Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

SITZUNG VOM 18. JUNI 1857.

Eingesendete Abhandlungen.

Beobachtungen über zwei sich gleichzeitig entladende Batterien.

Von **K. W. Knochenhauer.**

Eine aus mehreren Flaschen gebildete Batterie kann man auch als eine Batterie ansehen, welche aus mehreren einzelnen Batterien zusammengesetzt ist. Die Verbindungsdräthe dieser einzelnen Batterien hat man bis jetzt nur kurz und aus starkem, gut leitendem Metalle gemacht, und somit nur auf dem gemeinsamen Schliessungsdrathe die Wirkungen untersucht, welche diese Batterien zusammen bei ihrer gleichzeitigen Entladung hervorbringen; ein nicht hierher gehöriger Umstand hat mich indess veranlasst, auch die Ströme in den Verbindungsdräthen zu messen, und ich erlaube mir meine Beobachtungen mitzutheilen, die, ohne Zweifel manches Beachtenswerthe für die Theorie der elektrischen Ströme darbieten. Ich habe meine Beobachtungen der Einfachheit wegen auf zwei Batterien beschränkt, und werde daher die Discussion nicht über diesen speciellen Fall ausdehnen.

Wir wollen zunächst sehen, was wir nach der jetzt allgemein angenommenen Theorie zu erwarten haben, da eine solche Voruntersuchung jedenfalls ein treffliches Mittel gewährt, den Umfang und die Solidität des bis jetzt gelegten Grundes zu prüfen. Es seien also, um den einfachsten Fall zu wählen, von zwei gleich grossen Batterien die äussern Belegungen durch starkes, zu dem Erdboden ableitend verbundenes Metall, die innern Belegungen dagegen durch einen

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

längern Drath mit einander vereinigt; an die Mitte dieses Drathes schliesse sich die eine Kugel des Ausladers und von der andern, die in beliebiger Distanz eingestellt ist, gehe der gemeinsame Schliessungsdrath bis zur äussern Belegung. Ladet man vom Conductor aus eine dieser Batterien, so wird auch die andere gleich stark geladen, und wir haben bei der über die Kugeln des Ausladers erfolgenden Entladung in dem gemeinsamen Schliessungsdrathe (dem Stamme) die gemeinsame Wirkung beider Batterien, wie sie bisher untersucht worden ist, daneben aber in den beiden zunächst gleich langen und gleich gut leitenden Dräthen (den Batteriedräthen) die Gelegenheit erlangt, auch die hierin von jeder einzelnen Batterie kommenden Ströme zu messen. Die jetzt giltige Theorie gibt nun, vorausgesetzt dass der Widerstand im Stamme und in den Batteriedräthen unverändert bleibt, die Wärmeentwickelung im Stamme als von $\frac{q^2}{s}$ abhängig an, worin q die der ganzen Batterie zugeleitete Elektricitätsmenge und s die Grösse der belegten Fläche (die Zahl der gleichen Flaschen) bedeutet. Da hier die Batterie in zwei unter einander gleiche Batterien zerlegt ist, so erhält jede $\frac{q}{2}$ Elektricität und die belegte Fläche in jeder ist $= \frac{s}{2}$; es scheint mir also als nothwendig zu folgen, dass in jedem Batteriedrathe die in gleichen Thermometern erzeugte Wärme die Hälfte von der im Stamme sein werde, und dass wir somit hier den ersten Fall hätten, wo zwei gleich starke Ströme mit einander zusammentreffend nur die doppelte Wärme hervorbrächten, statt der vierfachen, die alle andern derartigen Beobachtungen bisher geliefert haben. Sollte etwa die Theorie noch ein anderes Resultat zulassen, so wäre jedenfalls die Wärmeformel $\frac{q^2}{s}$ nicht zweckmässig gewählt, da sie ausser den Grössen q und s keine Bezeichnung enthält, woran das Resultat sich anknüpfen liesse. — Fügen wir hiernach in einen der beiden Batteriedräthe einen schlechter leitenden Drath ein, so wird die eine Batterie sich schneller, die andere sich langsamer entladen, sofern nämlich jede für sich allein zur Entladung käme; da aber beide mit einander verbunden sind, so entsteht die schwierige Frage, wie beide zusammen ihre Entladung bewirken. Ich nenne diese Frage eine schwierige, weil die jetzt herrschende Theorie für dergleichen Fälle noch zu wenig oder vielmehr noch gar nicht ausgebildet ist, und es daher schwierig ist, nach ihr das

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Resultat im voraus aufzustellen, ohne den Vorwurf besorgen zu müssen, man habe den jetzigen Ansichten etwas ihnen nicht Zugehöriges absichtlich beigelegt, um desto bequemer das Irrthümliche derselben nachzuweisen. Ich glaube indess, der hier vorliegende Fall werde wohl allgemein nahe so angesehen werden als der, wo zwei gleich grosse und anfänglich gleich hoch mit Wasser (einem Fluidum) gefüllte Behälter durch eine gemeinsame horizontale Röhrenleitung ausfliessen, von denen jedoch der eine durch eine weitere, der andere durch eine engere Röhre mit dem gemeinsamen Ableitungsrohr verbunden ist. Hier würde zunächst der erste Behälter stark, der andere langsam strömen, bis sich in jenem die Druckhöhe um so viel vermindert hätte, als welche bei diesem zur Überwindung des grössern Widerstandes erfordert wird; darauf würden beide gleich langsam fortströmen, weil der Druck vom zweiten Behälter auf den ersten zurückwirkt und den sonst schnellern Ausfluss aus ihm zurückhält. Dies auf die Batterien übertragen, werden wir in dem Drathe der weniger gehemmten Batterie gegen den Schluss der Entladung eine bestimmte Verzögerung des Stromes im Vergleiche zu dem Falle erwarten dürfen, wo beide Batterien sich einzeln über den Schliessungsdrath entladen; indess wird diese Verzögerung sicher nie dahin führen können, die Wärmewirkung beider Ströme gleich gross zu machen, es wird vielmehr immer das Resultat hervorgehen, dass die Wärmeentwicklung in den Batteriedräthen ungleich bleibt, grösser in dem, welcher besser, kleiner in dem, welcher schlechter leitet. Eine Abänderung der Verhältnisse, herbeigeführt durch die Annahme, dass die eine Batterie noch nachträglich durch die anderen geladen werde, könnte nur in dem Falle eintreten, wenn die eine Batterie in ihrer Entladung so verlangsamt würde, dass die zwischen den Kugeln des Ausladers zersprengte Luft schon eher wieder zusammenschlüge, bevor die zu langsam strömende Elektricität der gehemmten Batterie herangekommen wäre; dann würde aber diese Elektricität sich über beide Batterien verbreiten, und beide würden noch die Hälfte der zur Ladung verwandten Elektricität enthalten, ohne das diese als eine in ihrer freien Spannung zu schwache noch weiter über den Auslader davongehen könnte. Diesen extremen Fall ausgenommen, kann offenbar während der Entladung keine der beiden Batterien Elektricität von der andern empfangen, da jeder Andrang neuer Elektricität nichts anders bewirken würde, als die in der

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Batterie noch befindliche zurück zu halten, d. h. die weitere Entladung dieser Batterie zu verzögern; denn eben so wenig wie bei den eben angeführten Behältern während des Ausflusses das Niveau in dem einen wieder steigt (den Fall ausgenommen, dass man die gemeinsame Ausflussöffnung verstopft), eben so wenig kann sich auch hier eine Batterie unter Einwirkung der andern bei gestatteter freier Entladung wiederum stärker laden. Doch selbst wenn eine solche erneuerte Ladung möglich wäre, würde das vorher aufgestellte allgemeine Resultat, nämlich dass diejenige Batterie, deren Drath den geringern Widerstand bietet, anfänglich stärker strömt und somit mehr Wärme entwickelt als die andere, nur um so sicherer gelten, da jedenfalls nur die erste Batterie, als die sich zuerst entladende, eine erneuerte Ladung, also ein Übergewicht an Stromstärke erlangen könnte. — Machen wir endlich die Batteriedräthe, ohne ihren Widerstand wesentlich zu ändern, ungleich lang, so entsteht uns die neue Frage, ob hierdurch die Strömungen in beiden Dräthen eine Änderung erfahren. Die jetzige Theorie hat auf die Länge der Dräthe noch kein besonderes Gewicht gelegt, nur bei der Stromtheilung sollen die längern Dräthe Veranlassung zu Nebenströmen geben, welche die wahre Stromtheilung verdecken. Wenn gleich ich mich schon mehrfach dahin ausgesprochen habe, dass keine Thatsachen das Vorhandensein von Nebenströmen bei der Stromtheilung beweisen, so mögen sie immerhin bei derselben bestehen, weil die jetzige Theorie sie in sich aufgenommen hat; allein trotz dieser Annahme dürften doch in dem vorliegenden Falle dergleichen Nebenströme wohl kaum zur Aushilfe herbeigezogen werden, weil kein geschlossener Drathring vorhanden ist, der zu ihrem Entstehen gefordert wird. Wollte man indess die Verbindung durch die Batterien als geschlossenen Ring ansehen, so liegt es dann wenigstens in dem Wesen derartiger Nebenströme, wie dies von ihren Beschützern bisher allgemein behauptet worden ist, dass sie den Strom, durch welchen und neben welchem sie fliessen, in seinem Laufe hemmen. Lassen wir hier also Nebenströme zu, so würde der Strom derjenigen Batterie, deren Drath Veranlassung zu Nebenströmen gibt, verlangsamt oder gehemmt werden, somit würde auf dem längern Batteriedrathe, der eben seiner Länge wegen die Nebenströme begünstigt, eine geringere Wärmeentwickelung eintreten als auf dem andern, natürlich unter sonst gleichen Verhältnissen. — Fassen wir das Bisherige

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

noch einmal kurz zusammen, so haben wir nach der jetzigen Theorie folgende Resultate zu erwarten: 1. Bei gleicher Länge und Zusammensetzung der Dräthe zweier gleicher Batterien ist die Wärme im Stamme doppelt so gross als in jedem der Batteriedräthe einzeln; 2. bei Batteriedräthen, von denen der eine einen geringern Widerstand darbietet als der andere, wird auf jenem mehr Wärme als auf diesem entwickelt; 3. wenn die Länge der Batteriedräthe bei sonst unverändertem Widerstande einen Einfluss auf das Resultat ausüben sollte, so wird auf dem längern weniger, auf dem kürzern mehr Wärme entwickelt werden.

Wir wollen jetzt sehen, wie weit die Beobachtungen mit diesen nach der Theorie vorherbestimmten Resultaten übereinkommen. Um mich zuvörderst zu überzeugen, dass längere, gut leitende Dräthe, zur Verbindung der innern Belegungen beider Batterien angewandt, die bisher im Stamme beobachteten Zahlen nicht ändern, nahm ich die eine Batterie aus den beiden Flaschen $F_2 + F_3$, die andere aus $F_1 + F_4$, wodurch sie am meisten einander gleich werden, und bildete jeden Batteriedrath aus 5′ Kupferdrath (K) von etwas über $^1/_2$ Linie Durchmesser; der Stamm enthielt ausser dem Thermometerdrathe (P) und dem Auslader, dessen Kugeln in constanter Entfernung blieben, noch 8·2 Fuss K. Ich erhielt

F_2+F_3	F_1+F_4
offen	12.8
11·7	offen

beide Batterien geschlossen 25·0.

also in 25·0 nahe richtig die Summe von 11·7 und 12·8 = 24·5. Um nebenbei einige Aussicht auf die zu erwartenden Resultate zu gewinnen, fügte ich in den einen der Batteriedräthe, der in seiner ursprünglichen Länge mit dem Stamme verbunden durch 0 bezeichnet werden soll, andere Dräthe als Zusätze ein, nämlich entweder Kupferdrath K, oder P einen dem Thermometerdrathe gleichen Platindrath, 17 Zoll von 0·081 Linie Durchmesser, oder $P.B$, eine Platinspirale von 32 Zoll Länge und 0·061 Linie Durchmesser, oder Platindrath Pl. von nahe gleicher Stärke mit dem im Thermometer befindlichen. Dies gab:

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Zusatz in F_2+F_3	Zusatz in F_1+F_4	Wärme im Stamm
offen	35′ K.	11·0
0	„	21·7
offen	P.	8·0
0	„	21·2
offen	P. B.	4·1
0	„	15·0
offen	P. + P. B. + 5′ Pl.	2·0
0	„	9·0
offen	P. + P. B. + 15′ Pl.	1·2
0	„	6·5
offen	Röhre mit Wasser	0
0	„	11·5
0	offen	11·5

Beachtenswerth war mir die auffallend kleine Zahl 21·7 gegen 21·2 und 15·0, dann die auf 9·0 und 6·5 sinkende Wärme, während die Röhre mit Wasser 11·5 gibt; doch blieb im letztern Falle ein starkes Residuum in der Batterie zurück, worüber später das Nähere. — Zu den eigentlichen Beobachtungen ward der Apparat nach Fig. 1 oder Fig. 2 zusammengesetzt.

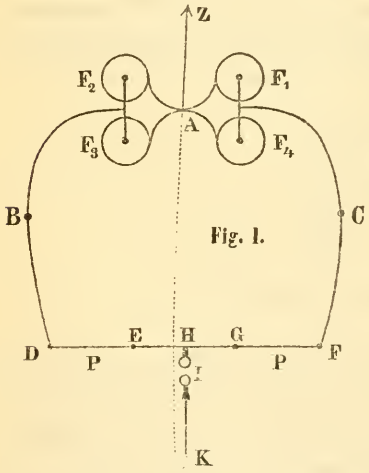

Fig. 1.

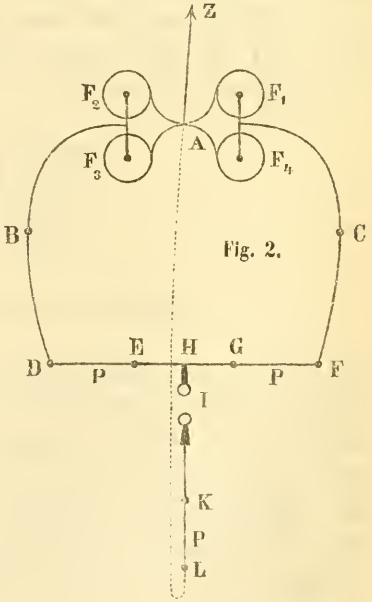

Fig. 2.

Die beiden Batterien $F_2 + F_3$ und $F_1 + F_4$ waren aussen durch starkes Metall A verbunden, dessen Ableitungsdrath Z nach dem

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Erdboden führte. In die Batteriedräthe, die bis D und F $4'K$ enthielten, waren die isolirten Quecksilbernäpfe B und C eingeschaltet, um hier nach den Seiten zu noch andere Dräthe einfügen zu können; dann folgten in DE und FG zwei dem Thermometerdrathe gleiche Platindräthe P und zwischen EH und GH je $1'K$. An den Auslader I, dessen Kugeln in Fig. 2 weiter als in Fig. 1 auseinander standen, schloss sich der Stamm mit $2'K$. bis K und von da ab in Fig. 1 mit 6·2 Fuss K., in Fig. 2 mit P und 8·2 Fuss K. bis zur Aussenseite der Batterien, nämlich bis A an; die Batteriedräthe, der Auslader I und der Stamm bis gegen K (Fig. 1) oder bis L (Fig. 2) lagen hoch, der übrige Theil des Stammes war ziemlich nahe am Boden fortgeführt, um alle Störungen durch Induction zu vermeiden. In den folgenden Tabellen steht unter $F_2 + F_3$ und $F_1 + F_4$ in der vordern Columne der in die beschriebenen Batteriedräthe eingefügte Zusatz an andern Drath, in der hintern die beobachtete Wärme; wo 0 gesetzt ist, war der Batteriedrath unverändert, aber mit dem Stamme verbunden.

Reihe 1. (Fig. 1.)

$F_2 + F_3$		$F_1 + F_4$	
	offen	0	12·2
	„	16′ K.	11·0
	„	35′ K.	10·0
	„	P. B.	3·9
0	11·6		offen

$F_2 + F_3$		$F_1 + F_4$	
0	10·2	0	12·0
0	6·2	16′ K.	14·6
0	8·6	35′ K.	13·1
0	5·1	P. B.	5·9

Diese erste Reihe zeigt sogleich, dass hier durchaus andere Verhältnisse vorliegen, als wie sie nach den bisherigen Ansichten erwartet werden konnten. Die Batterie, deren Drath länger ist, strömt viel lebhafter als die andere, doch schwächt ein noch längerer Drath die Wirkung wieder einigermassen; ferner die so sehr hemmende Platinspirale B lässt beide Strömungen fast gleich stark werden. Die beobachteten Zahlen werden vielleicht jeden, der von der bisherigen Theorie ausgeht, auf den Gedanken bringen, dass doch auch hier ähnlich wie bei der Nebenbatterie ein Übergang von der einen Batterie in die andere stattfinden müsse, obschon gar nicht abzusehen ist, wie man einen solchen Vorgang auffassen und was man damit gewinnen will, da derartige Ladungsströme doch durch beide Batteriedräthe hindurchgehen müssten. Um das Unhaltbare einer solchen Hypothese evident zu zeigen, änderte ich den Apparat

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

auch so um, dass erst $F_1 + F_4$, dann $F_2 + F_3$ als Nebenbatterie dienten; ich führte nämlich von der hintern Kugel des Ausladers *l* einen 1′ langen Kupferdrath nach *G* oder *E* und liess dafür *H G* oder *H E* fort; so wurde nur eine Batterie vom Conductor geladen und die andere wirkte als Nebenbatterie. Die dritte Reihe wurde längere Zeit nach der zweiten angestellt, während deren der ganze Apparat auseinander genommen war, auch hatten die Kugeln des Ausladers bei beiden nicht genau dieselbe Distanz; diese Reihen können also noch zeigen, welchen Grad von Sicherheit diese Beobachtungen überhaupt zulassen.

Reihe 2. (Fig. 1.)

$F_2 + F_3$		$F_1 + F_4$
0	11·6	offen
9′ K.	11·0	„
16′	10·5	„
24′	10·2	„
35′	10·0	„
P. B.	3·6	„

Apparat wie Fig. 1.				Als Nebenbatterie gestellt.		
F_2+F_3		F_1+F_4		F_2+F_3	F_1+F_4	Verhältniss
0	10·2	0	11·4	7·0	6·2	0·88
8′ K.	13·4	0	7·4	7·2	5·2	0·72
16′	14·2	0	6·1	8·0	3·0	0·38
24′	13·4	0	7·2	8·7	1·9	0·22
35′	12·7	0	7·5	8·9	1·2	0·13
P. B.	5·0	0	5·4	3·0	2·5	0·83

Reihe 3. (Fig. 1.)

Apparat wie Fig. 1.				Als Nebenbatterie gestellt.		
$F_2 + F_3$		$F_1 + F_4$		F_1+F_4	F_2+F_3	Verhältniss
	offen	0	13·0			
0	12·5		offen			
0	11·1	0	12·2	7·9	6·9	0·87
8′ K.	14·2	0	8·1	8·7	6·0	0·69
16′	15·4	0	6·9	10·1	3·8	0·38
24′	14·7	0	7·2	11·0	2·6	0·24
35′	13·9	0	8·3	11·5	1·7	0·15
P. B.	5·5	0	5·6	4·6	2·8	0·61

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Beide Reihen geben wieder dem längern Batteriedrathe den stärkeren Strom, während die Ladung der Nebenbatterie, mag man die Batterie mit längerm oder mit kürzerm Drathe dazu bestimmen, das gleiche Verhältniss beibehält und continuirlich mit der Ungleichheit der beiden Dräthe abnimmt. Während man also einerseits in Ungewissheit bliebe, welche Batterie man als die ladende und welche als die die Ladung empfangende ansehen sollte, müssten sich auch die Einwirkungen mit zunehmender Ungleichheit der Batteriedräthe vermindern, während sie sich gerade umgekehrt nach den vorliegenden Beobachtungen steigern. — Damit es nicht scheine, als müssten die Batteriedräthe gewisse Längen einhalten, wurden in $F_1 + F_4$ 16′ *K.* hinzugefügt, und der andere Drath nach und nach verlängert. Die folgende Reihe ist den frühern durchaus entsprechend.

Reihe 4. (Fig. 1.)

$F_2 + F_3$		$F_1 + F_4$	
	offen	16′ K.	12·8
0	7·2	„	18·1
8′ K.	7·8	„	16·9
16′	10·5	„	14·0
24′	14·1	„	9·8
32′	15·5	„	7·5
40′	15·5	„	7·4

Zu beachten ist, dass die Verhältnisszahlen der beiden Ströme am Ende der Reihe kleiner sind als am Anfange. — Es wurden hierauf nach Fig. 2 auch im Stamme Beobachtungen angestellt, wobei ich wieder bemerke, dass die beiden zum Theil gleichen Reihen 5 und 6 der Zeit nach weit auseinander liegen.

Reihe 5. (Fig. 2.)

Apparat wie Fig. 2.					Als Nebenbatterie gestellt.		
$F_2 + F_3$		$F_1 + F_4$		Stamm	F_2+F_3	F_1+F_4	Stamm
	offen	0	8·9				
0	8·5		offen				
0	6·0	0	6·5	22·0	6·5	5·7	6·7
16′ K.	8·5	0	4·4	20·0	5·6	4·5	8·2
35′	9·4	0	5·0	17·5	5·0	2·5	9·7
P. B.	4·2	0	4·2	15·0	3·2	2·7	4·2
35′ + P. B.	5·3	0	4·0	11·0			
35′	7·7	P. B.	2·9	15·0			

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Reihe 6. (Fig. 2.)

Apparat wie Fig. 2.					Als Nebenbatterie gestellt.		
$F_2 + F_3$		$F_1 + F_4$		Stamm.	$F_1 + F_4$	$F_2 + F_3$	Stamm.
	offen	0	9·2				
0	6·0	0	6·4	22·5	6·6	6·0	7·0
16′ K.	8·9	0	4·8	20·6	8·7	4·5	5·1
35′	9·7	0	5·5	17·7	9·9	2·4	5·6
P. B.	4·2	0	4·3	15·6	4·1	2·9	4·5

Reihe 7. (Fig. 2.)

$F_2 + F_3$		$F_1 + F_4$		Stamm.
	offen	16′ K.	8·2	
0	4·5	„	9·0	20·0
8′ K.	4·9	„	8·2	20·5
16′	5·4	„	6·6	21·0
20′	6·0	„	5·7	21·0
24′	6·2	„	5·5	20·5
32′	7·2	„	4·5	19·6
40′	8·3	„	4·5	18·6

In diesen Reihen zeigt sich zunächst, dass da, wo die beiden Batteriedräthe gleich lang sind, der Stamm die vierfache Wärme von der der einzelnen Batterie erlangt; es ist dies also gegen die Erwartung, allein übereinstimmend mit den sonst bekannten Thatsachen. Wenn übrigens die Batteriedräthe den vierten Theil der im Stamme beobachteten Wärme etwas überschreiten, so ist dies hier nicht mehr der Fall, als wie wir es ebenso bei der Theilung des Stromes durch zwei durchaus gleiche Zweige finden; die Differenz hängt unstreitig mit dem Lufthermometer zusammen, das in Theilströmen etwas grössere Zahlen angibt als im ganzen Strome. Zu berücksichtigen ist noch die Abnahme der Stammwärme bei ungleich langen Dräthen, die aus dem gewöhnlichen Widerstande nicht erklärbar ist. Die Ladung der Nebenbatterie ist wegen des P im Stamme in den beiden Fällen zwar ungleich stark, indess gibt dies doch keinen Anhaltspunkt, um darauf eine Erklärung zu gründen; denn während die Verhältnisszahlen in beiden Reihen darauf hinweisen würden, dass eine Nebenladung von $F_2 + F_3$ auf $F_1 + F_4$ übergeht, würde die sinkende Wärme im Stamme wieder dafür sprechen, dass die Nebenladung gerade umgekehrt eintritt. Die in Reihe 5 zugefügten

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

beiden Beobachtungen, wo der grösste Widerstand einmal in $F_2 + F_3$, dann in $F_1 + F_4$ ist, machen jede Erklärung nach den jetzt giltigen Ansichten überdies unmöglich. — Ich füge noch zwei Reihen mit 15′ Platindrath in $F_1 + F_4$ hinzu, welche zeigen, dass bei zu grossem Widerstande in einem Batteriedrathe die Länge desselben nicht durchdringen kann, um, wie es bisher der Fall war, der Stromstärke in dieser Batterie das Übergewicht zu geben.

Reihe 8. (Fig. 1.)

$F_2 + F_3$		$F_1 + F_4$	
0	5·7	15′ Pl.	3·3
8′ K.	6·3	„	3·0
16′	7·1	„	2·7
24′	8·1	„	2·3
32′	9·5	„	2·0
40′	10·1	„	2·0

9. Reihe. (Fig. 2.)

$F_2 + F_3$		$F_1 + F_4$		Stamm
	offen	15′ Pl.	1·6	
0	8·5		offen	
0	3·2	15′ Pl.	2·7	7·7
8′ K.	3·6	„	2·6	8·7
16′	4·1	„	2·4	9·5
24′	4·6	„	2·2	10·0
32′	5·2	„	2·0	10·6
40′	5·7	„	1·9	10·7

So weit ich absehen kann, lässt uns bei den vorliegenden Beobachtungen die bisher über die elektrischen Ströme aufgestellte Theorie gänzlich in Stich, und bietet von keiner Seite auch nur die Aussicht auf eine einigermassen befriedigende Erklärung dar. Wir wollen nun sehen, ob die Ansichten, welche ich als Folge aus meinen früheren Beobachtungen gezogen habe, etwas mehr leisten. Was zunächst die Wärme betrifft, so habe ich mich dafür ausgesprochen, sie überall unter die Formel $\left(\frac{J}{W}\right)^2 t$ oder $i^2 t$ zu setzen, worin i die Stromstärke und t die Zeitdauer des Stromes bezeichnet. (M. siehe Beitr. p. 43.) Geht hier durch den Stamm der ganze Strom, so geht in derselben Zeit durch jeden der beiden gleich langen und einen gleichen Widerstand darbietenden Batteriedräthe nur der halbe Strom; somit steht die entwickelte Wärme im Verhältniss von 4:1, wie es die Beobach-

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

tungen ergeben. Dann in Bezug auf die übrigen Beobachtungen habe ich mich namentlich bei der Stromtheilung (Beitr. p. 58 u. 73) dahin erklärt, dass alle diese Erscheinungen durch die Forderung nach dem Gleichgewicht in der freien Spannung bedingt werden. Von der freien Spannung habe ich aber (Beitr. p. 21) nachgewiesen, dass sie auf dem Schliessungsbogen von der Innen- zur Aussenseite der Batterie proportional zur Länge des Bogens abnimmt, wobei abweichend vom galvanischen Strom auch die schlecht leitenden und feineren Dräthe nahezu mit ihrer wahren Länge (mit der äquivalenten) in Anrechnung kommen. Sind also zunächst beide Batteriedräthe gleich lang, so ist an der Vereinigungsstelle bei *H* (Fig. 1 u. 2) die freie Spannung im Gleichgewicht, und beide Batterien zeigen gleiche Stromstärke, mögen beide Batteriedräthe gleichen oder ungleichen Widerstand leisten; denn sollte im letzteren Falle die weniger gehemmte Batterie in ihrer Entladung vorauseilen wollen, so würde damit die freie Spannung in ihr sinken und somit das Gleichgewicht in *H* gestört werden; es geht also nicht anders, die eine Batterie muss sich nach der andern richten, so wie bei der Stromtheilung der grössere Theil des Stromes durch den schlechter leitenden Zweig hindurch muss, wenn er kürzer als der andere ist. Auch hiermit stimmen die Beobachtungen überein mit Ausschluss der Reihen 8 u 9, auf die erst später Rücksicht genommen werden kann. Sind dagegen die Batteriedräthe an Länge ungleich, so findet sich bei *H* nicht die gleiche Spannung von beiden Batterien aus. Es sei z. B. nach Fig. 1 der eine Batteriedrath 7·5 Fuss lang (die Dräthe in den Flaschen eingerechnet), der andere durch Zusatz von 16′ = 23·5 Fuss, und der Stamm habe mit Einschluss des Ausladers eine Länge von 9·2 Fuss, so ist, wenn wir die Intensität der Ladung mit 40·0 bezeichnen, die Spannung in *H* von der ersten Batterie aus $= \frac{40 \times 9{\cdot}2}{16{\cdot}7} = 22{\cdot}0$, von der andern $= \frac{40 \times 9{\cdot}2}{32{\cdot}7} = 11{\cdot}2$. Das Gleichgewicht besteht also nicht. Um es herzustellen, müssen die Dräthe sich so gliedern (sei es mit oder ohne Beihilfe der Batterien, was bis jetzt schwer zu entscheiden sein möchte), dass der kürzere Batteriedrath eine grössere, der längere eine kleinere äquivalente Länge erhält, und ebenso dass der Stamm an äquivalenter Länge zunimmt. Von solchen Gliederungen haben wir, wenn wir anders, um nicht zu weitläufig zu werden, von den vielfachen Thatsachen bei der Nebenbatterie absehen wollen,

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Beispiele in den zu Spiralen gewundenen Dräthen, die hierdurch nicht nur eine grössere äquivalente Länge erhalten, d. h. sie zeigen in denselben Schliessungsbogen eingeschaltet eine grössere Spannungsdifferenz zwischen ihren Endpunkten als gerad gestreckte gleich lange Dräthe besitzen, sondern auch den Strom stärker hemmen; umgekehrt erlangen zwei in einander geschobene und conträr verbundene Spiralen eine kürzere äquivalente Länge (eine kleinere Spannungsdifferenz zwischen den Endpunkten), und beschleunigen hiermit die Strömung. Ebenso ändert ein in eine Spirale geschobenes Eisendrathbündel die äquivalente Länge derselben um, und hemmt den Strom bedeutend. Wenden wir dies auf unsern Fall an, so werden alle Dräthe, welche länger werden (in dem Sinne genommen, dass die Spannungs-Differenz grösser wird), die Strömung vermindern, und umgekehrt die, welche kürzer werden, die Strömung vergrössern, d. h. die elektrischen Schwingungen schwächer oder stärker werden lassen. Im Stamme und in dem kürzern Batteriedrathe sinkt somit die Wärme, während sie in dem längern Batteriedrathe steigt. Auch hier bestätigen wieder die jetzt vorliegenden Thatsachen die schon früher von mir aufgestellten Ansichten. — Es bleibt mir hiernach nur noch zu erörtern übrig, warum bei Einfügung grosser Drathlängen, wodurch die Spannungen in *H* noch ungleicher werden, das Verhältniss der Wärme in beiden Batteriedräthen sich nicht immer ungleicher herausstellt. Hiermit hängt gleichfalls die Frage zusammen, warum der 15′ lange Platindrath nicht seiner Länge entsprechend wirkt, wie dies eben so wenig in der vorletzten Beobachtung unter Reihe 5 der Fall ist. Verbindet man mit irgend einer Stelle eines Schliessungsbogens einen von da auslaufenden isolirten Drath, so wird derselbe, während die Batterie sich entladet, ebenfalls elektrisch, wie das Ausströmen der Elektricität an seinem freien Ende zeigt. Erklärt sich dies Elektrischwerden ganz einfach daraus, dass auch dieser Drath das Gegengewicht gegen die freie Spannung halten muss, so weiss man doch von der andern Seite, dass er nach dem freien Ende schwächer elektrisch wird, wenn er entweder bedeutend an Länge zunimmt oder aus schlecht leitendem Drathe besteht; denn so gut auch ein Drath leitet, so hat er doch etwas in sich, was einen Übergang zum Isolator bildet, d. h. jeder Drath bietet dem Fortschritte der elektrischen Erregung ein bestimmtes Hinderniss dar, woran diese sich gleichsam aufstaut, ohne weiter zu schreiten.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Wo ein solches Aufstauen stattfindet, da bildet sich unmittelbar durch diesen Vorgang das Gegengewicht gegen die Spannung, ohne dass es auf andere Weise hergestellt werden müsste. Auf diese Art erkläre ich mir einfach, warum eine weiter fortgesetzte Verlängerung des einen Batteriedrathes die anfängliche Wirkung nicht weiter vergrössert, ebenso warum der lange Platindrath das Gesetz nicht vollständig ausprägt, und ebenso die von der Regel abweichende vorletzte Beobachtung in Reihe 5. Anfänglich glaubte ich wohl, die mit dem 15′ langen Platindrathe versehene Batterie möchte sich nicht vollständig entladen, wie es in der That bei der Einschaltung einer mit Wasser gefüllten Röhre der Fall ist, wo die Aufstauung so stark wird, dass die Luftschicht zwischen den Kugeln des Ausladers eher zusammengeht, als die gehemmte Elektricität der zweiten Batterie herankommt; indess die über das Residuum angestellten Versuche liessen eine solche Erklärung nicht zu. Als nämlich die beiden Batterien isolirt waren, und die Ladung mittelst einer Lane'schen Flasche gezählt wurde (die Batteriedräthe enthielten hierbei nur 3′*K* und der Stamm war wie in Fig. 1), waren zu jeder Füllung bis zur Entladung über den Auslader folgende Quanta (L. F.) erforderlich:

Bei $F_2 + F_3$ allein mit der Röhre voll Wasser 12·5 L. F.
dann mit Einschluss des Residuums nur 9·7 „ „
Bei beiden Batterien, in $F_1 + F_4$ die Röhre 26·4 „ „
dann mit Einschluss des Residuums nur 12·7 „ „

$F_1 + F_4$ blieb hiernach unentladen und theilte seine Elektricität beiden Batterien mit. Als beide Batterien nur Dräthe von 3′*K* enthielten, war

die Ladung von $F_2 + F_3$ allein = 12·7 L. F.
und mit Einschluss des Residuums = 11·5 „ „
die Ladung beider Batterien betrug dagegen 26·4 „ „
und mit Einschluss des Residuums 23·3 „ „

Beide Batterien hatten sich also regelmässig oder vollständig entladen. Die Batterie $F_1 + F_4$ enthielt hierauf 15′ *Pl.;* die Ladung beider Batterien war = 26·0 L. F. und mit Einschluss des Residuums = 23·0 L. F ; dieselben Zahlen entstanden, als in $F_2 + F_3$ noch 35′*K* zugefügt waren. In diesen beiden Fällen hatte sich demnach die Batterie ebenfalls vollständig entladen. Nebenbei will ich jedoch bemerken, dass in den beiden letzten Fällen die Lane'sche

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Flasche gegen Ende der Ladung sehr langsam überschlug, offenbar weil viele Elektricität aus dem feinen Platindrathe ausströmte.

Die von mir aufgestellte Erklärung kann leicht einer sehr strengen Prüfung unterworfen werden. Verlängert man nämlich den Stamm in Fig. 1 bedeutend, so wird der von beiden Batterien stammende Spannungsunterschied bei *II* geringer; fügt man z. B. $35'K$ in den Stamm ein, wie es bei der folgenden Reihe geschehen ist, so gibt $F_2 + F_3$ mit dem gewöhnlichen Batteriedrathe (Fig. 1) die Spannung bei $II = \frac{40 \times 44{\cdot}2}{51{\cdot}7} = 34{\cdot}2$ und $F_1 + F_4$ mit Zusatz von $16'K = \frac{40 \times 44{\cdot}2}{67{\cdot}7} = 26{\cdot}1$, und es entstehen somit zwei in Vergleich mit den frühern 22·0 und 11·2 sich einander bei weitem mehr nähernde Zahlen. Dem zu Folge müssen nun die in beiden Batteriedräthen beobachteten Wärmegrade einander mehr gleich sein.

Reihe 10. (Fig. 1 mit $35'K$. Zusatz im Stamme.)

$F_2 + F_3$		$F_1 + F_4$	
	offen	16′ K.	10·5
0	7·6	„	11·1
8′ K.	8·1	„	10·3
16′	8·9	„	9·3
24′	9·2	„	8·7
32′	9·9	„	7·8
40′	10·2	„	7·5

Die Vergleichung dieser Reihe mit der ihr entsprechenden Reihe 4 gibt volle Gewähr für die Richtigkeit der aufgestellten Erklärung. — Ich bin zwar am wenigsten zu dem Glauben geneigt, dass die von mir vorgetragenen Ansichten bereits überall vollständig ausgebildet sind, noch weniger meine ich, dass sie schon jetzt einen vollen Aufschluss über die Art und Weise der elektrischen Strömungen gewähren, ich ziehe sie jedoch selbst so, wie sie sind, bei weitem den jetzt herrschenden Ansichten vor, da diese mir auch nicht die geringste Aussicht auf eine genügende Erklärung der von mir angestellten Beobachtungen versprechen, und ich, blos um eine Theorie zu halten, die ihrer Natur nach wandelbar ist, nicht in die Lage gedrängt werden möchte, Thatsachen für gering zu halten oder ganz zu übersehen, die aus den unwandelbaren Gesetzen der Natur stammen und zu weiteren Forschungen auffordern.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Zum Schlusse will ich noch einige Beobachtungen mittheilen, wo die eine Batterie aus $F_1 + F_4$, die andere nur aus F_2 bestand. Die Reihen entsprechen ganz den bisher angeführten, nur verhält sich in ihnen bei gleich langen Batteriedräthen die Wärmeentwicklung in F_2 zu der in $F_1 + F_4$ und zu der im Stamme wie 1 : 4 : 9, wie es die Stromstärken $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$ und 1 verlangen. Ich gebe einfach die Reihen, ohne weiter ein Wort zu ihrer Erläuterung hinzuzufügen.

Reihe 11 (nach Fig. 1).

F_2		$F_1 + F_4$	
	offen	0	14·2
0	7·5		offen
0	3·5	0	16·4
8′ K.	5·2	0	13·8
16′	7·2	0	11·8
24′	8·3	0	9·6
32′	10·0	0	9·0
40′	9·9	0	9·0

Reihe 12 (nach Fig. 1).

F_2		$F_1 + F_4$	
	offen	0	15·4
0	8·0		offen
0	4·1	0	17·4
0	3·4	8′ K.	18·0
0	4·2	16′	16·5
0	4·7	24′	15·7
0	5·4	32′	15·0
0	5·8	40′	14·2

Reihe 13 (nach Fig 1 mit 35′ K Zusatz im Stamme).

F_2		$F_1 + F_4$	
	offen	0	12·4
0	6·5		offen
0	3·7	0	12·2
8′ K.	4·0	0	11·8
16′	4·2	0	11·1
24′	4·4	0	10·6
32′	4·6	0	10·0
40′	4·8	0	9·5

Reihe 14 (nach Fig. 2).

F_2		$F_1 + F_4$		Stamm
	offen	0	9·3	
0	5·0		offen	
0	2·1	0	8·5	17·1
8′ K.	2·5	0	8·0	17·0
16′	3·2	0	6·9	16·7
24′	4·1	0	6·2	16·2
32′	4·5	0	5·9	15·2
40′	4·6	0	5·7	14·6

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1857

Band/Volume: 25

Autor(en)/Author(s): Knochenhauer Karl Wilhelm

Artikel/Article: Sitzung vom 18.Juni 1857. Beobachtungen über zwei sich Gleichzeitig entladene Batterien. 71-86