Über den Gebrauch des Lufttthermometers.

Von **K. W. Knochenhauer.**

ZWEITE ABTHEILUNG.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 11. Juli 1861.)

III. Nebenstrom.

In einem senkrecht stehenden Gestell wurden über 4 Glasstäbe 2 Kupferdräthe von 28′ Länge parallel zu einander in der Art straff ausgespannt, dass oben 9 1/4′ horizontal waren, je 6′ an den Seiten senkrecht herabgingen, und die Enden zu je 3 3/8′ wieder horizontal bis auf ungefähr 2 1/2′ Distanz an einander herankamen. Dieser Kupferdrath, der mit *k* bezeichnet werden soll, war etwa 1/2 Linie stark, ein klein wenig schwächer als der frühere *K*. Durch einfache, an kleine Glastafeln gekittete Klemmen wurde der eine dieser Dräthe in den aus 14′ *K* gebildeten Schliessungsbogen der Batterie eingereiht, und ausserdem der Funkenmesser und Therm. II eingeschaltet. Die Enden des andern Drathes, der auf 3‴ im Lichten eingestellt war, verbanden 2′ *k* und Therm. V. Die Thermometer wurden jetzt so regulirt, dass die Zahlen im Haupt- und im Nebenstrome von gleicher Grösse ausfielen. Hierzu musste Th. V, obschon es viel empfindlicher als Th. II ist, sehr flach gestellt und die Spiritussäule auf 6″ reducirt werden; Th. II dagegen musste eine so steile Lage als möglich erhalten, und die Spiritussäule bis auf 11″ verlängert werden. Dies Arrangement sollte dazu dienen, ganz einfach ohne weitere Berechnung zu sehen, ob eine Veränderung im Hauptdrath oder in der Batterie auf die Stärke des Nebenstromes einen Einfluss ausübt. Es wurden also mit wechselnden Ladungen folgende Reihen durchgemacht: *a)* Batterie $A + B$, Schliessungsdrath wie oben angegeben, *b)* Schliessungsdrath um Sp. I verlängert,

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

c) Schliessungsdrath um 70″ Pldr. verlängert, *d)* der gespannte Drath + 4′ *K* + Th. II zu Zweig I durch Sp. I + 2′ *K* als Zweig II umgeformt, *e)* in Zw. I noch Spirale *B* hinzugefügt, *f)* Batterie $A+B+2F$ und der Schliessungsdrath um 70″ Pldr. verlängert, *g)* Batterie *A* und der Schliessungsdrath unverändert wie in *a*. Die Beobachtungen gaben die Wärme im Hauptdrathe ϑ, im Nebendrathe ϑ' bei den Ladungen *L* in folgender Weise:

L	*a*		*b*		*c*		*d*		*e*	
	ϑ	ϑ'	ϑ	ϑ'	ϑ	ϑ'	ϑ	ϑ'	ϑ	ϑ'
24	6·5	6·4	5·6	5·4	3·5	3·3	5·5	5·4	2·5	2·2
32	10·5	10·5	9·0	8·8	5·5	5·4	9·0	8·8	4·0	3·7
40	15·2	15·5	13·1	13·0	8·0	7·9	12·9	13·0	5·8	5·5
48	20·3	20·8	17·2	17·4	10·9	10·9	17·0	17·3	7·8	7·6

L	*f*		*g*	
	ϑ	ϑ'	ϑ	ϑ'
24	6·6	6·3		
32	10·8	10·6	4·9	4·9
40	15·7	15·6	7·0	7·1
48	20·9	21·2	9·7	9·7
56			12·1	12·4
64			14·8	15·1

Da die Zahlen ϑ und ϑ', welche wie früher Mittelwerthe aus drei einzelnen Beobachtungen sind, bis auf kleine theils durch den ungleichen Gang der Thermometer, theils durch einen sogleich nachzuweisenden Umstand veranlasste Differenzen in allen Reihen gleich bleiben, so folgt, dass die Stärke des Nebenstromes, sofern man sie auf die Stärke des erregenden Hauptstromes als Einheit bezieht, bei Änderung des Hauptdrathes, der Batterie und ihrer Ladung stets unverändert bleibt.

Als Vorbereitung auf die Benutzung der verschiedenen Beobachtungsmethoden war noch zu ermitteln, welchen Einfluss feinere und schlechter leitende Dräthe, z. B. 26″ Pl. im schliessenden Bügel des Nebendrathes ausüben. Hierzu blieben die Thermometer in ihrer bisherigen Verfassung, und mit Batterie $A + B$ wurden beim gewöhnlichen Schliessungsdrathe (14′ *K* + Th. II) folgende Reihen durchgemacht: *a)* Schliessungsbogen ohne die ausgespannten 28′ *k*, *b)* mit Einschluss derselben aber bei offenem Nebendrath, *c)* Nebendrath geschlossen durch 3′*k*, *d)* Nebendrath geschlossen durch

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

0'3 *k* + Th. V. + 26″ Pl., *e)* Nebendrath geschlossen durch Th. V + 5'3 *k f)* Nebendrath geschlossen durch Th. V + 3'3 *k*.

L	*a*	*b*		*c*		*d*			*e*		
	ϑ	ϑ	Wdst.	ϑ	Wdst.	ϑ	ϑ'	$\frac{\vartheta'}{\vartheta}$	ϑ	ϑ'	$\frac{\vartheta'}{\vartheta}$
24	9·1	7·7	0·182	7·5	0·213	4·9	4·4	0·90	6·5	5·6	0·86
32	15·4	12·7	0·213	12·5	0·232	8·0	7·3	0·91	10·7	9·3	0·87
40	22·0	18·5	0·190	18·1	0·215	11·6	10·7	0·92	15·7	13·7	0·87
48	29·1	24·6	0·183	24·1	0·203	15·7	14·3	0·91	21·1	18·6	0·88
			0·192		0·216			0·910			0·870

L	*f*		
	ϑ	ϑ'	$\frac{\vartheta'}{\vartheta}$
24	6·5	6·1	0·94
32	10·7	10·1	0·94
40	15·5	15·1	0·97
48	20·9	20·3	0·97
			0·955

Die Stärke des Nebenstromes unter *d* liegt nach den Verhältnisszahlen zwischen den Fällen unter *e* und *f*, also üben 26″ Pl. denselben Einfluss wie ein Kupferdrath zwischen 3 und 5′ Länge aus. Dies ist aber nach den in der ersten Abtheilung mitgetheilten Beobachtungen die äquivalente Länge von 26″ Pl. Es folgt hieraus, dass eben so wie bei der Stromtheilung auch hier abgesehen vom Widerstande nur die äquivalenten Längen der Dräthe in Anschlag kommen, welche sich nach den in der ersten Abtheilung angegebenen Bedingungen umändern werden, so dass Thrmdr. V in den vorigen Reihen sicher kleine Differenzen veranlasst. — Wenn durch den Bügel unter *d* die Wärme im Haupt- und Nebendrathe mehr sinkt als unter *e* und *f*, so hat dies seinen Grund darin, dass die in der Wärmeentwickelung hervortretende Kraft der Batterie sich auf Haupt- und Nebendrath vertheilt, dass also, wenn mehr Widerstand in jenem oder in diesem vorhanden ist, beide Stromstärken geringer werden, da die entwickelte Wärme stets ein Product aus Stromstärke und Widerstand ist. — Der auf den einfachen Schliessungsdrath als Einheit bezogene und nach der Methode der gleichen Ladung berechnete Widerstand von 28′*k* ist $^8/_9$ von dem, welcher bei dem durch 3′*k* geschlossenen Nebendrath entsteht; wie das Spätere zeigen wird, ändert der

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

gespannte Drath im Hauptstrom seine äquivalente Länge und erlangt wahrscheinlich dadurch einen geringeren Widerstand.

Es konnten nun die verschiedenen Beobachtungsmethoden ihrem Werthe nach geprüft werden, wozu der grösseren Genauigkeit wegen nur die Spiritussäule in Th. V auf 8″ verlängert wurde. Auf die Methode der gleichen Wärme leistete ich sogleich Verzicht; es hätte hierzu dasselbe Thermometer in den Haupt- und in den Nebendrath eingesetzt werden müssen; da aber Th. II im Nebendrath sehr kleine Zahlen geben, Th. V dagegen im Hauptdrath keine bedeutende Steigerung in der Ladung zulassen würde, so hätte man jedenfalls die Vergleichung sehr kleiner mit grösseren Zahlen durch sehr stark wechselnde Ladungen durchzuführen, was, wie die Beobachtungen in der ersten Abtheilung gelehrt haben, wenig zuverlässige Resultate liefert. Bei der Methode der gleichen Ladung konnte ebenfalls nicht dasselbe Thermometer in beiden Strömen angewandt werden, weil das Verhältniss der Ströme gegen einander zu ungleich ist; es mussten also Th. V im Nebendrath und Th. II im Hauptdrath gelassen und unter diesen Bedingungen ermittelt werden, ob durch eine Vergleichung der beiden Thermometer mit einander zwischen den durch die Beobachtungen selbst gesteckten Zahlengrenzen brauchbare Resultate entstehen. Von der Methode des Widerstandes lässt sich ausser in den Fällen, wo der Widerstand des schliessenden Bügels sehr gross ist, gerade nicht viel erwarten; der Nebenstrom ist zu schwach und geringe Fehler in den angenommenen Widerständen üben einen zu grossen Einfluss auf die Resultate aus. Nur die Methode des Stammwiderstandes, die sich bisher bewährt hat, kann sichere Resultate liefern, und mit ihr müssen daher die übrigen Methoden vornämlich verglichen werden.

Batt. $A + B$. Schliessender Hauptdrath 14′ K + Th. II.
Bügel im Nebendrathe:

a) Th. V + 2′k.					*b)* Th. V + 0′3k + 26″ Pl.				
L	ϑ	α	ϑ'	α'	L	ϑ	α	ϑ'	α'
24	6·3	1·094	6·0	1·042	24	4·7	0·816	3·9	0·677
32	10·4	1·016	9·9	0·967	32	7·9	0·772	6·6	0·644
40	15·0	0·938	14·5	0·906	40	11·6	0·725	9·6	0·600
48	20·0	0·868	19·0	0·824	48	15·6	0·668	13·1	0·568
		0·979		0·935			0·745		0·622

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Vergleichung beider Thermometer in demselben Schldr.:

L	Th. II	Th. V	Verh.
12	1·4	4·2	3·00
16	2·6	7·5	2·89
24	5·2	15·2	2·92
32	8·8	24·6	2·80
40	12·8	35·8	2·80
48	17·2	48·5	2·82
			2·87 für *b*; 2·84 für *a*.

Hieraus folgt für *a* $n_{(1)} = \sqrt{\frac{0\cdot935}{0\cdot979 \times 2\cdot84}} = 0\cdot580,$

für *b* : $n_{(1)} = \sqrt{\frac{0\cdot622}{0\cdot745 \times 2\cdot87}} = 0\cdot539.$

Für den Fall *a* wurde bei der Vergleichung der beiden Thermometer die erste Beobachtung, die ausser den Beobachtungsgrenzen liegt, ausgeschlossen; der Unterschied ist jedoch unbedeutend.

Hierauf wurde der gespannte Nebendrath durch 3'5 *k* und durch 5'5 *k* geschlossen; dies gab:

c) Bügel: 3'5 *k*.			*d)* Bügel: 5'5 *k*.		
L	ϑ	α	L	ϑ	α
24	7·5	1·302	24	7·5	1·302
32	12·5	1·221	32	12·5	1·221
40	18·0	1·125	40	17·9	1·119
48	23·6	1·024	48	23·6	1·024
		1·168			1·066

Nachdem nun die gespannten 28' *k* aus dem Hauptdrath ausgeschlossen waren, wurden in den Schliessungsbogen von 14' *K* + Th. II die entsprechenden Längen von dem als Norm dienenden Neusilberdrath eingefügt.

L	15″ N.		18″ N.		24″ N.		30″ N.	
	ϑ	α	ϑ	α	ϑ	α	ϑ	α
24	7·5	1·302	7·2	1·250	6·7	1·163	6·3	1·094
32	12·5	1·221	12·0	1·172	11·1	1·084	10·4	1·016
40	18·0	1·125	17·2	1·075	16·2	1·012	15·0	0·938
48	23·7	1·129	22·9	0·994	21·4	0·929	20·2	0·877
		1·169		1·123		1·047		0·981

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

L	54″ N.		60″ N.	
	ϑ	α	ϑ	α
24	4·7	0·816	4·6	0·799
32	8·1	0·791	7·6	0·742
40	12·0	0·750	11·4	0·712
48	16·1	0·699	15·4	0·668
		0·764		0·730

Man erhält hieraus den Widerstand ω_0 der beiden gespannten Dräthe mit Bügel $3'5\,k = 15\cdot1$ und mit Bügel $5'5k = 15\cdot2$, somit den Widerstand von $28'\,k = \frac{8}{9}.\ 15\cdot1 = 13\cdot4$ und von $1'k = 0\cdot48$; ferner den Widerstand ω' von den gespannten Dräthen mit Bügel Th. V $+ 2'k = 30\cdot2$ (x nach Abth. I) und mit Bügel Th. V $+ 0'3k + 26''$ Pl. $= 57\cdot4$. Da die Kupferbügel in c und d an äquivalenter Länge den Bügeln in a und b ziemlich genau entsprechen, also den Nebenstrom n nicht ändern, so erhält man, wenn man den Widerstand der gespannten Dräthe allein ω_1 setzt, die Länge des Kupferdrathes im Bügel in den sich entsprechenden Fällen mit k_0 und k', und den Widerstand des Bügels excl. Kupferdrath mit b bezeichnet:

$$w_0 = w_1 + n^2k_0 \times 0\cdot48$$
$$w' = w_1 + n^2b + n^2k' \times 0\cdot48,$$

folglich

$$w' - w_0 = n^2 \left\{b + (k' - k_0)\ 0\cdot48\right\} \text{ und } n = \sqrt{\frac{w' - w_0}{b + (k' - k_0)\,0\cdot48}}.$$

Dies gibt für Reihe a verglichen mit der ihr entsprechenden c

$$n_{(3)} = \sqrt{\frac{30\cdot2 - 15\cdot1}{42\cdot8 - 1\cdot5 \times 0\cdot48}} = 0\cdot599$$

und für Reihe b verglichen mit d

$$n_{(3)} = \sqrt{\frac{57\cdot4 - 15\cdot2}{42\cdot8 + 109\cdot5 - 5\cdot2 \times 0\cdot48}} = 0\cdot531.$$

Endlich wurde in den Schliessungsdrath $14'\,K +$ Th. II das Th. V $+ 1'\,K$ eingeschaltet und ausserdem Neusilberdrath; dies gab an Th. V beobachtet:

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

L	156″ N.		168″ N.	
	ϑ	α	ϑ	α
24	6·2	1·078	6·0	1·042
32	10·3	1·006	10·0	0·977
40	15·0	0·938	14·4	0·900
48	20·2	0·877	19·4	0·842
		0·975		0·940

also für Reihe a $y = 169{\cdot}7 + 42{\cdot}8 + 0{\cdot}4 = 212{\cdot}9$ und

$$n_{(4)} = \sqrt{\frac{64{\cdot}0 + 30{\cdot}2}{64{\cdot}0 + 212{\cdot}9}} = 0{\cdot}583.$$

Dann wurden 26″ Pl. hinzugefügt und ausserdem

L	192″ N.		216″ N.	
	ϑ	α	ϑ	α
24	4·0	0·694	3·8	0·660
32	6·7	0·654	6·4	0·625
40	10·0	0·625	9·5	0·594
48	13·7	0·595	13·0	0·564
		0·642		0·611

also für Reihe b $y = 207{\cdot}5 + 42{\cdot}8 + 0{\cdot}4 + 109{\cdot}5 = 360{\cdot}2$ und

$$n_{(4)} = \sqrt{\frac{64{\cdot}0 + 57{\cdot}4}{64{\cdot}0 + 360{\cdot}2}} = 0{\cdot}535.$$

Diese Reihen zeigen, dass die erste Beobachtungsmethode Werthe liefert, welche von den nach der vierten berechneten fast nur innerhalb der unvermeidlichen Fehlergrenzen abweichen; man kann also, was hier die Untersuchungen sehr erleichtert, wenigstens in allen denjenigen Fällen, wo die grösstmöglichste Genauigkeit nicht verlangt wird, sich mit der Vergleichung der beiden Thermometer begnügen und nur da, wo eine strengere Controle wünschenswerth ist, die viel umständlichere vierte Methode zu Hilfe nehmen. Berechnet man n aus dem Widerstande, so fallen bei geringem Widerstand im Bügel die Zahlen nicht sicher genug aus, wie dies von Anfang an zu erwarten war; dazu kommt, dass man besondere Beobachtungsreihen anstellen muss, um den verringerten Widerstand in dem gespannten Drathe zu erhalten. — Da aber die Berech-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

nung nach der Methode des Widerstandes auf dem Satze beruht, dass die im Haupt- und Nebendrathe zusammen entwickelte Wärme constant bleibt, und die Bestätigung desselben nicht unwichtig ist, so wurde der Bügel noch aus Th. V + 0' 3 k + 2 × 26″ Pl. gebildet, und dazu die entsprechende Reihe mit einem Bügel von 9' 5 k angestellt. Die Beobachtungen gaben $w_0 = 15{\cdot}8$ und $w^1 = 73{\cdot}5$ also $n_{(3)} = 0{\cdot}473$, während $n_{(1)} = 0{\cdot}481$ war. Diese Werthe stimmen so weit überein, dass über die Anwendbarkeit der Methode des Widerstandes und damit über den angeführten Satz kein Zweifel bestehen kann.

Obschon das Vorstehende über den Werth der Methoden genügende Anhaltspunkte liefert und somit der nächste Zweck erreicht ist, so mochte ich es nicht unterlassen, noch eine Revision der bisher über den Nebenstrom aufgestellten Gesetze vorzunehmen. Ich halte es jedoch nicht für nöthig, die Beobachtungen so speciell wie bisher mitzutheilen; es wird vielmehr genügen, die Resultate anzugeben, da die Art und Weise der Beobachtungen aus dem bereits Mitgetheilten deutlich ist und davon nirgends eine Ausnahme gemacht wurde; stets wurde bei mehreren Ladungen (in der Regel bei vier) beobachtet und die Mittelwerthe aus drei einzelnen Zahlen genommen. Um übrigens die Beobachtungen an Th. II bequemer zu haben, wurde dies Instrument flacher, doch etwas steiler als Th. V gestellt und die Spiritussäule auf 8″ reducirt. Die Vergleichung beider Thermometer gab jetzt 2·14 und später, als die Temperatur im Local viel höher war, 2·13, so dass die erstere Zahl durchgehend beibehalten wurde.

Zuerst wurde die Abnahme des Nebenstromes durch Verlängerung des Bügels bestimmt, und zu diesem Behufe zuvörderst die äquivalente Länge der gespannten 28′ k in frei hängendem Kupferdrath k ermittelt. Bei diesen in der Folge noch mehrfach vorkommenden Bestimmungen bildet der zu untersuchende Drath sammt Th. II oder dem ihm entsprechenden Gestell und einigen Fussen Kupferdrath den einen Zweig, den andern frei hängender Kupferdrath; statt diesen letzteren so lange zu ändern, bis die Ströme in beiden Zweigen gleich sind, schien es räthlicher, weil dann kleine Störungen wenigstens gleichmässig durch alle Beobachtungen hindurchgehen, den zweiten Zweig von fester, jedoch von einer dem anderen Zweige ziemlich entsprechenden Länge zu nehmen und nach

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

den Gesetzen der Stromtheilung die äquivalente Länge zu berechnen. Die hier nach beiden Methoden ausgeführten Beobachtungen gaben die äquivalente Länge der gespannten 28′ = 29'2 *k*, ein Zeichen, dass die Spannung nicht ganz ohne Einfluss ist. — Die Dräthe blieben hierauf in 3‴ Distanz und die Bügel enthielten ausser Th. V nach einander noch 2 — 6 — 10 und 14′ *k*. Aus der Vergleichung beider Thermometer folgte:

Bügel:	Th. V + 2′	+ 6′	+ 10′	+ 14′
$n =$	0·580	0·521	0·472	0·433

Rechnet man die äquivalente Länge des Th. V zu 1'7, welcher Werth nachher näher erörtert werden soll, so findet man n umgekehrt proportional zur Gesammtlänge L des Nebendrathes. Denn

$$\begin{aligned} 0{\cdot}580 \times 32{\cdot}9 &= 19{\cdot}072 \\ 0{\cdot}521 \times 36{\cdot}9 &= 19{\cdot}225 \\ 0{\cdot}472 \times 40{\cdot}9 &= 19{\cdot}304 \\ 0{\cdot}433 \times 44{\cdot}9 &= 19{\cdot}422 \\ \hline \text{Mittel} &= 19{\cdot}255. \end{aligned}$$

Will man die kleinen Differenzen nicht zu den unvermeidlichen Beobachtungsfehlern rechnen, so kann man anführen, dass je kleiner die Zahlen in Th. V werden, desto grösser ihr Verhältniss zu den Zahlen in Th. II wird, man also bei ihnen zur Reduction etwas mehr als 2·14 annehmen müsste.

Die äquivalente Länge von dem in Th. V enthaltenen Drath lässt sich jetzt berechnen. Vorher bei dem Bügel 26″ Pl. + Th. V + 0'3 *k* waren, wenn man 0'2 auf die Messingtheile des Thermometers rechnet, 0'5 *k* + 36″ Pl. in ihm vorhanden, und dann 0'5 *k* + 62″ Pl. bei dem Bügel 2 × 26″ Pl. + Th. V + 0'3 (denn der Platindrath 26″ und der Thermometerdrath V = 10″ sind von derselben Stärke); die Beobachtungen gaben $n = 0{\cdot}535$ und $n = 0{\cdot}477$ (Mittelwerthe), also erhält man für den ersten Fall:

$L = \frac{19{\cdot}255}{0{\cdot}535} = 36{\cdot}0$, demnach 36″ Pl. = 6·3 oder 26″ Pl. = 4'55,

für den zweiten Fall:

$L = \frac{19{\cdot}255}{0{\cdot}477} = 40{\cdot}4$, 62″ Pl. = 10·7 26″ = 4·49

Mittel 4·52

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

dies gibt 10″ Pl. = 1·7 oder Th. V = 1·9, wofür man, wenn in dem Bügel nur Kupferdrath ist, nach den Beobachtungen der ersten Abtheilung wohl sicherer nur 1·7 rechnet. — Dass übrigens auch hier die äquivalente Länge durch dieselben Umstände wie früher modificirt wird, lehrt eine Beobachtung mit Batt. $A + B + 2F$ und 70″ Pldr. im Hauptdrath. Hier war beim Bügel 0·3 + Th. V + 26″ Pl. $n = 0·513$, demnach $L = 37·6$ und 36″ Pl. = 7·9 oder 26″ Pl. = 5·7. Es ist wohl dem Kupferdrathe zuzuschreiben, der sonst ausschliesslich den Nebendrath bildet, dass die äquivalente Länge sich nicht eben so bedeutend wie früher ändert.

Bisher wurde der Nebenstrom nur durch Kupferdrath erregt und auf Kupferdrath übertragen; um also schlechter leitende Dräthe zu substituiren, wurde Neusilberdrath von 0·334 Linien Durchmesser gewählt, ein nicht zu schwacher Drath, damit die Thermometerangaben durch einen zu starken Widerstand nicht zu gering würden. Die äquivalente Länge von 28′ *NS* (*NS* möge diesen stärkeren Neusilberdrath bezeichnen) ward = 32·4 und 32·1 *k*, im Mittel = 32·2 und der Widerstand = 87·0 gefunden. War *NS* im Hauptdrath und 28′ *k* im Nebendrath, der bei 3‴ Distanz durch Th. V + 2′*k* geschlossen wurde, so gaben die Beobachtungen $n_{(1)} = 0·580$, ferner $x = 100·8$ und $y = 441·1$, also $n_{(4)} = 0·571$. Der Neusilberdrath erregt also auf dem Kupferdrath einen eben so starken Nebenstrom als der frühere Kupferdrath, denn der etwas geringere Werth 0·571 möchte auf Beobachtungsfehlern beruhen, oder seinen Grund darin haben, dass der Kupferdrath bei diesen zuletzt angestellten Beobachtungen sich schon nahe um 2″ gereckt hatte. Wurde der Kupferdrath nur durch 3·7 *k* geschlossen, so stellte sich der Widerstand x auf 87·0, war also gerade eben so gross als von *NS* allein. Hierauf kamen die 28′ *k* in den Hauptdrath und 28′ *NS* geschlossen durch Th. V + 2′ bildeten den Nebendrath. Die Beobachtungen gaben: $n_{(1)} = 0·534$, $x = 45·9$, $y = 323·3$ also $n_{(4)} = 0·533$. Dieser Nebenstrom ist geringer. Die äquivalente Länge des Nebendrathes beträgt aber 32·2 + 3·7 = 35·9, vorher 29·2 + 3·7 = 32·9, also muss nach dem oben gefundenen Gesetz 0·533 × 35·9 oder 19·135 = 0·580 × 32·9 oder 19·072 sein, wie es der Fall ist. Als *NS* mit 3·7 *k* geschlossen war, betrug der Widerstand 34·9. Endlich wurden 2 Neusilberdräthe in 3‴ Distanz ausgespannt und der eine durch Th. V + 2′ geschlossen; dies gab

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

$n_{(1)} = 0{\cdot}536$ und $= 0{\cdot}537$, wie vorhin, und $x = 120{\cdot}0$ in beiden Reihen übereinstimmend. — Bei dem Nebenstrome kommt es nach diesen Beobachtungen auf die Art der gespannten Dräthe nicht an, nur muss im Nebendrathe die äquivalente Länge beachtet werden.

Jetzt lässt sich berechnen, wie viel der gespannte Drath im Hauptdrath dadurch, dass er einen Nebenstrom erregt, an Widerstand verliert, und zwar für den Fall, dass die 28′ langen Dräthe um 3‴ von einander entfernt sind. Wenn der Kupferdrath, dessen Widerstand 13·4 beträgt, auf dem andern Kupferdrath oder auf dem Neusilberdrath einen Nebenstrom n erregt, so ist nach dem Obigen:

Nebendr.	Bügel		x beob.	x berechnet	Verlust an Widerstand
Kupfer	3′7 k	0·580	15·1	$13{\cdot}4 + 15{\cdot}2\,n^2 = 18{\cdot}5$	3·4
„	Th. V + 2′ k	0·580	30·2	$13{\cdot}4 + 57{\cdot}2\,n^2 = 32{\cdot}6$	2·4
	Th. V + 26″ Pl.	0·535	57·4	$13{\cdot}4 + 165{\cdot}7\,n^2 = 60{\cdot}8$	3·4
„	Th. V + 52″ Pl.	0·481	73·5	$13{\cdot}4 + 275{\cdot}2\,n^2 = 77{\cdot}1$	3·6
Neus.	3′7 k	0·533	34·9	$13{\cdot}4 \quad 88{\cdot}8\,n^2 = 38{\cdot}6$	3·7
	Th. V + 2′ k	0·533	45·9	$13{\cdot}4 + 130{\cdot}8\,n^2 = 50{\cdot}5$	4·6
				Mittel	3·5

Geht dagegen die Wirkung vom Neusilberdrath aus, so ist:

Nebendr.	Bügel		x beob.	berechnet	Verlust an Widerstand
Kupfer	3′7 k	0·580	87·0	$87{\cdot}0 + 15{\cdot}2\,n^2 = 92{\cdot}1$	5·1
„	Th. V + 2′ k	0·580	100·8	$87{\cdot}0 + 57{\cdot}2\,n^2 = 106{\cdot}2$	5·4
Neus.	Th. V + 2′ k	0·536	120·0	$87{\cdot}0 + 130{\cdot}8\,n^2 = 124{\cdot}6$	4·6
				Mittel	5·0

Dass Neusilberdrath etwas mehr an Widerstand verliert, dürfte mit der geringern Stärke dieses Drathes zusammenhängen.

Der so oft citirte Fall, dass bei einer bestimmten Länge Platindrath im Bügel, die Wärme im Hauptstrom ihr Minimum erlangt, lässt sich auch erledigen, denn dieser Fall muss eintreten, wenn der Gesammtwiderstand ein Minimum wird. Nimmt man den Widerstand des Hauptdrathes mit Übergehung des kleinen durch den Nebenstrom veranlassten Verlustes $= W$ an, den Widerstand des gespannten Nebendrathes $= w_0$ und seine äquivalente Länge $= l_0$, die des Thermometers (wenn man dasselbe einschaltet) $= \lambda$ und seinen Widerstand $= w$, die natürliche Länge des Platindrathes in Fussen $= x$ und den Widerstand auf 1 Fuss $= w'$, setzt

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

man dann voraus, dass diese natürliche Länge durch den constanten Factor q auf die äquivalente Länge gebracht werde, und bezeichnet mit A eine Constante, die von der Distanz der gespannten Dräthe so abhängt, dass bei einem Bügel λ_0 die Stärke des Nebenstromes $n = \frac{A}{l_0 + \lambda_0}$ ist, so ist der Gesammtwiderstand

$$\Sigma W = W + \left(\frac{A}{l_0 + \lambda + qx}\right)^2 (w_0 + w + xw').$$

Für das Maximum folgt hieraus: $x = \frac{l_0 + \lambda}{q} - \frac{2(w_0 + w)}{w'}$. Wenn man nur durch Platindrath schliesst, so ist $\lambda = 0$ und $w = 0$, also $x = \frac{l_0}{q} - \frac{2w_0}{w'}$ Noch mehr vereinfacht sich diese Gleichung, wenn der gespannte Nebendrath aus Kupfer-, der Bügel aus feinem Platindrath besteht; dann ist x nahe $= \frac{l_0}{q}$, oder die äquivalente Länge des Platindrathes muss der des gespannten Drathes gleich sein. Zur Prüfung der Formel wurde Platindrath von 0'''0437 Durchmesser genommen (von einer stärkeren Sorte besass ich kein hinreichend langes Stück), und der Widerstand von $2'P = 193{\cdot}3$, also $w' = 96{\cdot}6$ gefunden. Zur Bestimmung der äquivalenten Länge standen wie in der Folge die Kupferdräthe um 3''' aus einander und der Bügel bestand aus $0{\cdot}3\ k$ + Th. V + $2'\ P$; dies gab $n = 0{\cdot}517$, also $L = 37{\cdot}2$ und die äquivalente Länge von $2'P = 6{\cdot}0$ oder $q = 3{\cdot}0$; folglich müsste $x = \frac{29{\cdot}2}{3} - \frac{2 \times 13{\cdot}4}{96{\cdot}6} = 9'46\ P$ sein.

Die Beobachtungen im Hauptdrath gaben:

L	Nbdr. offen	Bügel 3' P.	6' P.	9' P.
32	16·5	8·1	7·5	7·9
40	24·3	12·1	11·4	12·0
48	33·3	17·0	15·9	16·8

Diese Beobachtungen stimmen nicht; indess zeigte sich bald, dass q nicht constant ist, wie angenommen worden war. Als der Bügel aus $0{\cdot}3\ k$ + Th. V + $6'\ P$ bestand, war $n = 0{\cdot}356$, also $L = 54{\cdot}1$ und $6'\ P = 22{\cdot}9$, woraus $q = 3{\cdot}82$ folgt. Legt man diesen Werth als den genaueren, nämlich beim Minimum der Wärme giltigen zu Grunde, so verlangt die Formel $x = 7'37\ P$. Nach den Beobachtungen waren die Erwärmungen im Mittel aus vier einzelnen Zahlen:

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

L	Bügel 6′ P.	7′ P.	8′ P.
32	7·48	7·42	7·52
40	11·37	11·35	11·55
48	15·82	15·80	16·02

Die Formel wird bestätigt, jedoch lässt sich eine grosse Schärfe in der Bestimmung der erforderlichen Länge nach den vorliegenden Angaben nicht erreichen.

Über die Abnahme des Nebenstromes mit der Distanz der gespannten Kupferdräthe bei dem Bügel Th. V + 2′ k wurden mit Hinzuziehung der früheren folgende Beobachtungen angestellt, theils nur aus der Vergleichung der Thermometer, theils nach der Methode des Stromwiderstandes.

Dist.	$n_{(1)}$	x	y	
3‴	0·580 0·584	30·2	212·9	0·583
6	0·513			
9	0·472 0·474 0·472 * 0·467	25·3	344·5	0·468
12	0·442			
15	0·417 0·416 0·416 * 0·413	22·0	443·6	0·414
18	0·394			
21	0·379 0·378 0·377 * 0·379	20·3	545·8	0·372

Bei den mit * bezeichneten Beobachtungen war noch Sp. I in den Hauptdrath eingeschaltet. Reducirt man den beobachteten Nebenstrom auf den Fall, dass der Bügel = 0 ist, wo er mit N bezeichnet werden soll, multiplicirt man also n mit $\frac{29·2 + 3·7}{29·2}$ und legt die Werthe $n_{(4)}$, wo sie vorhanden sind, als die sichersten zu Grunde, so lässt sich zur Berechnung die für elektrische Inductionen bekannte Formel $N = \frac{a}{b + d}$ anwenden, worin d die Distanz in Linien bedeutet und $a = 24·5$, $b = 37·5$ ist. Dies gibt:

Dist.	N beob.	N berech.
3‴	0·657	0·605
6	0·578	0·563
9	0·527	0·527
12	0·498	0·495
15	0·467	0·467
18	0·444	0·441
21	0·419	0·419

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Formel stimmt mit den Beobachtungen nur von 9''' Distanz vollkommen überein, bei 3''' müsste $b = 34{\cdot}3$ und bei 6''' $= 36{\cdot}4$ sein. Ob die Formel durch ein neues Glied noch zu vervollständigen oder durch eine andere zu ersetzen ist, wird sich erst entscheiden lassen, wenn Beobachtungen vorliegen, bei denen die gespannten Dräthe eine andere Länge haben. Für grössere Distanzen reicht sie zunächst, wenn sie auch für die Theorie keinen Werth haben sollte, in allen Berechnungen vollkommen aus.

Schon oben wurde erwähnt, dass die äquivalente Länge des gespannten Drathes im Hauptstrom durch den Einfluss des Nebenstromes verringert wird. Um die entstehende neue Länge zu bestimmen, wurde der Hauptdrath so geleitet, dass die gespannten 28' k + 4' + Th. II (oder das ihm entsprechende Gestell) den Zweig I von der äquivalenten Länge $l' + l_0$ bildeten, nämlich l' die veränderte Länge der 28' k und $l_0 = 6'5$, als Zw. II wurden 23'5 k und Th. II genommen, deren äquivalente Länge $l'' = 26'0$ ist, indem Th. II $= 2'5$ gerechnet wird. Wurde nun der zweite Kupferdrath durch Th. V + 2' geschlossen, so entstand ein Nebenstrom $= n$ oder ein auf den Bügel 0 reducirter $= N$, der aus den früheren Beobachtungen bekannt ist, weil ein Zweig den gleichen Nebenstrom wie der Stamm erregt. Die Beobachtungen gaben hierauf in beiden Zweigen die Erwärmungen ϑ' und ϑ'' und daraus das Verhältniss der Stromtheile $\frac{a''}{a'} = \sqrt{\frac{\vartheta''}{\vartheta'}}$. Nach den Gesetzen der Stromtheilung ist aber $a' = \frac{l''}{l'+l_0+l''}$ und $a'' = \frac{l'+l_0}{l'+l_0+l''}$, also $\frac{a''}{a'} = \frac{l'+l_0}{l''}$, woraus $l' = l''\frac{a''}{a'} - l_0$ (1) folgt. Dieser nach den Gesetzen der Stromtheilung abgeleitete Werth lässt sich nach der Formel $l' = l(1 - nN)$ oder $l' = l - n^2L$ (2) berechnen, worin l die ursprüngliche äquivalente Länge des gespannten Drathes (hier 29·2) und L die des gesammten Nebendrathes (hier 32·9) bezeichnet. Nämlich

Dist.	$\frac{a''}{a'}$ beob.	l' nach (1)	l' nach (2)
3'''	0·956	18'4	18'1
9	1·086	21·7	22·1
15	1·150	23·4	23·7
21	1·202	24·7	24·7

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Eben so bei der Distanz der Dräthe von 3''':

Bügel	$\frac{a''}{a'}$ beob.	l' nach (1)	l' nach (2)
Th + 6' k	1·000	19'5	19'2
+ 10	1·037	20·5	20·1
+ 14	1·066	21·2	20·8

Die Kenntniss der äquivalenten Länge des gespannten Drathes ist nöthig, wenn man ihn nicht schliesst wie beim Nebenbatteriestrom allein hier kann eine andere Berechnungsweise stattfinden. Da nämlich der gespannte Drath durch Zw. II geschlossen ist, so muss der Nebenstrom im Nebendrath einen neuen secundären Nebenstrom n_1 erregen. Setzt man nun voraus, dass dieser secundäre Nebenstrom denselben Gesetzen wie der primäre folgt und dass er mit dem Hauptstrom gleich gerichtet ist, so erhält man durch die Stromtheilung, bei der die ursprünglichen äquivalenten Längen giltig bleiben, die Zweigströme $h' = \frac{l''}{l + l_0 + l''}$ und $h'' = \frac{l + l_0}{l + l_0 + l''}$; dazu kommt der Nebenstrom n_1, so dass durch Zw. I der Strom $a' = h' + n_1$ und durch Zw. II der Strom $a'' = h'' - n_1$ fliessen, welche beobachtet werden. Erregt aber der Hauptstrom = 1 den primären Nebenstrom n, so gibt der Strom $h' + n_1$ den Nebenstrom $(h' + n_1)\, n$ und dieser den secundären Nebenstrom $\frac{(h' + n_1)\, n\, Nl}{l + l_0 + l''} = n_1$; hieraus folgt

$$n_1 = \frac{h' nNl}{l(1 - nN) + l_0 + l''} \text{ und}$$

$$a' = h' + n_1 = \frac{h'(l + l_0 + l'')}{l(1 - nN) + l_0 + l''} = \frac{l''}{l(1 - nN) + l_0 + l''};$$

$$\text{eben so } a'' = h'' - n_1 = h'' - \frac{h' nNl}{l(1 - nN) + l_0 + l''}$$

$$= \frac{h''}{l + l_0} \quad \frac{(l + l_0 + l'')\,[l(1 - nN) + l_0]}{l(1 - nN) + l_0 + l''} = \frac{l(1 - nN) + l_0}{l(1 - nN) + l_0 + l''}$$

Substituirt man hierin für $l\,(1 - nN)$ die veränderte äquivalente Länge l' des gespannten Drathes, so ist $a' = \frac{l''}{l' + l_0 + l''}$ und $a'' = \frac{l' + l_0}{l' + l_0 + l''}$ Das sind dieselben Gleichungen, als wenn man die Stromtheilung unmittelbar aus der veränderten äquivalenten Länge des gespannten Drathes ableitet.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Da beide zu denselben Resultaten führende Ansichten, der gespannte Drath habe unter dem Einflusse des Nebenstromes seine äquivalente Länge verändert, oder der gespannte Drath behalte die ursprüngliche Länge, es fliesse aber durch den geschlossenen Ring der beiden Zweige noch ein secundärer Nebenstrom, nicht nur gleiche Berechtigung haben, sondern die erstere auch da, wo der Drath in den einfachen Schliessungsbogen gefügt wird, allein in Betrachtung kommen kann, so wird die Theorie nachzuweisen haben, warum die eine Betrachtungsweise sowohl als die andere denselben Werth hat. Kann man zwar hiermit jetzt noch nicht zum Abschluss gelangen, so folgt doch wenigstens so viel, dass der secundäre Nebenstrom mit dem Hauptstrom gleichartig und mit dem Zweigstrom I gleichgerichtet sein muss, weil beide Ströme einfach addirt und in Zw. II subtrahirt werden. Von dem Hauptstrome hat aber neuerdings Herr Paalzow nachgewiesen, dass er aus alternirenden Strömen bestehe; demnach muss auch der secundäre und ebenso der primäre Nebenstrom nicht nur aus alternirenden, sondern mit denen des Hauptstromes in der Zahl und den Zeitintervallen völlig zusammentreffenden alternirenden Strömen bestehen. Dass die mit positiver Elektricität geladene Innenseite der nicht isolirten Batterie während ihrer Entladung in den negativen Zustand übergeht, habe ich früher, Sitzungsberichte Bd. 33, p. 163, nachgewiesen, doch wagte ich nicht, daran von der äusseren zur inneren Belegung gehende positive Ströme anzureihen; werden sie indess durch die Beobachtung bestätigt, so kann kein Bedenken sein, die Entladung einer Batterie unter der Form alternirender Ströme aufzufassen, und zwar um so weniger, als dadurch ein über den Schliessungsdrath gehender fester Verband zwischen den beiden Belegungen hergestellt wird, den mehrere Thatsachen verlangen. Die Beobachtungen über die Schlagweite zwischen zwei Stellen des Schliessungsdrathes weisen dann weiter nach, dass während eines partiellen Stromes die Dichtigkeit der Elektricität auf einem homogenen Drathe von der Innen- zur Aussenseite der Batterie, wo sie = 0 ist, proportional zur Länge abnimmt; sind dagegen feinere und besonders schlecht leitende Dräthe oder Spiralen eingeschoben, wo der Strom von Windung zu Windung auf sich einwirkt, so nimmt auf ihnen die Dichtigkeit in einem anderen Verhältnisse ab und dies bestimmt ihre äquivalente Länge, durch welche man ausdrückt, welche Länge von dem homogenen Drathe

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

eingesetzt werden muss, um dieselbe Abnahme der Dichtigkeit zu gewähren. Hier im vorliegenden Falle muss der secundäre Nebenstrom auf dem gespannten Drathe eine solche Vertheilung der Dichtigkeit erzeugen, dass dieser Drath gerade dasselbe leistet, als ein auf $l\,(1-nN)$ verkürzter Drath, was dann eben die Wirkung des Nebendrathes wäre. Es ist also einerlei, ob man hierauf die Wirkung beschränkt, wie es der Fall ist, wenn kein Nebenstrom entstehen kann, oder ob man zunächst von dieser Vertheilung der Dichtigkeit absieht und den Nebenstrom einsetzt, wo dann in Folge dessen dieselbe Vertheilung herauskommt.

Nach den Angaben des Herrn Paalzow kann es scheinen, als fiele bei alternirenden Strömen die Frage nach der Richtung des Nebenstromes fort, was doch nur da giltig sein kann, wo man sie mit den gewöhnlich angewandten Hilfsmitteln lösen will. Stimmen indess, wie das Obige gezeigt hat, die alternirenden partiellen Ströme des Nebenstromes mit den alternirenden des Hauptstromes in den Intervallen überein, so entsteht immer noch die Frage, ob in den gespannten Dräthen je ein partieller Strom des Nebenstromes mit dem ihm entsprechenden partiellen des Hauptstromes gleich oder conträr gerichtet ist. Es werden bald mehrere Fälle vorkommen, die zur Entscheidung dienen; die folgende Beobachtung ist jedoch speciell zu diesem Zwecke angestellt worden. Die beiden gespannten Kupferdräthe wurden auf 21''' Distanz eingestellt, und der zweite durch Th. V + 2' geschlossen. Wurde der Hauptstrom durch ihn über die beiden Zweige: Zw. I = 29·2, Zw. II = 3·7 hindurch geleitet, so fand sich $a'' = 0{\cdot}893$, wofür die Rechnung $\frac{29{\cdot}2}{32{\cdot}9} = 0{\cdot}887$ gibt. Hiernach wurde der Hauptstrom durch den ersten Drath und dann weiter mittelst 4' k, darauf mittelst 4'7 k so durch die Zweige geleitet, dass der Stromtheil durch den zweiten Drath einmal gleichlaufend, dann conträr zum Strom durch den ersten Drath verlief. Ist nun die Richtung des Nebenstromes in dem gespannten Drathe conträr zum erregenden Hauptstrome, so muss Th. V im ersten Falle $a'' + n$, im anderen $a'' - n$ angeben, wie es wirklich der Fall ist. Aus der Vergleichung der Thermometer folgte nämlich $a'' + n_{(1)} = 1{\cdot}275$ und $a'' - n_{(1)} = 0{\cdot}553$, also $a'' = 0{\cdot}914$ und $n_{(1)} = 0{\cdot}361$. Die Methode des Stromwiderstandes gab für die erste Verbindung $x = 85{\cdot}9$ und $y = 27{\cdot}5$, für die andere $x = 27{\cdot}1$

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

und $y = 239{\cdot}8$, also $a'' + n_{(4)} = 1{\cdot}280$ und $a'' \quad n_{(4)} = 0{\cdot}547$, woraus $a'' = 0{\cdot}913$ und $n_{(4)} = 0{\cdot}366$ folgt. Der Werth von a'' ist nur etwas zu gross, der von n ein wenig zu klein. Noch zwei andere Reihen, in denen allein die Thermometer verglichen wurden, gaben bei 21''' Distanz $a'' + n = 1{\cdot}250$ und $a'' - n = 0{\cdot}554$ oder $a'' = 0{\cdot}902$ und $n = 0{\cdot}348$, bei 15''' Distanz $a'' + n = 1{\cdot}294$ und $a'' - n = 0{\cdot}520$ oder $a'' = 0{\cdot}907$ und $n = 0{\cdot}387$. Worin der Grund liegt, dass a'' überall etwas grösser und n etwas kleiner ausfällt, als es die einzelnen Beobachtungen verlangen, ist mir nicht klar; jedenfalls sind aber die Differenzen zu unbedeutend, als dass man über die Natur so wie über die Richtung des Nebenstromes in Zweifel sein könnte. Die anderen noch vorkommenden Fälle sprechen sämmtlich für das angegebene Resultat.

Es wurden 3 Kupferdräthe ausgespannt, von denen der mittlere durch Th. V + 2′ geschlossen und die beiden anderen, von ihm in gleicher Distanz eingestellt, so mit einander verbunden wurden, dass der Hauptstrom in gleicher Richtung durch sie ging; dies gab nach der Vergleichung der beiden Thermometer:

Dist.	21'''	15'''	9'''
Nebenstr.	0 742	0·818	0·920.

Der Nebenstrom ist doppelt so gross, als wie ihn ein Drath allein erzeugt. Zu bemerken war, dass bei den stärkeren Ladungen der Batterie der Nebenstrom etwas abnahm, was auf eine kleine Störung hindeutet, wenn anders nicht der Grund in dem etwas abweichenden Gange des Th. V bei stärkeren Erwärmungen zu suchen ist.

Der Hauptstrom ging hierauf durch den mittleren Drath; die beiden anderen auf 9''' eingestellt, waren durch $4'k$ in gleicher Richtung verbunden und dann durch Th. V + 2′ geschlossen. Aus der Vergleichung der Thermometer ergab sich $n_{(1)} = 0{\cdot}331$. Es erregt hier der mittlere Drath auf dem ersten und auf dem dritten einen Nebenstrom und von diesen Nebenströmen wieder der des ersten Drathes auf dem dritten und der des dritten Drathes auf dem ersten einen secundären conträren Nebenstrom. Nimmt man an, dass der mittlere Drath auf jedem der äusseren Dräthe für einen Bügel = 0 einen Nebenstrom = N erregt, also einen wirklichen Strom $= \frac{N.\ 29{\cdot}2}{58{\cdot}4 + 7{\cdot}7}$, der von beiden zusammen $= \frac{N.\ 58{\cdot}4}{66{\cdot}1}$ ist, so ist der

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

durch den doppelten secundären Strom theilweise aufgehobene bleibende Strom $n_{(1)} = \frac{N.58\cdot4}{66\cdot1} - \frac{n_{(1)}N.58\cdot4}{66\cdot1} \times \frac{37\cdot5+9}{37\cdot5+18\cdot5}$ (der letzte Factor, weil die äusseren Dräthe um $18^{m}5$ aus einander stehen); setzt man hierin $N = 0\cdot527$, wie es die früheren Beobachtungen bei $9'''$ Distanz verlangen, so erhält man

$$n_{(1)} = \frac{0\cdot527 \times 58\cdot4 \times 56\cdot0}{66\cdot1 \times 56\cdot0 + 0\cdot527 \times 58\cdot4 \times 46\cdot5} = 0\cdot335,$$

der Beobachtung entsprechend. Hieraus folgt, dass ein Strom auf jedem von zweien ihm genäherten Dräthen einen eben so starken Nebenstrom erregt, als er erregen würde, wenn der eine Drath fehlte; ferner folgt, dass die secundären Ströme unter denselben Gesetzen wie die primären stehen. — Bei der Berechnung von $n_{(1)}$ kann man übrigens auch hier die veränderte äquivalente Länge der beiden äusseren Dräthe mit Übergehung der secundären Nebenströme anwenden.

Die beiden gespannten Kupferdräthe wurden durch $4'k$ in gleicher Richtung verbunden, und ihre äquivalente Länge nach Hinzufügung von $4'$ und Th. II (respective Gestell) als Zw. I, geschlossen durch $43'5\ k$ + Th. II oder durch $59'5\ k$ + Th. II als Zw. II, in der früheren Weise bestimmt. Die Beobachtungen geben wieder $\frac{a''}{a'} = \sqrt{\frac{\vartheta''}{\vartheta'}}$; ist dann l' die veränderte äquivalente Länge der beiden Dräthe zusammen, $\lambda = 10\cdot5$ der Zusatz in Zw. I, $l'' = 46\cdot0$ oder $= 62\cdot0$ die Länge von Zw. II, so folgt aus der Stromtheilung $a' = \frac{l''}{l'+\lambda+l''}$, $a'' = \frac{l'+\lambda}{l'+\lambda+l''}$ und hieraus $l' = \frac{a''}{a'}\,l'' - \lambda$ (1). Diese Länge kann man unmittelbar durch $l' = 2l\,(1+N)$ (2) berechnen, worin $2l$ die ursprüngliche äquivalente Länge der beiden gespannten Dräthe und N die Stärke des primären Nebenstromes bedeutet, wie sie aus den früheren Beobachtungen bekannt ist. Wie vorher, gelangt man indess auch hier zu derselben Stromtheilung, wenn man die ursprüngliche Länge der gespannten Dräthe beibehält und die primären Nebenströme, welche die Dräthe wechselweise auf einander erregen, in Betracht zieht. Die Formeln gestalten sich ähnlich um, wie es oben bereits durchgeführt worden ist. Die Beobachtungen waren folgende:

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Dist.	$\frac{a''}{a}$ beob. bei		l' ber. nach (1)		l' ber. nach (2)
	Zw. II. = 46·0	Zw. II. = 62·0			
3'''	2·321	1·747	96·3	97·8	96·8
9	2·214	1·645	91·3	91·5	89·2
15	2·112	1·575	86·6	87·1	85·7
21	2·062	1·520	84·3	83·7	82·9

Bei der letzten Distanz wurden die Dräthe mittelst 4'7 *k* noch so verbunden, dass der Strom in ihnen conträr lief; Formel (2) gestaltet sich dann in $l' = 2l\,(1 - N)$ um. Es fand sich bei Zw. II = 46·0 $\frac{a''}{a'} = 0{\cdot}993$, also nach (1) $l' = 34{\cdot}5$ und nach (2) $= 33{\cdot}9$.

Der so eben betrachtete Fall findet bei den Spiralen seine Hauptanwendung. Hat man einen Drath in grösseren nahe an einander liegenden Ringen gewunden, so wirken die zu einander parallelen Ströme in den Windungen stärker auf einander ein, als die auf der entgegengesetzten Seite conträr fliessenden Ströme; die äquivalente Länge der Spirale wird somit grösser als ihre natürliche werden. Wendet man eine solche Spirale als Zweig bei der Stromtheilung an, so berechnet man a' und a'' sowohl mittelst dieser äquivalenten Länge, als auch mittelst der natürlichen und der Summe aller Nebenströme, somit kann man aus dem beobachteten Verhältniss $\frac{a''}{a'}$ die Summe der Nebenströme finden, ohne die schwierigere Berechnung aus den Windungen anzustellen. Schiebt man hierauf eine zweite Spirale II in die erste I ein und leitet den Hauptstrom abwechselnd durch eine derselben, während die andere geschlossen ist, so entstehen die Nebenströme n' in I und n'' in II, welche beobachtet werden. Setzt man nun die äquivalente Länge von I $= l'$, von II $= l'$ und vom schliessenden Bügel $= \lambda$, so müssen sich die beobachteten Nebenströme umgekehrt wie die äquivalenten Längen der geschlossenen Spiralen verhalten oder $n' \quad n'' = l'' + \lambda \quad l' + \lambda$ sein. Durch den Nebenstrom in II geht aber die äquivalente Länge von I auf $l_1 = l'\,(1 - n''N')$ (1) und die von II durch den Nebenstrom in I auf $l_{\prime\prime} = l''\,(1 - n'N'')$ (2) zurück, wenn man mit N' und N'' die Reduction von n' und n'' auf den Bügel $= 0$ bezeichnet. Werden endlich beide Spiralen gleichlaufend verbunden, so ist die äquivalente Länge von beiden zusammen $= l'(1 + N') + l''(1 + N'')$

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

(3), werden sie conträr verbunden, so geht ihre äquivalente Länge auf $l'(1 - N') + l''(1 - N'')$ (4) zurück. Wenn in allen diesen Formeln von den äquivalenten Längen der Spiralen ausgegangen wird, so schliesst dies die Berücksichtigung der durch die gegenseitige Wirkung der Windungen auf einander entstehenden Nebenströme aus. — Die Formeln können nach den in der Abh. d. Sitzb. Bd. 36, p. 427 über die in einander befestigten Spiralen I und II enthaltenen Angaben wenigstens annähernd geprüft werden, denn, wie ich schon in der ersten Abtheilung angegeben habe, sind wegen Anwendung anderer nicht genau normirter Spiralen die äquivalenten Längen nicht ganz richtig ausgefallen, auch sind die beobachteten Nebenströme bei weitem nicht zuverlässig genug, weil in Therm. I die grösseren zu den kleineren Zahlen nicht im richtigen Verhältniss stehen. Nach der citirten Abh. p. 434 ist $l' = 64$, $l'' = 36$, $l_1 = 36$, $l_{''} = 18{\cdot}5$ wenn $\lambda = 1{\cdot}5$, ferner die äquivalente Länge von I + II gleichl. (mit Einschluss von 2') = 156, von I + II contr. = 37·5; die Beobachtungen der Nebenströme bei $\lambda = 3{\cdot}0$ (pag. 450) geben $n'' = \sqrt{0{\cdot}80} = 0{\cdot}898$, $n' = \sqrt{0{\cdot}27} = 0{\cdot}520$, also $N'' = 0{\cdot}97$ und $N' = 0{\cdot}54$. Es muss also zunächst $n' : n'' = 39 \quad 67$ sein, oder $\frac{n''}{n'}$ d. i. $1{\cdot}727 = \frac{67}{39}$ d. i. 1·718. Wegen der Formeln (1) bis (4) hat man zuvor n' und n'' von Bügel = 3·0 auf Bügel = 1·5 zu reduciren, was $n'' = 0\ 93$ und $n' = 0{\cdot}53$ gibt; hiermit berechnet man nach (1) $l_{,} = 31{\cdot}9$, nach (2) $l_{,,} = 17{\cdot}5$, nach (3) I + II gleichl. = 171·8 und nach (4) I + II contr. = 32·5. Mit Rücksicht auf die der Berechnung zu Grunde liegenden Zahlen ist die Übereinstimmung genügend.

Zum Schlusse mögen die Resultate zusammengestellt werden.

1. Das Verhältniss des im Nebendrathe fliessenden Stromes zum Hauptstrome gibt die Stärke des Nebenstromes n an. Aus den Beobachtungen am Thermometer erhält man das Quadrat derselben.

2. Bei unveränderter Länge und Stellung der beiden parallel ausgespannten Dräthe bleibt n constant, wenn der Hauptdrath nach Form, Länge oder Widerstand oder die Batterie nach Grösse und Ladung geändert wird, eben so wenn man den gespannten Drath mit einem anderen vertauscht; ändert man dagegen die äquivalente Länge L des Nebendrathes, sei es durch Wechsel des gespannten Drathes, sei es durch Veränderung des schliessenden Bügels nach

nach Länge oder Widerstand, so ist n umgekehrt proportional zu L. Hieher gehört auch der Fall, wenn durch Änderungen im Hauptdrath oder in der Batterie L modificirt wird.

3. Wird unter sonst unveränderten Verhältnissen nur der Abstand d der gespannten Dräthe verändert, so ist $n = \frac{a}{b+d}$, worin a und b Constanten bezeichnen. Diese Formel gibt indess n bei $d = 3'''$, selbst noch bei $d = 6'''$ etwas zu klein an.

4. Die Richtung des Nebenstromes ist in den ausgespannten Dräthen dem Hauptstrome entgegengesetzt.

5. Wirken zwei gespannte Dräthe im Hauptstrome auf einen Nebendrath, so ist der Nebenstrom gleich der Summe der beiden einzelnen Nebenströme. Wirkt ein Drath im Hauptstrom auf zwei Dräthe im Nebendrath, so ist der Nebenstrom ebenfalls gleich der Summe der beiden einzelnen Nebenströme, verringert um die secundären Nebenströme, welche die ersteren nach den Gesetzen der primären erzeugen.

6. Die äquivalente Länge l des gespannten Drathes im Hauptstrome geht durch den Nebenstrom n in $l - n^2L$ über.

7. Geht ein Strom nach einander durch zwei parallel gespannte Dräthe in derselben Richtung, so ändert sich die äquivalente Länge derselben $2l$ in $2l\,(1 + N)$ um, dagegen in $2l\,(1 - N)$, wenn die Richtung entgegengesetzt ist. N bezeichnet hierin den für den Fall berechneten Nebenstrom, dass der schliessende Bügel $= 0$ ist.

8. Ist überhaupt ein Drath so geformt, dass, falls er zu einem Ringe geschlossen wird, durch die Einwirkung der Theile auf einander Nebenströme entstehen, so findet man die äquivalente Länge desselben nach Summirung der nach (7) zu berechnenden partiellen Wirkungen. Wenn dieser Drath dann wirklich geschlossen ist, so kann man den Verlauf des Stromes, sei er ein Nebenstrom oder ein sich verzweigender Hauptstrom, eben sowohl mittelst dieser äquivalenten Länge ohne Berücksichtigung der oben angegebenen Nebenströme berechnen, als auch mittelst der ursprünglichen Länge mit Berücksichtigung derselben.

9. Die im Haupt- und Nebendrathe zugleich entwickelte Wärme ist bei gleicher Ladung der Batterie constant, und dies erklärt die Abnahme der Wärme im Hauptdrathe gegen den Fall, dass der Nebenstrom fehlt.

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: 1861

Band/Volume: 44_2

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

Artikel/Article: Über den Gebrauch des Luftthermometers. 259-280