in der Flüssigkeit zwischen die Drähte gebracht, während des Durchgangs der Ströme eine desto höhere Temperatur anzeigt als die des Wärme-Galvanometers niedriger ist. So stieg dieses Thermometer um 1° , wenn das Wärme-Galvanometer 32° zeigte, um $0^{\circ},6$, wenn es 45° zeigte, und um $0^{\circ},4$, wenn es auf 50° stand.

Ich verweile für jetzt nicht bei der merkwürdigen Verschiedenheit, welche die Kadmiumdrähte im Vergleich mit den Zinkdrähten darbieten, noch bei den Folgerungen, die man in chemischer Hinsicht aus den erwähnten Versuchen ziehen kann. Später werde ich auf beide Punkte zurückkommen. Ich begnüge mich zu bemerken, daß das angewandte Zink käufliches war, und daß daher die große Gasmenge, welche dasselbe, selbst ohne Durchleitung der magneto-elektrischen Ströme, gab, nicht auffallen kann.

II. *Ueber den Einfluß der Zwischenplatten in der galvanischen Kette; von H. Buff.*

Henrici in seiner kritischen Arbeit »zur Galvanometrie« schließt mit den Worten: »Die Zwischenplatten wirken in zwiefacher Weise auf den elektrischen Strom der Säule zuerst durch Verursachung eines namhaften Uebergangswiderstandes, und sodann durch Erzeugung eines secundären, dem primären entgegengesetzten Stromes. Es wäre unstreitig sehr erwünscht, wenn Mittel aufgefunden würden, diese beiden Wirkungen isolirt darzustellen; denn so lange dieses nicht geschehen ist, müssen Versuche der fraglichen Art (nämlich über den Einfluß der Zwischenplatten) offenbar unfruchtbar bleiben.« Diese Worte, in Poggendorff's Annalen ohne weitere Bemerkung aufgenommen, lassen allerdings vernuthen, daß

die bisherigen Bestrebungen der Naturforscher über diesen interessanten Gegenstand Licht zu verbreiten, durch Schwierigkeiten eigenthümlicher Art vereitelt worden sind, und dafs die Frage selbst bis jetzt unbeantwortet geblieben ist.

Da nun das Verhalten der Zwischenplatten, so weit ich mich darüber theils aus den Arbeiten anderer Schriftsteller, theils durch eigene Erfahrungen zu unterrichten vermochte, besondere Verwicklungen in der That nicht darzubieten scheint, so erlaube ich mir, meine Vorstellungen, die, seit dem Erscheinen meiner früheren Arbeit über dieselbe Frage, wohl erweitert und mehr geordnet worden, in der Hauptsache aber ungeändert geblieben sind, hier mitzuthemen, wiewohl ich weit entfernt bin zu glauben, dafs sie für Jedermann etwas Neues enthalten.

Mein Zweck ist nämlich zu zeigen, dafs das Verhalten der Zwischenplatten sich mit dem der Hydro-Kette im Allgemeinen in ganz befriedigenden Zusammenhang bringen läfst; oder dafs die Zwischenplatten der Untersuchung nichts darbieten, was sich nicht in ähnlicher Weise wiederfindet, wo die Elektrizität genöthigt ist aus einem Metalle in eine Flüssigkeit und im Allgemeinen in einen schlechteren Leiter überzugehen.

Wenn man einer beliebig zusammengesetzten hydroelektrischen Kette eine indifferente Zelle einschiebt, so bemerkt man bekanntlich sogleich eine Verminderung des Stroms. Eine zweite, dritte Zelle ähnlicher Art u. s. w. fahen fort den Strom zu schwächen, wiewohl in abnehmendem Grade. Diese Abnahmen richten sich nun nach einem bestimmten Gesetze, in der Weise, dafs wenn das Verhältnifs des Widerstandes nur für eine einzige Zelle gefunden ist, und sobald man von dem Gesichtspunkte ausgeht, dafs jede eingeschaltete Zelle von gleicher Art einen gleichen Antheil von der vorhandenen bewegenden Kraft in Anspruch nimmt, die unmittelbar nach der Schlie-

fsung beobachteten Mengen der Ströme sich einer ziemlich scharfen Controle unterwerfen lassen.

Sollten hinsichtlich dieses Punktes überhaupt noch Zweifel herrschen, so dürften die folgenden Versuche zur vollständigen Hebung derselben geeignet seyn.

Bei diesen Versuchen dienten Kupfer- und amalgamirte Zinkstreifen von 4 Par. Lin. Breite, die bei je 6 bis 7 Linien Abstand, 10 bis 11 Lin. tief in die Flüssigkeit eintauchten. Die Ströme wurden mittelst eines Galvanometers von Gourjon gemessen, das sehr genau gearbeitet ist, und bei welchem bis auf 20° hin die Bogen der Stromstärke proportional sind.

In der zweiten Versuchsreihe kommen indessen stärkere Ablenkungen vor. Um auch diese unter einander vergleichbar zu machen, wurde nach Beendigung dieser Reihe von Beobachtungen die Empfindlichkeit der Multiplicatornadel durch geeignetes Annähern eines Magnets vermindert, sodann ein Theil der Versuche wiederholt. Die durch dieses Hülfsmittel erhaltenen Ablenkungen der Columnne *b* gewährten, da sie mit den entsprechenden Zahlen der Columnne *a* genau gleiche Stromstärken bezeichnen, ein bequemes Mittel, um die in der Columnne *c* enthaltenen vergleichbaren Wirkungen zu berechnen.

Die Flüssigkeiten in den Zwischenzellen befanden sich stets zwischen Kupferstreifen.

1.

Wirkungszellen reines Wasser.	Zwischenzellen	Ablenkung	
		beobachtet.	berechnet.
1	1	5,1	5,2
1	2	3,2	3,3
1	3	2,3	2,4
2	1	7,5	7,3
2	2	5,1	5,2
2	3	3,5	4,0
3	1	8,5	8,4

Wirkungszellen reines Wasser.	Zwischenzellen	Ablenkung	
		beobachtet.	berechnet.
3	2	6,5	6,4
3	3	5,0	5,2
4	3	6,3	6,1
5	3	7,0	6,7
Ohne Zwischenzellen		12,2	12,2

2.

Wirkungszellen, verdünnte Schwefel- säure.	Zwischen- zellen, reines Wasser.	Ablenkungen		Relative Kraft des Stromes	
		a.	b.	c.	berech- net.
1	1	12,5	3,95	12,5	12
1	2	6	—	6	6
1	3	4	—	4	4
2	1	22,8	7,8	23,8	23,7
2	2	11,5	—	11,5	12
3	1	32	11,2	34,2	35,2
3	3	11,4	—	11,4	12
4	1	40,8	15	45,8	46,4
4	2	22,2	7,4	22,6	23,7
4	3	15	4,9	15	15,9
5	1	48	19	58	57,5
5	2	28	9,3	28,4	29,5
5	3	19	6,3	19	19,8
9	3	33	—	35,2	35,2
10	1	72	36	121	109
10	2	49	18,6	57	57,5
10	3	36	13	39,6	39
Ohne Zwischenzellen					1104

3.

Wirkungszellen, Wasser.	Zwischenzellen, stark verdünnte Salpetersäure.	Ablenkungen	
		beobachtet.	berechnet.
1	1	18,2	18,3
1	2	18	17
1	3	16	15,8
2	1	19	19,1
2	2	18,5	18,3
Ohne Zwischenplatten		20	20

Die Werthe der letzten Columne sind mittelst der Formel $S = \frac{A}{L} \cdot \frac{n}{n + m\alpha}$ bestimmt worden, indem für $\frac{A}{L}$ die ohne Zwischenzelle gefundene Stromstärke, für n die Zahl der wirksamen Paare, für m die Anzahl Zwischenzellen und für α (das Verhältniß des Widerstandes einer Zwischenplatte zu dem einer Wirkungszone) eine aus den Versuchen abgeleitete Constante gesetzt wurde. Aus der ersten Versuchsreihe wurde $\alpha = 1,35$, aus der zweiten $\alpha = 91$ und aus der dritten $\alpha = 0,09$ gefunden.

Der Werth von α ändert sehr merklich, sowohl mit der Beschaffenheit der Flüssigkeit in den Zwischenzellen, wie mit der Materie der Zwischenplatten. Befand sich z. B. in den Wirkungszone Wasser von möglichster Reinheit, so war, wenn die Zwischenzellen von derselben Flüssigkeit enthielten, $\alpha = 1,4$.

War die Flüssigkeit in den Zwischenzellen schon gebraucht, d. h. hatte man die Metallstreifen schon öfter eingesenkt und wieder herausgenommen, so sank das Widerstandsverhältniß bis zu $\alpha = 1$. Durch Zusatz eines Tropfens Kochsalzlösung wurde $\alpha = 0,23$. Ein einziger Tropfen Salpetersäure verminderte diesen Werth in $\alpha = 0,14$.

Brachte man, statt der Kupferstreifen, Zinkstreifen in das reine Wasser, so wurde $\alpha = 0,7$.

Endlich Platinstreifen, statt der Kupferstreifen, gaben $\alpha = 2$.

Dieser relative Widerstand jeder Zwischenzelle einmal festgestellt, läßt sich also die Stromstärke für eine übrigens beliebige Zusammensetzung der Kette im Voraus berechnen, oder die Zwischenzellen werden hierdurch ganz in die Klasse der schlechten Leiter zurückgeführt.

Was nun aber die Ursache ist von dieser so veränderlichen Leitfähigkeit, oder von der wechselnden Größe des Werthes α ; warum chemisch kaum wahrnehmbare Aenderungen der Flüssigkeit, schon sehr bemerkbare Ver-

schiedenheiten dieses Coëfficienten bewirken; warum die Natur des Metalls, womit die Flüssigkeit in Berührung steht, eine nicht unwesentliche Rolle dabei spielt; warum überhaupt Metallstreifen, in einer galvanischen Kette als Zwischenplatte eingeschoben, den Strom so beträchtlich aufhalten. Ueber alle diese Fragen kann man von dem Ohm'schen Gesetz keinen Aufschluss erwarten, weil sie Beziehungen berühren, welche in den Grundlagen desselben gar nicht vorausgesehen sind.

Eine auf richtige Beobachtungen gegründete Beantwortung dieser Fragen kann daher vielleicht geeignet seyn das Ohm'sche Gesetz zu erweitern, aber in keinem Falle, wie sie auch ausfallen mag, damit unverträglich seyn.

Mehrere Physiker haben versucht den Einfluss der Zwischenplatten auf die Schwächung der Ströme aus den besonderen Beziehungen des flüssigen zu dem metallischen Leiter entweder ganz oder doch theilweise abzuleiten.

Man hat ausgemittelt, dafs an jeder Metallplatte, die ein Glied einer geschlossenen Hydro-Kette bildet, da wo sie mit einer Flüssigkeit in Berührung kommt, worauf sie keine sehr kräftige chemische Action ausübt, eine elektromotorische Thätigkeit in entgegengesetztem Sinne des Stroms oder ein Widerstand entsteht, der, obschon im Augenblick des Schließens der Kette noch nicht vorhanden, doch schon nach sehr kurzer Zeit bemerkbar wird, mit der Dauer des Stroms zunimmt und endlich ein gewisses Maximum erreicht.

Ein solcher Widerstand (Polarisation) findet sich nun auch an beiden Kupferwänden der indifferenten, mit Wasser gefüllten Zelle. An beiden ist er deutlich wahrnehmbar, jedoch an der dem Zink der wirksamen Zellen correspondirenden Kupferfläche der unwirksamen Zelle bei weitem am geringsten, weil hier eine nachweisbare chemische Action eintritt. Das Kupfer oxydirt sich näm-

lich allmählig auf Kosten des im Wasser vertheilten Sauerstoffs. Platinplatten in der Zwischenzelle werden stärker als Kupferplatten, und zwar beide fast gleich stark, Zinkplatten dagegen weit weniger polarisirt. Wenn man drei Gefäße mit reinem Wasser, die je ein Paar Zwischenplatten aus diesen drei verschiedenen Metallen enthalten, nach einander einer elektrischen Säule von zehn Wirkungspaaren mit Schwefelsäure so lange einschloß, bis die Nadel eine feste Stellung angenommen, also die Polarisation ihr Maximum erreicht hatte, so erhielt man von den beiden Zinkplatten der Zwischenzelle einen Gegenstrom von $2^{\circ},5$, von den beiden Kupferplatten von 5° und unter gleichen Umständen von den Platinplatten von 15° .

Aber auch die Beschaffenheit der Flüssigkeit zeigt einen großen Einfluß auf die Stärke der Polarisation. Um einen Ueberblick, wenn auch gerade keine ganz genaue Vergleichung der Polarisationsfähigkeit der Kupferplatten in den verschiedenen Flüssigkeiten zu gewinnen, wurde folgender Weg eingeschlagen. Zwei Gefäße mit Kupferplatten, von ganz gleicher Beschaffenheit, wurden, das eine (*a*) mit destillirtem Wasser, das andere (*b*) z. B. mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt. Hierauf wurde *a* einer galvanischen Kette so lange eingeschlossen, bis die Polarisation sich nicht weiter vermehrte. Die Zelle *a* mit den polarisirten Platten verhielt sich nun, wenigstens für eine kurze Zeit, wie ein selbstthätiges Paar, und mußte folglich fähig seyn, je nach der Größe der secundär hervorgerufenen Tension an der Oberfläche der Platten einen Strom von bestimmter Stärke durch die andere indifferente Zelle (*b*) zu treiben. Er betrug in dem angegebenen Falle $11^{\circ},2$. Beide Gefäße wurden dann verwechselt, d. h. die Platten in der Schwefelsäure wurden polarisirt und der erzeugte Gegenstrom nachher durch die Wasserzelle getrieben. Jetzt zeigte sich eine Ablenkung von nur 5° , die nicht gesteigert werden konnte

so lange auch die Zelle *b* als Glied der wirksamen galvanischen Kette erhalten werden mochte. Kupferplatten in verdünnter Salpetersäure konnten unter ähnlichen Umständen nur bis zu $0^{\circ},5$ polarisirt werden. Verglich man aber auf dieselbe Weise das reine Wasser mit solchen, worin eine geringe Menge Kochsalz gelöst war, so trat das Uebergewicht der Polarisation im Verhältniß von 17 : 14 auf Seite der in die Salzlösung tauchenden Kupferplatten.

Die meisten dieser verschiedenen Thatsachen können wohl zur Vermuthung führen, daß der Widerstand der Zwischenplatten wesentlich von der Polarisation herührt. Gleichwohl ist dies nicht der Fall, wie aus den folgenden Umständen hervorgeht.

1) Wenn man die Flüssigkeit eines galvanischen Paares durch eine oder mehrere Zwischenplatten unterbricht, so deutet die Bewegung der Nadel gleich von Anfang auf eine auffallende Verminderung der bewegenden Kraft, ungeachtet doch Polarisation im Augenblicke des Schließens noch gar nicht vorhanden ist, und überhaupt während der kurzen Dauer einer Beobachtung in der Regel so wenig beträchtlich wird, daß sie nur mit Hülfe eines sehr empfindlichen Galvanometers wahrgenommen werden kann. Gleichwohl raubt die Zwischenplatte, unter Voraussetzung von übrigens ganz gleichen Verhältnissen, dem Strome 30 bis 80 Proc. seiner Kraft.

2) In zwei Gefäße, die beide Wasser enthalten, stelle man in das eine ein Zink-Kupferpaar, in das andere ein Paar Kupferplatten. Man bestimme sodann das relative Verhältniß des Widerstandes oder den früher mit α bezeichneten Werth einmal aus den unmittelbar nach dem Schließen beobachteten Ablenkungen, dann aus den Ablenkungen nach eingetretener fester Stellung der Nadel, d. h. also unter Umständen, wobei der Einfluß der Polarisation sein Maximum erreicht hat. Man wird in beiden Fällen ein gleiches Resultat erhalten.

3) Endlich findet man, daß etwas Kochsalz zu dem Wasser der Zwischenzelle gebracht, sogleich die Circulation des Stromes befördert und dennoch eine Vermehrung der Polarisation bewirkt.

Ich betrachte diese Bemerkungen nicht als Beweise, daß die Metallpolarisirung auf die *Größe* des Widerstandes, welchen Zwischenplatten in der elektrischen Kette verursachen, überhaupt ohne Einfluß sey; ich wollte nur darthun, daß dieser Einfluß bei der Frage, um deren Lösung es sich hier handelt, von untergeordneter Bedeutung ist. Zugleich glaube ich hierdurch einen Vorwurf widerlegt zu haben, den Henrici meiner früheren Arbeit gemacht hat: daß nämlich meine Ansichten über den die Stromkraft hemmenden Einfluß der Zwischenplatten mit den neueren Erfahrungen über das Wesen der Metallpolarisirung nicht bestehen könnten.

Wenn nun auch der Widerstand der Zwischenplatten mit dem Wesen der Metallpolarisirung in keiner unmittelbaren Beziehung steht, so ist es doch darum nicht weniger gewiß, daß dieselbe Ursache, von welcher die Veränderungen, so wie die Stärke des letzteren grosten theils abhängen, nämlich die chemische Action zwischen Metall und Flüssigkeit, so wie die größere oder geringere Zersetzlichkeit der letzteren auch auf das Verhalten der Zwischenplatten einen ganz bedeutenden Einfluß ausübt.

Da es indessen ein längst über jeden Zweifel erhobenes Erfahrungsgesetz ist, daß die Leichtigkeit einer Flüssigkeit, die Elektrizität durchzulassen (oder, wie man sich gewöhnlich ausdrückt, ihr Leitungsvermögen) mit dem Grade ihrer Zersetzlichkeit und mit der Stärke ihrer Einwirkung auf die Metallplatten gleichen Schritt hält, so könnte nur darin etwas Auffallendes liegen, wenn man ein solches Verhalten bei den Flüssigkeiten der indifferenten Zellen nicht wiederfände. Es ließe sich demnach voraussehen, daß Zinkplatten statt der Kupferplat-

ten in die neutrale Zelle gestellt, den Strom weniger aufhalten werden, als diese, oder dafs eine leichter zersetzliche Substanz, dem Wasser beigemischt, einen ähnlichen Effect herbeiführen mufs. Mit einem Worte, *es ist eine nothwendige Folge des im Allgemeinen beobachteten Verhaltens der Bestandtheile einer Hydro-Kette, dafs Zwischenzellen den Strom um so weniger aufhalten, je mehr sie, sobald die Richtung der Bewegung einmal gegeben ist, nunmehr selbst fähig sind, eine thätige Rolle zu übernehmen.*

Wenn nun hierdurch begreiflich wird, warum verschiedenartig zusammengesetzte Zwischenzellen, Ströme von gleicher Intensität nicht gleich stark aufhalten, so erklärt sich doch hieraus noch nicht, warum überhaupt eine jede Metallplatte, wodurch man den unmittelbaren Zusammenhang ein und derselben flüssigen Strecke unterbricht, eine Veranlassung wird zur Verminderung der Menge bewegter Elektrizität; oder warum der Strom, so oft er aus einer Metallplatte in eine Flüssigkeit übertreten mufs, ganz augenscheinlich einen Widerstand des Uebergangs erfährt; einen Widerstand, der schon vor der Polarisirung vorhanden ist, und sich unabhängig von dieser beobachten läfst.

Dafs man indessen in dem Daseyn dieses Widerstandes hin und wieder etwas Befremdendes gefunden hat, diefs rührt, wenn ich nicht irre, nur daher, weil man den zur Ueberwindung des Leitungswiderstandes einer Materie erforderlichen Theil der Betriebskraft, mit demjenigen Antheil vermischte, der nothwendig ist, um der Elektrizität Geschwindigkeit zu ertheilen. Bei den Metallen, diesen so vollkommenen Leitern, oder diesen verhältnifsmäfsig so überaus weiten Kanälen für die fließende Elektrizität, ist ein solches Versehen freilich ohne grofse Bedeutung. Dagegen bei der Bewegung der Elektrizität durch Flüssigkeiten, erlangt die zur Hervorbringung von Geschwindigkeit nöthige Kraft eine schon bemerkbare

Gröfse

Größe, und muß deshalb von dem für den Widerstand in der Flüssigkeit selbst (gleichsam für die Reibung) verwendeten Theile der Kraft bestimmt unterschieden werden.

Ich denke mir dieses Verhalten ähnlich wie wenn eine tropfbare oder elastische Flüssigkeit aus einem sehr weiten Behälter durch ein Rohr abgeführt werden soll. Je enger dieses ist, um so mehr Druck muß angewendet werden, um eine bestimmte Menge Flüssigkeit hindurchzutreiben, und zwar ganz unabhängig von demjenigen Drucke, welcher außerdem noch durch den Widerstand an den Wänden des Rohrs verzehrt wird.

Unterbricht man das Rohr, ohne übrigens seine Länge zu verändern, an verschiedenen Punkten durch weite Behälter, so kommt die Flüssigkeit, so oft sie aus einer der Röhrenabtheilungen in ein Behälter übergeht, beinahe zur Ruhe. Der für die Geschwindigkeit im Rohr erforderliche Theil der Betriebskraft muß daher beim jedesmaligen Eintritt der Flüssigkeit aus einem der Behälter in eine Röhrenabtheilung von Neuem verwendet werden.

Während also für die Bedingung einer gleichbleibenden Ausflußmenge der Leitungswiderstand im Rohr unverändert bleibt, erheischt dennoch ein jeder neu, eingeschobene weite Behälter, eine neue Vermehrung der Betriebskraft.

Eine ähnliche Vorstellung bilde ich mir von dem Einflusse der indifferenten Zellen. Durch die Metallplatte bewegt sich die Elektrizität relativ langsam; soll nun aber dieselbe Menge auch durch die (gleichsam viel engeren) Leitungskanäle einer Flüssigkeit dringen, so kann die hierzu nothwendige größere Geschwindigkeit nur durch Aufwand von Kraft (Tension) hervorgebracht werden. Dieser Aufwand wiederholt sich nun in jeder folgenden Metallplatte, und dadurch erklärt sich das allerdings beim ersten Anblick sonderbare Resultat, daß jede Unterbrechung eines unvollkommenen Leiters durch Dazwischen-

kunft eines besseren Leiters, den Strom nicht fördert, sondern schwächt.

IV. *Rotation des Lichtstroms zwischen den Polen einer Volta'schen Batterie.*

In den kürzlich erschienenen *Transactions of the London electrical Society, from 1837 to 1840*, findet sich unter andern die ausführliche Beschreibung der Versuche, welche Hr. Ch. V. Walker mit einer mächtigen Daniell'schen Batterie angestellt hat, und von denen schon früher in den *Annalen* (Bd. XXXXVII S. 123) gelegentlich eine kurze Notiz mitgetheilt wurde. Die Batterie bestand aus 160 Zellen von bedeutenden Dimensionen (jede enthielt etwa zwei Pfund Zink), und war geladen mit gesättigten Lösungen einerseits von Kochsalz und andererseits von Kupfervitriol (von welcher jede Zelle eine Viertel-Pinte faßte). Die Flüssigkeiten waren durch braunes Packpapier getrennt. Sonst bot die Construction nichts Eigenthümliches dar. — Mit dieser Batterie machte Hr. W. unter andern folgenden Versuch. Er drückte den negativen Poldraht fest auf das Nordende eines sehr starken Hufmagneten (Fig. 13 Taf. II) und näherte nun demselben den positiven Draht bis zur Schlagweite. Augenblicklich erschien eine glänzende circulare Flamme, die sich von links nach rechts, wie der Zeiger einer Uhr, drehte. Vertauschte er den Südpol gegen den Nordpol, so rotirte die Flamme in umgekehrter Richtung. Das Resultat war vorausszusehen, ist aber dennoch interessant.