlund nachgewiesen, dass die in einer kurzen Zeit (28 Secunden) entstehende Polarisation der Stromstärke proportional ist, und dass die Polarisation nicht durch das Vorbeiströmen der Flüssigkeit an den Electroden geändert wird.²⁾

Selbstverständlich habe ich nicht unterlassen, auch für meine Apparate diese Sätze zu verificiren, was übrigens auch ohne Anwendung des Depolarisators geschehen kann.

In Taf. I Fig. 1 sei D das Daniell'sche Normalelement, U und U_1 Siemens'sche Universalwiderstandskasten, G das Galvanometer, R die Röhre mit der Flüssigkeit. Man findet die Potentialdifferenz der Punkte a und b leicht:

1) Pogg. Ann. CLVI. p. 273.

2) Wied. Ann. I. p. 165.

$$P = \frac{Dw_1w_2 - pw_1w}{w_1w_2 + w_2w + ww_1},$$

wo D und p die electromotorische Kraft des Daniell und der Polarisation. Da nun w und w_1 höchstens 10000 Quecksilbereinheiten, w_2 aber wenigstens 5 Millionen, so ist die Potentialdifferenz mit hinreichender Näherung:

$$P = \frac{Dw_1}{w + w_1},$$

d. h. ebenso, wie wenn der Zweig w_2 gar nicht vorhanden wäre.

Indem man w und w_1 in geeigneter Weise variirt, kann man genau abgestufte electromotorische Kräfte auf die Electroden in der Röhre polarisirend wirken lassen.

Die Stromstärke in w_2 wird:

$$i_2 = \frac{Dw_1 - p(w + w_1)}{w_1w_2 + w_2w + ww_1}$$

oder mit derselben Annäherung wie oben:

$$i_2 = \frac{D}{w_2} \frac{w_1}{w + w_1} - \frac{p}{w_2} = \frac{P - p}{w_2}.$$

Stellt man nun ferner, wenn das Galvanometer seine grösste Ablenkung erreicht hat, durch Umlegen einer Wippe einen Stromkreis her, der nur Galvanometer und Röhre enthält, so ergibt sich ein Ausschlag nach der andern Seite:

$$i_2'' = -\frac{p + \pi}{w_2},$$

wo π denjenigen Theil der Polarisation bedeutet, der während der Bewegung der Galvanometernadel nach der andern Seite verschwindet.

Die Galvanometernadel beschreibt nach dem Umlegen der Wippe somit einen Bogen, entsprechend:

$$i_2' = i_2 - i_2'' = \frac{P - \pi}{w_2}.$$

An der Röhre XV', welche den geringsten Widerstand und die kleinsten Electroden besass, also am ungünstigsten war, beobachtete ich mit dem bei den meisten Versuchen benutzten destillirten Wasser:

$P =$	i_2 beob.	i_2' beob.	i_2 ber.	Diff.	i_2' ber.	Diff.
$\frac{1}{6} D$	16,77	16,73	16,74	-0,03	16,93	+0,20
$\frac{1}{3} D$	27,87	28,07	27,90	+0,03	28,21	+0,14
$\frac{1}{2} D$	41,67	42,17	41,85	+0,18	42,32	+0,15
$1 D$	83,87	85,13	83,70	-0,18	84,64	-0,49

Diese Zahlen zeigen, dass die electromotorische Kraft der Polarisation und auch π der erzeugenden electromotorischen Kraft P proportional sind, da sich die Stromstärken wie die P verhalten, also $p = Pf$, $\pi = P\varphi$, wo f und φ eine Constante. Die Abweichung beträgt nur Bruchtheile eines Procentes, wie die Vergleichung der beobachteten Werthe mit den unter dieser Voraussetzung aus dem Mittel berechneten ergibt.

Andere bestätigende Beobachtungen, die ich noch oft gemacht habe, mitzutheilen, halte ich nicht für erforderlich.

Als ich ferner eine Röhre von der Taf. I Fig. 2 dargestellten Form benutzte, erhielt ich:

Wasser . . .	i_2	i_2'
ruhend . . .	40,5	42,1
strömend . . .	39,8	42,4

also merklich dieselbe Ablenkung, obgleich im zweiten Falle das Wasser an einer Electrode mit grosser Schnelligkeit vorbeiströmte.

Dieses Resultat berechtigt zu der Annahme, dass die durch das Strömen des Wassers erzeugte electromotorische Kraft E eine Polarisation:

$$e = E.f$$

zur Folge haben wird, wo f denselben Factor bedeutet, wie in dem Falle ruhenden Wassers und der Anwendung eines galvanischen Elementes als polarisirender Ursache.

Beobachtet man also bei strömendem Wasser A (und A')¹⁾ und dann mit dem Normaldaniell i_2 (und i_2'), so hat man:

1) A' ist i_2' analog, d. h. es bedeutet den Bogen, welchen die Galvanometernadel nach Aufhören der Strömung bei geschlossen bleibendem Stromkreise beschreibt. Ebenso entspricht e dem π .

$$A = \frac{E - e}{w_2} = \frac{E(1-f)}{w_2}; \quad A' = \frac{E - \varepsilon}{w_2} = \frac{E(1-\varphi)}{w_2},$$

$$i_2 = \frac{D - p}{w_2} = \frac{D(1-f)}{w_2}; \quad i_2' = \frac{D - \pi}{w_2} = \frac{D(1-\varphi)}{w_2},$$

also:

$$E = D \cdot \frac{A}{i_2} = D \frac{A'}{i_2'}.$$

Schon die oben mitgetheilten Beobachtungen zeigen, dass f und φ sich nur wenig unterscheiden.

Es würde aber voreilig sein, hieraus zu schliessen, dass die Polarisation überhaupt klein sei. Vielmehr fand ich mit Hülfe eines Depolarisators bei der schon genannten Röhre XV' für destillirtes Wasser $f=0,187$, $\varphi=0,171$. Die Zeitdauer bis zur Erreichung der grössten Ablenkung war etwa 20 Secunden; als ich ein weit weniger empfindliches Siemens'sches Galvanometer von etwa 7 Secunden Schwingungsdauer benutzte, erhielt ich:

$$f = 0,174, \quad \varphi = 0,163.$$

Der grösste Theil der Polarisation entsteht und verschwindet sehr schnell, denn in 13 Secunden nahm sie nur um 0.013, also ca. $\frac{1}{13}$ des schon nach 7 Secunden erreichten Betrages zu.

Um zu prüfen, ob die benutzte Methode wirklich die electromotorische Kraft liefert, verglich ich dieselbe mit dem Resultate einer Compensationsmethode, welches von jedem Einwurf wegen der Polarisation frei ist.

Ich befestigte die Röhre I (Durchmesser 4,835 mm) direct an der Wasserleitung der Stadt und erhielt:

A	A'	$i_2^1)$	$i_2'^1)$
36.24	45.17	750,9	932,6,

woraus:

$$E = \frac{A}{i_2} = 0,0483 D, \quad \frac{A'}{i_2'} = 0,0484 D.$$

Die Compensationsmethode ergab 0,0490 D.

1) Berechnet aus der Ablenkung bei einer geeigneten Nebenschliessung.

Wenn also schon bei dem geringen Widerstande und der starken Polarisirung des Leitungswassers so gute Resultate erzielt werden, ist dies um so mehr für destillirtes Wasser zu erwarten.

Auf eine durchgängige Anwendung der Compensationsmethode wurde verzichtet, da sie schnellen Aenderungen der electromotorischen Kraft nicht zu folgen erlaubt, und in diesem Punkte dürfte ein Galvanometer mit aperiodischer Nadel auch dem Electrometer überlegen sein. Auch dürfte dieses bei so geringen electromotorischen Kräften wie beim letzten Versuch sich als unanwendbar erweisen.

3. Der Querschnitt der angewendeten Röhren wurde nach der Coulomb'schen Methode bestimmt.

I und II besaßen die Taf. I Fig. 3 dargestellte Form mit 3 angeblasenen Seitenstücken, V, VI, VII (s. Taf. I Fig. 4) hatten einen seitlichen Ansatz und unten bei *b* eine angekittete Verlängerung von Platin von genau demselben Durchmesser wie das Glasrohr. Die übrigen waren einfache Röhren und wurden bei den Versuchen zwischen weitere Stücke mit seitlichen Ansätzen befestigt.

Die Dimensionen waren:

	Querschnitt qmm	Durchmesser mm	Länge mm
I	18,358	4,835	$ab = 165,0$ $bc = 166,0$
II	12,182	3,938	$ab = 108,5$ $bc = 109,0$
V	9,979	3,564	$ab = 153$
VI	—	ca. 2,5	$ab = 97$
VII	4,786	2,469	$ab = 68$
X	2,757	1,874	{ 100,0 49,7
XI			
XII	0,8376	1,033	{ 99,9 49,7
XIII			
XV	4,767	2,464	100,55
XV'	4,757	2,461	149,7
XVI	13,492	4,145	300,15

X und XI sowie XII und XIII waren zusammenstossende Stücke derselben Röhre.

4. Da die Bewegung des Wassers in Röhren eine electromotorische Kraft erzeugt, so schien es von Interesse, zu untersuchen, ob dies auch durch einen freien, ohne einschliessende Wand strömenden Wasserstrahl geschieht.

Sollen auf diese Frage gerichtete Versuche entscheidend sein, so ist eine besondere Aufmerksamkeit auf die Continuität des Wasserstrahles zu verwenden, da ohne eine solche keine Ablenkung des Galvanometers zu Stande kommen kann; zu einer Controle dieses wichtigen Punktes und zugleich zu einer ungefähren Vergleichung des Widerstandes des freien und des durch eine Röhre eingeschlossenen Wasserstrahles gelangt man, wenn man die Ablenkung durch ein Daniell'sches Element misst, von dessen Stromkreis der (freie oder eingeschlossene) Wasserstrahl einen Theil ausmacht.

Zunächst versuchte ich zwei Platindrähte an verschiedenen Stellen in den aus einer Röhre austretenden Wasserstrahl einzusenken. Als ich durch verschiedene Stellung des Wasserhahnes den Strahl einmal möglichst langsam dann mit voller Geschwindigkeit ausströmen liess, erhielt ich keinen Unterschied in der Stellung des Galvanometers. Indessen ist dieser Versuch nicht streng beweisend, da im Falle der schnelleren Strömung nicht der oben erwähnte Controlversuch für die Continuität der Leitung angestellt war.

Dann benutzte ich ein Rohr der in Taf. I Fig. 4 dargestellten Form, doch ohne den unteren Platinansatz. Eine Electrode war bei *a* eingekittet, die andere wurde dicht unterhalb der Oeffnung bei *b* in den austretenden Wasserstrahl eingesenkt.

Als das Wasser unter einem Druck von 782 mm Quecksilber ausströmte, betrug die Ablenkung 52,0 Scalentheile; bei 608 mm Druck 35,5. Jetzt wurde die Glasröhre unterhalb *a* abgeschnitten, während beide Electroden an ihrer Stelle blieben, und nun ergab sich nur eine Ablenkung

von 3,2 Scalentheilen. Ein Daniell (mit Nebenschliessung) erzeugte vor dem Abschneiden der Röhre eine Ablenkung von 19,2 Scalentheilen, nachher bei schnellem Strömen des Wassers von 6,2 Scalentheilen, was in der etwas unregelmässigen Form des Wasserstrahles seine Erklärung findet. Wäre die electromotorische Kraft bei dem freien Wasserstrahl dieselbe, wie oben bei 608 mm Druck, so hätte die Ablenkung betragen müssen $\frac{35,5 \cdot 6,2}{19,2} = 11,5$ Scalentheile, während nur 3,2 beobachtet waren. Diese konnten ebenso gut in dem noch unterhalb a stehen gebliebenen Stück der Röhre ihren Ursprung haben.

Um auch diese Fehlerquelle auszuschliessen, wurde die Röhre VI mit einem angekitteten Platinansatz b versehen, der sich an die innere Röhrenwand so genau anschloss, dass der Wasserstrahl glatt und klar austrat. Verband man die Electrode bei a und den Platinansatz b mit dem Galvanometer, so beobachtete man die Wirkung des in die Röhre eingeschlossenen Wasserstrahls, benutzte man hingegen b und eine in den austretenden Strahl eingesenkte Electrode c (wo zunächst die Entfernung $bc=ab$), so erhielt man die Ablenkung durch den freien Wasserstrahl.

Um auch im zweiten Falle die Versuche von einer kleinen Ungleichheit der Electroden b und c unabhängig zu machen, öffnete ich zuerst den Hahn ein wenig, so dass gerade ein continuirlicher Strahl von b bis c ging. Die hierbei eintretende Ablenkung gegen die Ruhelage wurde notirt und auch die Leitung des Wasserstrahles in und ausser der Röhre verglichen.

Es wurde bei diesen Versuchen auch die Entfernung bc geändert und endlich zur Verringerung der Ungleichheit der Electroden der Wasserstrahl nicht auf die Electrode c direct geleitet, sondern in einer mit Wasser gefüllten Porzellancasserole aufgefangen, in der sich c befand. Das hinzuströmende Wasser floss über den Rand der Casserole in den Porzellaneimer, der auch sonst zum Aufangen des Wassers diente.

Die bei schnellem Strömen mitgerissene und auch mit c in Berührung kommende Luft konnte keine Ablenkung verursacht haben, denn eine solche trat nicht ein, als bei langsam fließendem Wasser (welches keine Luft bis c führte) Luft durch eine Röhre gegen c geblasen wurde. Die Resultate dieser Versuche sind in der auf p. 32 folgenden Zusammenstellung vereinigt.

Hierin ist:

ab und bc die Entfernung der betreffenden Electroden in Millimetern,

A, A' die Ablenkung durch Strömen des Wassers in der Röhre,

i, i' die Ablenkung durch $\frac{1}{2}$ D,

α_1 die Ablenkung bei langsamem Strömen,

A_1 und A_1' die Ablenkung bei schnellem Strömen von der Stellung bei langsamem Strömen ab gerechnet. Wo unter A_1 zwei Zahlen angegeben sind, schwankte die Ablenkung von der ersten zur letzten.

i_1 und i_1' (bei langsamem und schnellem Strömen) sind durch $\frac{1}{2}$ D. erzeugt; nur (32,9) durch $\frac{1}{5}$ D.

Die mit * bezeichneten Versuche sind mit Benutzung der Porzellancasserole angestellt, bc ist hier von b bis zum Wasserspiegel gerechnet. Die zwischen zwei Horizontalstrichen stehenden Versuche sind mit derselben Füllung des Ballons unmittelbar hintereinander gemacht und also vergleichbar.

Vergleicht man i mit i_1 (schnell), so sieht man, dass für den freien Wasserstrahl der Widerstand nur 1,1 bis 1,4mal so gross war als in der Röhre auf einer gleich langen Strecke.

Eine Betrachtung der unter A, A' und A_1, A_1' angegebenen Zahlen zeigt mit Rücksicht auf den eben hervor-gehobenen Umstand, dass der freie Wasserstrahl keine electromotorische Kraft erzeugt, welche der beim Strömen in Röhren entstehenden irgendwie entspräche.

Man kann auf Grund der Regellosigkeit in den Zahlen

Röhre.	ab	Wasserstrom in der Röhre.				bc	Freier Wasserstrahl.				langsam.		schnell.	
		Druck	A	A'	i		Druck	a ₁	A ₁	A ₁ '	t ₁	t ₁ '	t ₁	t ₁ '
VI	97	1114	43,7	43,0	—	97	1101	-1,0	+3,0	+0,4	—	—	—	—
	—	1101	39,7	40,3	26,5	—	bis	-0,5	-0,7; +0,7	—	—	—	17,8	—
	—	—	—	—	—	—	—	-1,4	-0,6; +1,7	-0,7	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	1049	-0,3	-1,8; -0,3	—	—	—	—	—
VI	—	1159	31,2	32,1	24,6	—	1139	-2,1	-1,1; +0,1	—	—	—	17,8	—
	97	1303	60,2	62,1	18,4	135	1281	+0,6	+5,7	+4,2	—	—	+9,5	+9,6
	—	1286	59,7	60,5	18,8	—	bis	—	+5,2	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	1159	—	+5,7	—	—	—	—	—
VII	—	—	—	—	—	—	1164	+1,4	+5,6	—	12,4	12,7	13,6	—
	—	—	—	—	—	—	1115	+10,5	+8,2	—	18,5	19,7	23,5	—
	—	—	—	—	—	+100	1058	-0,7	+1,6	—	11,1	12,8	13,2	—
	—	—	—	—	—	—	1013	-0,7	+0,9	—	12,9	13,2	13,5	—
VII	68	1210	81,7	86,0	26,7	68	1136	+1,2	-0,2; +2,8	—	—	—	19,0	—
	—	1192	80,2	84,8	—	—	1087	0,0	-1,0; +1,4	—	—	—	18,9	—
	—	—	—	—	—	—	1049	-2,6	-0,4	—	—	—	24,4	—
	—	—	—	—	—	20	1149	-5,1	+12,6	+13,4	—	—	—	—
VII	—	—	—	—	—	—	1121	-7,8	+7,4	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	*68	1036	+4,2	+2,4	—	—	—	23,4	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VII	68	—	—	—	—	*20	1065	+6,6	+2,9	—	—	—	(32,9)	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VII	68	1244	86,8	92,5	28,6	*68	1185	+0,6	-0,8; +1,5	—	—	—	22,7	—
	—	1222	88,4	92,1	28,8	*30	1143	-1,0	+5,4	+2,7	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V	140	1060	79,3	84,0	32,3	*90	970	+0,6	-0,5; +2,7	—	—	—	44,5	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	*90	1102	+2,3	-0,2; +2,6	+2,6	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	*30	1006	-6,4	+8,4	+7,4	—	—	—	—

unter A_1 annehmen, dass sie gar nicht durch das Strömen des Wassers direct erzeugt sind, sondern infolge einer Aenderung der Electroden, besonders von c , auftreten. Diese Anschauung wird noch unterstützt durch die Bemerkung, dass da, wo ein grosses A_1 sich zeigt, auch α_1 gross ist, und dass nach der bei † vorgenommenen Vertauschung der Electrode c zugleich mit α_1 auch A_1 auf ein Minimum sank.

Auffällig bleibt freilich, dass bei geringen Entfernungen $b c$ sich ohne Ausnahme ein verhältnissmässig grosses A_1 zeigt.

Die Schwierigkeit dieser ganzen Versuche liegt darin, dass man die Electrode bei b nicht durch Glühen oder mit Säuren reinigen kann, wodurch sie leicht den andern gegenüber ungleichartig wird. Beseitigt man diese Ungleichartigkeit, indem man sie mit c verbunden längere Zeit in dasselbe Wasser taucht, so tritt sie bei den Versuchen sofort wieder hervor.

Jedenfalls zeigen die eben mitgetheilten Beobachtungen, dass die blossе Bewegung des Wassers nicht Ursache der beim Strömen durch Röhren auftretenden electromotorischen Kraft ist.

5. Wenn die Dimensionen des angewendeten Apparates und die Flüssigkeit (sowie ihre Temperatur) gegeben sind, so ist durch den Druck die Geschwindigkeit bestimmt und umgekehrt. Um Beobachtungen, die an demselben Apparate mit derselben Röhre angestellt sind, untereinander vergleichbar zu machen, kann man somit entweder eine Beziehung der electromotorischen Kraft zum Druck oder zur Geschwindigkeit suchen, und nur die grössere Einfachheit des Gesetzes wird darüber entscheiden, ob man den Druck oder die Geschwindigkeit zu Grunde legt.

Die Abhängigkeit von der Geschwindigkeit war keine einfache, hingegen war auch für weite Röhren die Ablenkung (folglich auch die electromotorische Kraft) dem Drucke proportional.

Wie ich vorgreifend bemerke, war es nöthig, die Röhren vor den Beobachtungen schon längere Zeit mit Wasser gefüllt stehen zu lassen; ferner ergab sich die Ablenkung, was bei dem aperiodischen Galvanometer zu erwarten stand, dem im Moment des grössten Ausschlages stattfindenden Drucke proportional.

Im Folgenden haben A und A' die gewöhnliche Bedeutung, p_1 bedeutet den Druck beim Anfang der Beobachtung, p für den Augenblick der grössten Ablenkung, wo der Hahn geschlossen wurde. A und A' berechnet sind unter Annahme der Proportionalität mit dem Drucke p aus dem Mittel hergeleitet.

Röhre XIII (Querschnitt 0,8376 qmm).

p_1	p	A beob.	A ber.	Diff.	A' beob.	A' ber.	Diff.
393	384,5	14,50	14,50	0,00	13,80	14,41	+0,61
525,5	516	19,05	19,45	+0,40	18,85	19,33	+0,48
622,5	612	22,80	23,07	+0,27	22,85	22,93	+0,08
821	807	30,45	30,42	-0,03	30,55	30,24	-0,31
991,5	975,5	36,85	36,78	-0,07	37,00	36,55	-0,45
1265	1259,5	48,05	47,48	-0,57	47,60	47,19	-0,41
				Mittel 0,22			0,39

Röhre VII (Querschnitt 4,786 qmm).

p_1	p	A beob.	A ber.	Diff.	A' beob.	A' ber.	Diff.
1262	1159	69,9	70,44	+0,54	77,8	77,91	+0,11
1159	1072	65,3	65,15	-0,15	72,2	72,06	-0,14
1072	992	60,6	60,28	-0,32	67,0	66,68	-0,32
992	924	56,3	56,16	-0,14	62,0	62,12	+0,12
924	862	52,2	52,38	+0,18	57,8	57,94	+0,14
862	808	49,3	49,10	-0,20	54,4	54,31	-0,09
808	759	46,0	46,12	+0,12	50,8	51,01	+0,21
759	714	43,4	43,39	-0,01	48,1	48,00	-0,10
				0,21			0,15

Die nachstehenden Versuche wurden absichtlich so angestellt, dass der Druck während jedes Versuches (ausser beim ersten) eine sehr starke Aenderung erlitt, um die Proportionalität der Ablenkung mit dem Drucke beim Schlusse der Beobachtung zu constatiren.

Röhre I (Querschnitt 18,358 qmm).

p_1	p	A beob.	A ber.	Diff.	A' beob.	A' ber.	Diff.
1287	1213	57,9	57,65	-0,25	57,9	58,64	+0,74
951	741	35,4	35,22	-0,18	36,6	35,82	-0,78
688	554	26,0	26,33	+0,33	26,4	26,78	+0,36
558	448	21,2	21,29	+0,09	22,0	21,66	-0,34
				0,21			0,55

Die Differenzen betragen im Mittel nur Bruchtheile eines Procentes der ganzen Ablenkung.

6. Um den Einfluss der Entfernung der Electroden auf die electromotorische Kraft zu untersuchen, eignet sich am besten die Methode von Hrn. Edlund, wonach bei einer Röhre mit seitlichen Ansätzen einmal die beiden äusseren Electroden und dann die mittlere mit einer der äusseren combinirt werden.

Es ist hierbei nämlich die Identität der Röhrenwandungen ausreichend garantirt, und es entspricht einem gleichen Drucke eine gleiche Geschwindigkeit, während bei getrennten Röhren, die für die Gültigkeit des Poiseuille'schen Gesetzes nicht lang und eng genug sind, die Reduction auf gleiche Geschwindigkeit erst auf Grund besonderer Hilfsbeobachtungen möglich wird.

Ich beobachtete:

Röhre II.

Electroden.	p	A	A'	i_2^*	$i_2'^*$	E		Mittel	E_{1000}^\dagger
ac	1197	79,9	84,6	109,8	115,5	0,7277	0,7325	0,7301	0,6100
ac	1197	80,0	84,0	110,7	117,3	0,7228	0,7162	0,7195	0,6010
bc	1203	69,6	76,4	193,8	212,7	0,3592	0,3592	0,3592	0,2985
bc	1191	68,2	74,9	193,5	212,4	0,3524	0,3526	0,3525	0,2960
ac	1197	77,7	83,0	111,0	117,3	0,7000	0,7076	0,7038	0,5879
ac	1206	78,2	82,1	111,6	116,7	0,7006	0,7034	0,7020	0,5821

* Die angegebenen Werthe sind das Dreifache der durch $\frac{1}{3}$ Daniell erzeugten Ablenkung. $^\dagger E_{1000}$ ist die auf 1000 mm Druck reducirte electromotorische Kraft.

Während der Beobachtungen fand eine Abnahme der electromotorischen Kraft statt; im Mittel geben die 4 Beobachtungen mit den Electroden ac 0,5952, die mit ab 0,2973. Da $ab = 108,5$, $ac = 217,5$ mm war, so folgt unter Voraussetzung der Proportionalität der electromotorischen Kraft mit der Länge:

$$\frac{0,5952 \cdot 108,5}{217,5} = 0,2969,$$

welcher Werth von dem beobachteten nur um 0,0004 abweicht.

Das Resultat von Hrn. Edlund ist somit bestätigt.

Ferner erhielt ich mit Benutzung der von derselben Glasröhre abgeschnittenen Röhren X und XI, nachdem ich sie einer möglichst gleichmässigen Behandlung unterworfen, unmittelbar nacheinander für dasselbe destillirte Wasser:

	p	E
XI.	1135	0,7065
X.	1239,7	1,1662.

Diese electromotorischen Kräfte sind zunächst auf gleiche Geschwindigkeit zu reduciren. Bei beiden Röhren

wurde für mehrere Werthe von p das ausgeflossene Wasservolumen bestimmt, und daraus der Druck als eine quadratische Function der Geschwindigkeit v dargestellt.

Der zu $v = 10$ Meter/Secunde gehörige Werth des Druckes ergab sich hieraus für XI 751,9 mm, für X 1012,1 mm und die einer Geschwindigkeit von 10 m entsprechende electromotorische Kraft für XI 0,4681, für X 0,9521. Die Längen sind 49,7 resp. 100,0, und:

$$\frac{0,9521 \cdot 49,7}{100,0} = 0,4733$$

was sich von dem für XI beobachteten Werthe um 0,0052, also etwa 1 Procent unterscheidet. Mit einem anderen destillirten Wasser ergab sich die auf $v = 10$ m reducirte electromotorische Kraft für XI 0,7282, für X 1,419. Es ist $\frac{1,419 \cdot 49,7}{100,0} = 0,7055$, also eine Differenz von 0,0227 (ca. 3 Procent) gegen den bei XI beobachteten Werth.

Aehnliche Versuche habe ich auch mit XII und XIII, welche ebenfalls Stücke derselben Röhre waren, gemacht. Für $v = 8$ m war hier bei XII $E = 1,364$, bei XIII $E = 0,6366$. Die Länge war 99,9 resp. 49,7 mm, und $\frac{1,364 \cdot 49,7}{99,9} = 0,6788$ unterscheidet sich von dem beobachteten Werthe um $0,0422 = \text{ca. } 6 \text{ Procent}$.

Berücksichtigt man, dass durch die Reduction auf gleichen Druck eine neue Unsicherheit eingeführt wird, und dass, wie aus dem Folgenden hervorgeht, es auch bei grosser Sorgfalt schwierig ist, der Wand getrennter Röhrenstücke eine identische Beschaffenheit zu ertheilen, so dürfen auch die letzten Versuche als eine Bestätigung der Proportionalität der electromotorischen Kraft für gleiche Geschwindigkeit mit der Länge der Röhre gelten.

7. Versuche, welche den Einfluss der Beschaffenheit der inneren Wand der Röhren auf die electromotorische Kraft darthun sollen, sind so anzustellen, dass jede merklliche Aenderung der angewendeten Flüssigkeit ausge-

geschlossen ist, da eine solche schon an und für sich eine Variation der electromotorischen Kraft zur Folge haben würde. Man muss daher die Versuche dicht hintereinander mit derselben Füllung des Ballons machen, und diese Vorsicht ist bei sämtlichen nachstehend mitgetheilten Beobachtungen gebraucht.

Aus der grossen Anzahl von Beobachtungen, welche auch für weitere Röhren eine Aenderung der electromotorischen Kraft beim Ueberziehen der inneren Röhrenwand mit einer dünnen Schicht und im Laufe der Zeit, wenn die Röhre mit der Flüssigkeit gefüllt bleibt, darthun, theile ich die folgenden mit:

Die Röhre I hatte 4 Tage mit Wasser gefüllt gestanden und ergab für 1000 mm Druck $E = 0,372$ D. Als sie mit Ammoniakflüssigkeit, kalter Schwefelsäure und kaltem Wasser gereinigt war, stieg E auf 0,691 D. und endlich nach Anbringung eines Schellacküberzuges auf 0,703 D.

Dieselben Beobachtungen für Röhre II, welche einen Tag feucht gelegen hatte und dann noch einen Tag mit Wasser gefüllt gewesen war, lieferten 0,445, 0,666, 0,694. Die Aenderung durch einen Schellacküberzug der frisch gereinigten Röhrenwand gegenüber ist also nicht gerade bedeutend und konnte bei meinem früher benutzten weniger empfindlichen Galvanometer¹⁾ nicht mit Sicherheit constatirt werden.

Die Anbringung von Ueberzügen, welche wirklich auch bei schnell strömendem Wasser haften, gelingt nur für wenige Substanzen mit Sicherheit, wenigstens wenn man die Ueberzüge so herstellt, dass man die Röhrenwand mit einer Lösung der betreffenden Substanz benetzt und das Lösungsmittel verdampfen lässt.

Wenn im Laufe der Beobachtungen der Ueberzug fortgerissen wurde, sodass die freie Röhrenwand wieder zum Vorschein kam, änderte sich jedesmal auch die electromotorische Kraft.

1) Pogg. Ann. CLX. p. 71.

So war für einen Collodiumüberzug bei Röhre XV die electromotorische Kraft (reducirt auf $p = 1000$ mm) der Reihe nach 1,287, 1,241, 1,213 und ähnlich für einen Ueberzug von gereinigter Guttapercha bei X 1,374, 1,281, 1,185. In beiden Fällen zeigte eine Besichtigung der Röhre nach den Beobachtungen, dass der Ueberzug nicht mehr vollständig war.

Den bedeutendsten Einfluss auf die electromotorische Kraft hatte aber ein Ueberzug von weissem Wachs aus einer vorher filtrirten Lösung in Benzin hergestellt. Derselbe war so dünn, dass er die Durchsichtigkeit der Röhren fast gar nicht verminderte, trotzdem gab er aber einen sehr merklichen Geruch nach Wachs.

Bei der engen Röhre XII, wo eine Ablenkung von etwa 30 Scalentheilen für die freie Röhrenwand eintrat, konnte ich zunächst gar keine Ablenkung nach Anbringung des Wachsüberzuges bemerken, obwohl die Leitung in Ordnung war. Nach längerem Fließen des Wassers zeigte sich dann ein minimaler Strom im Sinne der Wasserbewegung.

Drei andere Röhren ergaben übereinstimmend zunächst einen der Wasserbewegung entgegengesetzten Strom, der mit jeder späteren Beobachtung geringer wurde und endlich seine Richtung umkehrte.

Dieser letztere Umstand findet wohl eine ausreichende Erklärung in dem Fortwaschen des Ueberzuges durch das strömende Wasser. Das Detail dieser Versuche ist nachstehend angegeben, ein + bedeutet einen mit der Wasserbewegung gleichgerichteten Strom, ein — einen entgegengesetzten.

Dieser Versuch ist insofern interessant, als hier zum ersten Male für Wasser ein Strom gegen die Flüssigkeitsbewegung constatirt ist, während alle bisher mit Röhren und Diaphragmen angestellten Versuche einen Strom in gleichem Sinne ergaben.

Röhre.	p	A	A'	i_2	i_2'	E für $p = 1000.$
XV'	1249	-30,3	-30,0	59,20	59,37	-0,407
	1229	-20,3	-19,9	—	—	-0,276
	1214	-11,7	-11,7	—	—	-0,163
	1194	- 4,6	- 4,9	—	—	-0,067
	1178	minimal	neg.	—	—	—
	1163	+ 0,7	und stieg	—	—	+
X	1279	-18,8	-19,8	51,63	52,03	-0,291
	1268	-11,8	-12,4	—	—	-0,184
	1258	- 6,4	- 6,9	—	—	-0,102
	1247	- 2,0	- 2,3	—	—	-0,033
	?	+ 0,7	und stieg	—	—	+
XVI	1290	-32,2	-33,1	81,77	83,53	-0,306
	1244	-23,5	-24,1	—	—	-0,231
	1206	-16,2	-16,5	—	—	-0,164
	1166	-10,4	-10,7	—	—	-0,110
	1138	- 5,1	- 5,1	—	—	-0,055
	1113	- 1,8	- 1,8	—	—	-0,020
	1094	+ 0,6	+ 0,6	—	—	+

Wenn die Röhren mit ruhendem oder strömendem Wasser gefüllt waren, so trat eine Aenderung der electromotorischen Kraft so schnell ein, dass sie von einer zur anderen Beobachtung, die in wenigen Minuten folgte, sich bemerkbar machte, wie die folgenden Angaben zeigen.

Ich theile gleich die auf 1000 mm reducirte electromotorische Kraft mit; in jeder Versuchsreihe ist für die verschiedenen Röhren Wasser derselben Füllung benutzt.

A. Die Röhren waren mit Ammoniakflüssigkeit, kalter concentrirter Schwefelsäure und kaltem Wasser gereinigt und wurden sofort nach der Reinigung untersucht.

Röhre	XII	X	XV	II	I
E_{1000}	1,228	0,985	0,965	0,555	0,581
	1,208	0,980	0,935	0,547	0,576
	1,201		0,908	0,546	
	1,198		0,887	0,541	

Bei zwei anderen ähnlichen Reihen waren die Aenderungen etwas geringer.

B. Die Röhren wurden mit heisser Schwefelsäure und kaltem Wasser gereinigt und sofort benutzt:

Röhre	XII	X	XV	II	I
E_{1000}	1,288	1,164	0,948	0,710	0,783
	1,222	1,104	0,900	0,686	0,745
	1,179	1,068	0,870	0,672	
	1,149				

Die Abnahme erfolgt hier viel schneller als im vorigen Falle, und diese Beobachtung wurde in mehreren entsprechenden Versuchsreihen ebenfalls gemacht.

C. Die Röhren wurden am Abend wie bei B gereinigt, in dasselbe Gefäss mit Wasser gebracht und am nächsten Tage untersucht.

Röhre	XII	X	XV'	XVI
E_{1000}	0,945	0,756	1,049	0,762
	0,910	0,756	1,011	0,748
	0,886	0,759	0,982	0,736
	0,858	0,760	0,964	0,721

X zeigt hier eine kleine Zunahme der electromotorischen Kraft, abweichend von den anderen Röhren. X hatte ein leicht angreifbares Glas.

D. Unmittelbar nach der vorigen Beobachtungsreihe wurden die Röhren X und XV' mit heisser Schwefelsäure und heissem destillirtem Wasser gereinigt und mit Luft getrocknet, welche nacheinander Schwefelsäure, eine Baumwollenvorlage und eine erhitzte Glasröhre passirt hatte. Das Wasser war von derselben Füllung wie bei C.

Röhre	XV'	X
E_{1000}	1,187	0,366
	1,145	0,388
	1,122	0,404

Während also die electromotorische Kraft von XV' grösser als vorhin ist und abnimmt, ist sie bei X auffallend kleiner und wächst.

Eine ähnliche Beobachtungsreihe mit XII, X und XVI ergab bei XII eine Zunahme von 0,360 bis 0,388, bei X von 0,246 bis 0,418, bei XVI eine Abnahme von 0,629 bis 0,585.

E. Eine Lösung von Schellack in absolutem Alkohol wurde durch die Röhren gegossen, und der Alkohol durch mehrstündiges Hindurchblasen von kalter trockener Luft entfernt.

Röhre	XII	X	XV'	XVI
E_{1000}	1,454	1,428	1,280	0,987
	1,373	1,408	1,269	0,979
	1,340	1,350	1,261	0,977
	1,303	1,173	1,255	0,977
	1,293	1,159	1,245	0,964
	1,255	1,158		

Mehrere ähnliche Versuchsreihen zeigten eine langsamere Abnahme. Dass der Schellacküberzug etwa vom Wasser in merklicher Weise fortgespült sei, ist nicht wahrscheinlich, da er sehr fest haftete und bei der nach den Versuchen vorgenommenen Reinigung der Röhren mit absolutem Alkohol in der ganzen Ausdehnung derselben sichtbar wurde.

Die vorstehenden Versuche zeigen einen bedeutenden Einfluss der Röhrenwand auch für die weiteren Röhren. Es geht aus ihnen zugleich die Schwierigkeit hervor, bei verschiedenen Versuchen eine identische Beschaffenheit der Röhrenwand zu erhalten, sei es, dass man dieselbe oder verschiedene Röhren anwendet.

8. Infolge des eben hervorgehobenen Umstandes erscheint das Resultat von Hrn. Edlund, wonach die electromotorische Kraft dem Querschnitte der Röhren (*ceteris paribus*) umgekehrt proportional sein soll, zweifelhaft, denn es findet sich keine Angabe über die Art der Behandlung der Röhren und ebenso wenig über die Glassorte.

Trotz meiner sehr zahlreichen Versuche ist es mir nicht gelungen, dasselbe je annähernd bestätigt zu sehen, auch nicht bei den Versuchen mit Schellacküberzügen, wo die Identität der Röhrenwandungen für die verschiedenen Röhren noch am ersten vorhanden gewesen sein wird.

Vielmehr machen mir meine Versuche ein Gesetz wahrscheinlich, von dem das von Hrn. Haga für hinreichend enge Capillaren vermuthete¹⁾ ein specieller Fall ist. Da ich meine bisherigen Beobachtungen nicht für ausreichend erachte, verzichte ich auf seine Mittheilung, bis mir weitere Versuche, die ich hoffe bald anstellen zu können, eine Bestätigung oder Widerlegung geliefert haben.

9. Meine Untersuchungen haben also gezeigt:

1) dass die blosse Bewegung des Wassers nicht einen galvanischen Strom hervorbringt, welcher dem beim Strömen durch eine Röhre entstehenden entspricht;

2) dass auch für Röhren, die nicht dem Poiseuille'schen Gesetze genügen, die electromotorische Kraft dem Drucke proportional ist;

3) dass auch für weite Röhren die electromotorische Kraft von der Beschaffenheit der Röhrenwand abhängig ist und sich sowohl im Laufe der Zeit, wenn die Röhre mit Flüssigkeit gefüllt ist, ändert, wie auch durch Anbringung von Ueberzügen auf der inneren Wand.

Hervorzuheben ist, dass die Aenderung mit der Zeit nicht immer im abnehmenden Sinne geschah, und

1) Wied. Ann. II. p. 327.

dass bei einem Ueberzuge von weissem Wachs der galvanische Strom gegen die Bewegung des Wassers ging.

Ferner wurde eine Bestätigung des Satzes erhalten, dass die electromotorische Kraft bei gleicher Geschwindigkeit der Länge der Röhre proportional ist.

10. In eine eingehende Discussion der Ursachen der ganzen Erscheinung einzutreten, halte ich noch für verfrüht, da das experimentelle Material noch zu unvollständig ist.

Indessen ist soviel als feststehend zu erachten, dass die Flüssigkeitsbewegung an sich keinen merklichen Theil der beobachteten electromotorischen Kraft erzeugt, und dass somit die Erklärung, welche Hr. Edlund auf Grund seiner unitarischen Theorie¹⁾ gibt, nicht haltbar ist.

Andererseits ist der Einfluss der Röhrenwand unzweifelhaft und es liegt nahe, mit Hrn. Clark²⁾ den Sitz der electromotorischen Kraft an die Grenzfläche von Flüssigkeit und fester Röhrenwand zu verlegen. Fraglich bleibt noch, ob man dieselbe durch die Reibung oder eine Contactwirkung erzeugt denken soll. Die letztere Annahme würde sich der Erklärung anschliessen, welche Herr Quincke³⁾ von der reciproken Erscheinung, nämlich der Fortführung von Flüssigkeiten durch den electrischen Strom und der Bewegung suspendirter Theilchen unter seinem Einfluss gibt.

Breslau, den 28. Juni 1878.

1) Wied. Ann. I. p. 194.

2) Wied. Ann. II. p. 346.

3) Pogg. Ann. CXIII. p. 583 ff.

