III. *Ueber die elektrische Intensität der isolirten Säule, von G. Th. Fechner.*

In den mir bekannten Lehrbüchern der Physik finde ich allenthalben angeführt, daß bei der, an beiden Polen isolirten Voltaischen Säule ein Indifferenzpunct in die Mitte falle, daß die Intensität von da nach beiden Polen zu gleichmäfsig fortschreite, und die Intensität beider Pole selbst gleich sey. So ist es u. a. auch in Gehler's Wörterbuch (Bd. IV. S. 832) und im mathematischen Supplement zu Baumgartner's Naturlebre (S. 808) angegeben ¹). Inzwischen läßt sich leicht aus den anerkannten Grundgesetzen der galvanischen Electricität zeigen, daß dieß bloß dann richtig seyn könne, wenn die elektrischen Capacitäten ²) (Ableitungsgrö-

1) In meinem eigenen Lehrbuch des Galvanismus, welches der Uebersetzung des Biot'schen Lehrbuchs als dritter Theil eingeschaltet ist, S. 42, ist der Einfluß der verschiedenen Capacitäten der Pole zwar berücksichtigt, aber das genaue Abhängigkeitsverhältniß der Intensität davon nicht hergeleitet, und überhaupt die ganze Theorie der isolirten Säule nur ungenügend dargestellt worden.

2) Unter elektrischer Capacität der Körper verstehe ich diejenige (verhältnißmäßige) Menge Electricität, welche sie, mit demselben Electricitätsquell gleichzeitig auf dieselbe Weise in Verbindung gesetzt, aufnehmen (bezogen auf eine beliebige Einheit). Bekanntlich hängt diese Capacität theils von der Größe der Oberfläche, theils von der Gestalt, aber nicht von der Materie der Körper ab, kann auch durch besonders hinzutretende condensirende Ursachen vergrößert werden. In Obigem werde ich die elektrischen Capacitäten immer den Oberflächen einfach proportional setzen. Der im allgemeinen stattfindende Fall, wo sie es nicht sind, indem wegen der Gestalt locale Verdichtungen der Electricität (an den Rändern, Ecken u. s. w.) stattfinden, läßt sich leicht auf den obigen zurückführen, indem man bei Substituierung der Capacitäten in den obigen Formeln alle diese Stellen im Verhältniß der Verdichtung vergrößert annimmt, und die dann aus den Formeln sich ergebende Intensität für diese Stellen mit dem Verdichtungsverhältniß multiplicirt.

fsen) beider Pole einander gleich sind, und wenn zugleich auch die Plattenpaare in der Säule selbst einander gleich sind, oder vielmehr gleiche elektrische Capacitäten haben. Nicht minder lehrt die Erfahrung, daß in dem Maafse, als sich die elektrische Capacität eines Pols gegen die des anderen vergrößert, seine Intensität gegen die des letzteren abnimmt.

Der Fall gleicher Capacitäten der Pole unter sich und der Plattenpaare untereinander, kommt bei Versuchen mit einer Säule nicht leicht vor; denn bei Prüfung der Intensität eines Pols oder einer Platte inmitten der Säule, wird (wofern man sich nicht der Uebertragung durch ein Prüfungsscheibchen bedient), die Capacität des betreffenden Pols oder der betreffenden Platte durch Ansatz des Elektrometers, wohl gar des Condensators, vergrößert, aus welchem Umstande man auch schon früher ganz genügend erklärt hat, warum der Condensator bei isolirten Säulen keine nützlichen Dienste leistet. Es kann demnach nicht ohne Nutzen seyn, über die hierbei obwaltenden Verhältnisse nähere Bestimmungen zu geben. Diese lassen sich leicht aus folgenden Sätzen ableiten: ¹⁾

1) Die *Gesamtquantitäten* positiver und negativer Elektricität, die respectiv auf beiden Platten eines Elektromotors sich vorfinden, sind einander gleich, was aus ihrer Entstehung durch Zersetzung der natürlichen Elektricitäten folgt, auch mindestens für gewisse Fälle, leicht durch Erfahrung zu bewähren ist.

2) Die Summe der *Intensitäten* auf beiden Platten, oder wenn man der Intensität der negativen Elektricität das negative Vorzeichen giebt, ihre Differenz, bleibt bei allem Wechsel ihrer Capacität eine constante Gröfse.

1) Bemerkung verdient, daß im Folgenden bloß die, bei der Berührung *freie*, Elektricität der Platten in Betracht gezogen ist, nicht die an den Berührungsflächen condensirte, welche, da die Platten ungetrennt bleiben, ins Spiel der Erscheinungen nicht eingeht.

Dieser Satz, obwohl es meines Wissens an einer directen experimentalen Bewährung desselben noch fehlt, wird doch durch die allgemeine Uebereinstimmung aller daraus zu ziehenden Folgerungen mit der Erfahrung so gut bestätigt, daß man ihn wohl allgemein als sicher genug begründet hält und halten kann ¹⁾).

3) Die auf jeder Platte entwickelte Elektricität vermag sich mit gleichförmiger Intensität über alle mit ihr in Verbindung gesetzte leitende Oberflächen zu verbreiten.

Da es mir schien, daß bei letzterem Satze noch in Frage gestellt werden könne, ob nicht die Intensität vielmehr mit der Entfernung von der Berührungsoberfläche abnehme; so habe ich folgenden Versuch in Bezug darauf angestellt.

Ein Wulst von doppelt übersponnenem ganz dünnen kupfernem Multiplicatordraht, welcher eine Länge zwischen 16000 und 17000 par. Fufs hatte, wurde an beiden Enden von Seide befreit, und das eine Ende mit einem Zinkstück so in Verbindung gesetzt, daß ein ganz kleines Drathendchen, von bloß einigen Linien Länge, vom Zinkstück abstehend blieb. Mochte ich nun dieses, der Berührungsstelle ganz nahe Endchen, oder das durch eine Drahtlänge von mehr als 16000 F. davon getrennte Ende am Condensator entladen, während ich das Zink mit der Hand faßte, so verhielt sich doch die Stärke des Ausschlages in beiden Fällen ganz gleich. Diesen Ver-

1) Interessant genug ist, daß dieß Gesetz sich selbst für den Fall bewährt, wo man *beide* Platten eines Elektromotors zugleich mit dem Erdbodem (und dadurch zugleich unter sich) in Verbindung setzt. Stehen sie beide durch gleich gute Leitung mit dem Boden in Verbindung, so geben sie am Condensator gleich starke Ausschläge; sonst giebt diejenige einen schwächeren, die durch bessere Leitung mit dem Boden communicirt. Wir haben also hier den Fall von Körpern, welche ungeachtet der Nichtisolirung dauernd elektrisch geladen sind. Wird bloß eins von beiden Metallen mit dem Boden in Verbindung gesetzt, so hört seine Wirkung gänzlich auf.

such habe ich zu verschiedenen Zeiten, auch mit ausgestreckten, dann natürlich kleineren Drathlängen wiederholt.

Gelegentlich will ich hierbei einer Beobachtung erwähnen, die vielleicht nicht ganz ohne Interesse ist, indem sie zeigt, wie man mittelst des Multipliers im Stande ist, die vertheilende Wirkung der Elektricität eines einfachen Elektromotors bemerklich zu machen. Ein sehr dünner Multipliator draht von nicht ganz 3000 F. Länge war mit etwas mehr als 3000 Windungen um ein kupfernes Gestell gewunden. Da der Verfertiger vernachlässigt hatte, die Ränder an den Stäben des Gestelles gehörig abzurunden, so hegte ich, obwohl er die zu erwartende Wirksamkeit zu erkennen gab, doch die Besorgniß, diese Ränder des Gestelles könnten an einigen Stellen in den Seidenüberzug des Drahts einschneiden, und dadurch mehrere Stellen des Drahts in eine, die Wirkung schwächende, fremdartige Communication bringen. Um mich hiervon zu überzeugen, befestigte ich an das eine Ende des Drahts ein Zinkstück, und entlud, während des Zink mit dem Boden in Verbindung stand, das isolirt gehaltene Gestelle am condensirenden Elektroskop, aus dem Gesichtspunkte, daß im Fall einer Communication des Gestelles mit dem Draht, das Gestell die negative Elektricität, welche der Draht durch Berührung des Zinks erlangt, theilen müßte. In der That zeigte sich ein deutlicher negativer Ausschlag. Ich liefs demnach, um dem Multipliator den vermeintlich hiedurch erwiesenen Uebelstand zu benehmen, den ganzen Draht abwickeln, die Ränder des Gestelles gehörig abstumpfen und dasselbe überdies mit seidnem Bande so umwinden, daß der Draht nach dem abermaligen Aufwickeln keine möglichen Berührungspunkte mehr mit dem Metall des Gestelles finden konnte. Dessenungeachtet trat bei Wiederholung des Versuches, zu meiner Ueberraschung, abermals der negative Ausschlag ein; welcher dagegen

bei Fortlassung des Zinkstücks durchaus wegfiel. Da die metallische Berührung des Drahts und Gestelles ganz unmöglich gemacht war, so konnte der Erfolg dieses Versuches in nichts anderem begründet liegen, als darin, daß die direct durch Berührung mit dem Zink elektrisch gemachten Kupferdrathwindungen durch Vertheilung auf die Theile des Gestelles wirkten, um die sie gewunden waren, und indem die positive Elektricität an den unwunden Stellen gebunden blieb, dagegen die negative in die vom Draht freien Stellen zurückgetrieben wurde. Daß diese Erklärung die richtige sey, ergab sich theils aus den näheren Umständen des Versuches ¹⁾, theils daraus, daß ein anderer Multiplicator mit einer noch größeren Anzahl Windungen, dessen Gestell ebenfalls mit Seide umwickelt war, ganz dasselbe Verhalten in noch stärkerem Grade zeigte, während ich bei anderen Multiplicatoren mit wenigen und dick übersponnenen Windungen nichts deutliches davon bemerken konnte. Endlich habe ich auch dasselbe an metallischen Röhren und Cylindern, die mit übersponnenem Draht (behufs elektromagnetischer Versuche) umwickelt waren, wieder gefunden; und zwar so stark, daß der durch die secundäre Elektricität erzeugte Ausschlag merklich (so weit man nämlich nach den Ausschlägen eines Goldblattes urtheilen kann) gleiche Stärke mit dem durch die primäre zu erhaltenden hatte, obwohl nie eine größere.

Man

1) Der Ausschlag verschwand nämlich, wenn das Gestell, während es am Condensator angebracht wurde, zugleich mit dem Boden in Verbindung stand; da doch, wenn er von metallischer Communication des Gestelles mit dem Drahte hergerührt hätte, noch die elektrische Wirkung, zufolge des in der Anmerkung S. 46 Bemerkten, hätte fortbestehen müssen, da auch das Zink mit dem Boden, und zwar absichtlich durch bessere Leitung als das Gestell, communicirte. Auch war der Ausschlag bei isolirtem Gestell beträchtlich schwächer, als derjenige, den ich erhielt, wenn ich den Kupferdraht, selbst bei angefügter Zinkplatte am Elektrometer endlud.

Man könnte glauben, daß sich selbst ohne Hülfe des Condensators die Elektricität eines kupfernen Multiplikatorwulstes mit angehängter Zinkplatte müßte bemerklich machen lassen; denn wenn alle Windungen negativ elektrisch werden, so scheint es, müßte diese große Summe von Elektricität starker Wirkungen fähig seyn. Inzwischen ist es mir durch Anbringung eines solchen Wulstes an mein so empfindliches Elektrometer nicht gelungen, dies nachzuweisen; unstreitig, weil die Windungen eines Multiplikatorrahmes, wenn sie zusammengewickelt sind, wegen der repulsiven Kraft der Elektricität nicht so viel Elektricität aufnehmen, als wenn der Draht ausgestreckt wäre.

Nach dieser Abschweifung kehre ich zurück zum Gegenstande. Zuerst will ich, zur leichteren Uebersicht der Resultate, die dafür sich ergebenden Formeln, dann ihre Ableitung besonders mittheilen.

Es sey eine regelmäßige aufgebaute Säule: Kupfer, Zink, feuchter Leiter, Kupfer, Zink etc. gegeben, die also mit Kupfer anfängt, mit Zink schließt. Sie bestehe aus n Plattenpaaren mit $(n - 1)$ dazwischen befindlichen feuchten Leitern. Die Polplatten mögen beliebige Capacitäten haben; im übrigen aber seyen die Capacitäten aller innerhalb der Säule liegenden Zinkplatten unter einander gleich, eben so aller Kupferplatten, eben so aller feuchten Leiter, ohne daß jedoch eine gegenseitige Gleichheit der Capacität, z. B. der Zink- und Kupferplatten, vorausgesetzt wird. Die freie Intensität, welche jede Platte annehmen würde, wenn sie mit der andern heterogenen, bei gleicher Oberfläche und Gestalt, zu einem Elektromotor verbunden wäre, werde $= 1$ gesetzt. Es sey Z die Capacität der Zinkplatte, alle daran gefügte Ableitungsgrößen mit eingerechnet, C eben so die der Kupferpolplatte, S die Capacität der ganzen übrigen Säule (ohne die beiden Polplatten). $A = S + Z + C$ sey die

Capacität der ganzen Säule, I_z die freie Intensität des Zinkpols, I_c die des Kupferpols.

Es gelten dann, wenn wir der negativen Elektricität das negative Vorzeichen geben, folgende zwei Gleichungen:

$$\left. \begin{aligned} I_z &= \frac{n(S+2C)}{A} \\ I_c &= -\frac{n(S+2Z)}{A} \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

Folgerungen hieraus sind: 1) wenn die Capacitäten der Säulenpole C und Z gegen die Gesamtcapacität S der übrigen Säulenglieder verschwinden, so ist die Intensität beider Säulenpole einander gleich, wie auch das Verhältniß der Capacitäten C und Z beschaffen seyn mag.

2) Wenn umgekehrt die Capacitäten beider Säulenpole so groß sind, daß die Gesamtcapacität der übrigen Säulenglieder gegen jede von ihnen verschwindet, so verhalten sich die Intensitäten der Pole umgekehrt wie ihre Capacitäten.

3) Die Summe der Intensitäten beider Pole (abgesehen vom Vorzeichen) bleibt, wie auch die Capacitäten an dem Pole sich ändern mögen, immer $= 2n$. Unstreitig würde dieß selbst noch dann der Fall seyn, wenn man nur beide mit dem Erdboden so in Verbindung setzen könnte, daß sie nicht zugleich unter sich communicirten, in sofern eine solche Communication keinen Gleichgewichtszustand, für den die vorstehenden Formeln gelten, zuläßt. Indefs werden sie noch immer ihre Anwendung für den Fall finden, wo sich die Elektricität durch die ganze Säule von einem metallischen Gliede derselben zum andern unendlich schneller fortpflanzen, als durch den vereinigen Leiter abfließen kann; wie denn wirklich bekannte Versuche lehren, daß, je schlechter der die Pole einer Säule verbindende Leiter im Verhältniß zu den Gliedern der Säule selbst leitet, um so näher kommen die Intensitäten der Säulenpole denen einer isolirten Säule.

Bei der einfachen Kette, welche man zur Anwen-

derung der Formeln (1) darauf, als eine auf ihre Polplatten reducirte Säule betrachten kann, findet jene Bedingung bei Schließung durch einen feuchten Leiter wirklich statt; denn da hier zwischen beide Pole kein anderer feuchter Leiter tritt, so vermag sich in der That die Elektrizität durch die bloß metallischen Glieder derselben fast unendlich schneller fortzupflanzen, als durch den schließenden feuchten Leiter hindurch zu vereinigen.

Bei Bestimmung der Intensität der zwischen den Polen befindlichen Platten wollen wir stets vom Kupferpol zu zählen anfangen, so daß die *erste* Kupferplatte der Kupferpol selbst, die *erste* Zinkplatte die dem Kupferpol anliegende Zinkplatte heiße. Die Intensität der *m*ten Zinkplatte heiße I_{zm} , die der *m*ten Kupferplatte I_{cm} , dann haben wir:

$$\left. \begin{aligned} I_{zm} &= I_c + 2m \\ I_{cm} &= I_c + 2(m-1) \end{aligned} \right\} \cdot \cdot \cdot (2)$$

wobei nicht zu vergessen, daß I_c , d. i. die Intensität des Kupferpols, negativ, also subtraktiv zu nehmen ist.

Im Fall einer gleichen Capacität beider Pole, wo $I_c = -n$, gehen diese Formeln über in:

$$\left. \begin{aligned} I_{zm} &= 2m - n \\ I_{cm} &= 2(m-1) - n \end{aligned} \right\} \cdot \cdot \cdot (3)$$

was mit den gewöhnlichen Angaben über die isolirte Säule übereinstimmt.

Man erkennt aus den Formeln (2), daß, welches Verhältniß auch zwischen den Capacitäten beider Pole bestehen mag, doch die Intensitätsdifferenz von einer Platte zur gleichnamigen folgenden immer 2 bleibt (unter Voraussetzung der S. 49 angenommenen Einheit), wie im Fall gleicher Capacitäten, so daß es immer hinreicht, die Intensität der Pole und die Zahl der Plattenpaare zu kennen, um daraus die Intensität aller zwischenbefindlichen Platten zu bestimmen, der Indifferenzpunkt wird immer von der Mitte näher nach dem Pole von größerer Capacität rücken müssen, und bestimmt sich durch

den Werth von m , den man erhält, wenn man in den Formeln (2) I_{zm} und I_{cm} Null setzt. Eigentlich sind die Formeln (2) für Versuche ohne sonderliche Bedeutung, wenn nicht etwa die Prüfung der Intensität mittelst eines isolirten Prüfungsscheibchen geschehen kann, da sonst die Capacität der geprüften Platte durch Ansatz des Elektrometers selbst vergrößert wird, während die vorigen Formeln eine gleiche Capacität aller Plattenpaare, mit Ausnahme der Pole, voraussetzen. Es dürfte daher nützlich seyn, auch die Formelu für den Fall anzugeben, wo eine Platte irgendwo zwischen den Polen eine andere Capacität, als die übrigen hat.

Nehmen wir an, zur Capacität der p ten Zinkplatte (vom Kupferpol an gerechnet) sey die Capacität E gefügt worden (welches E hier die, der p ten Platte an sich zukommende, Capacität nicht mit einschließt), so wird die Intensität I_p dieser p ten Zinkplatte gegeben durch:

$$I_p = \frac{2p A - n(S + 2Z)}{A + E} \quad . \quad . \quad (4)$$

In dieser Formel, so wie in den folgenden, drückt A die totale Capacität der Säule mit Ausschluss von E aus; und S die Capacität der Säule, mit Ausschluss von $(C + Z + E)$, d. h. mit Ausschluss der Pole und der zugefügten Capacität, so dass also S hier, wie früher $= A - (Z + C)$.

Ist andererseits die Capacität E zur p ten Kupferplatte gefügt, so braucht man, um ihre Intensität zu finden, in vorige Formel bloß zu substituiren $(p - 1)$ für p .

Durch Vergleichung vorstehender Formel mit (2), worin der Werth für I_c aus (1) zu substituiren, findet man (indem man $p = m$ setzt), dass die Intensität *irgend einer* Platte in der Säule durch Zufügung der Capacität E zu ihr eine Schwächung im Verhältniß von $\frac{A}{A + E}$ erfährt, d. i. dass die neue Intensität zur früheren sich

verhält wie die frühere Gesamtcapacität der Säule zu der neuen, um E vermehrten.

Jedoch nicht allein die Intensität der p ten Platte, zu welcher die Zufügung von E erfolgt, ändert sich hiedurch, sondern auch die Intensität jeder andern Platte in der Säule und der Pole selbst.

Im Fall die Capacität E zur p ten Zinkplatte gefügt wird, ist die biedurch geänderte Capacität der Pole:

$$I_s = \frac{n(S+2C)+2(n-p)E}{A+E} \quad . \quad . \quad (5)$$

$$I_c = - \left[\frac{n(S+2Z)+2p'E}{A+E} \right] \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

die Capacität der m ten Platte aber in der Säule (vom Kupferpol an gezählt) ist:

$$I_{sm} = \frac{2pA - n(S+2Z)}{A+E} + 2(m-p) \quad (7)$$

$$I_{cm} = \frac{2pA - n(S+2Z)}{A+E} + 2(m-p-1) \quad (8)$$

Ist die Capacität E vielmehr zur p ten Kupferplatte gefügt, so braucht man in vorige vier Formeln wiederum blofs $(p-1)$ für p zu substituiren.

Die Ordnungszahl m' der Zinkplatte, wohin der Nullpunkt der Säule fällt, wenn E zur p ten Zinkplatte gefügt wird, ist:

$$m' = \frac{2pE + n(S+2Z)}{2(A+E)} \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

Addirt man den Ausdruck von I_c in (6) mit entgegengesetztem Vorzeichen zum Ausdruck von I_s in (5), so ergibt sich, mit Rücksicht darauf, dafs $S+C+Z=A$, dafs, wie und wo auch die Capacität einer Platte zwischen den Säulenpolen abgeändert, doch die Summe der Intensitäten beider Pole (abgesehen vom Vorzeichen) stets $2n$ bleibt. Nicht minder ergibt sich aus den Formeln (7) und (8), dafs der Intensitätsunterschied von einer Platte zur gleichnamigen nächsten auch jetzt noch $=2$ ist.

Setzt man eine Säule irgendwo (an der p ten Zinkplatte) mit dem Erdboden in Verbindung, d. h. macht man E unendlich, so ist es (nach Formel 5 und 6) so gut, als theilte man die Säule in zwei nicht isolirte Säulen, welche am nicht isolirten Pole (der p ten Platte) zusammenstoßen, und deren eine aus $(n-p)$, die andere aus p Plattenpaaren besteht.

Die Herleitung vorstehender Formeln findet auf folgende Weise statt: Betrachten wir zuvörderst einen einfachen Elektromotor, dessen Platten respective die Capacitäten C und Z , und die Intensitäten I_c und $+I_z$ haben. Dann erhalten wir, unter Annahme der S. 49 bemerkten Einheit, vermöge der beiden ersten der, S. 45 angeführten Sätze, die beiden Gleichungen:

$$ZI_z = -CI_c$$

$$I_z - I_c = 2,$$

woraus sich findet:

$$I_z = \frac{2C}{Z+C} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (a)$$

$$I_c = -\frac{2Z}{Z+C} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (b)$$

Nach diesen beiden Formeln können wir nun auch die Intensität der Elektricität berechnen, welche jedes Plattenpaar innerhalb einer Säule selbstständig entwickelt, indem wir dabei zur Capacität jeder Platte den Theil der Säule mit hinzurechnen, über den sich die Elektricität von der betreffenden Platte aus zu verbreiten hat. Die Intensität der Pole wird dann erhalten durch Summation der Intensität, welche im Polplattenpaar selbstständig entwickelt wird mit den Intensitäten, welche von den übrigen Plattenpaaren auf denselben Pol durch Ueberleitung übergeben.

Es werde nun der Erfolg gesucht, den diese Summation für den Zinkpol, d. i. die Zinkplatte des n ten Plattenpaares hat, wenn eine Säule aus n Plattenpaaren mit $(n-1)$ dazwischen befindlichen feuchten Leitern

unter den, S. 49, aufgestellten Voraussetzungen gegeben ist, und die Buchstaben die dort angegebene Bedeutung haben. Die Capacität, welche einem Plattenpaare, d. h. einer Zink- und Kupferplatte mit zugehörigem feuchten Leiter zusammen an sich, d. i. ohne Hinzurechnung anderer Säulenglieder, zukommt, heiße a , so ist die totale Capacität der Säule $A = Z + C + (n-1)a$ und die Capacität der Säule ohne die Pole $S = (n-1)a$.

In dem n ten Elektromotor ist die Capacität der Zinkplatte Z , die der Kupferplatte $A - Z$; denn da sich von ihr aus die Elektrizität über den ganzen übrigen Theil der Säule fortpflanzt, so ist dieser übrige Theil als zu ihrer Capacität mit gehörig anzusehen, wenn es sich darum handelt, die Intensität zu bestimmen, welche die Platten des Zinkpols durch ihre einfache elektromotorische Berührung erlangen. Substituiren wir diese Capacitäten Z und $A - Z$ respective für Z und C in Formel (a), so erhalten wir dadurch als Ausdruck der Intensität, welche die Zink-Polplatte durch Berührung der anliegenden Kupferplatte erhält:

$$\frac{2(A - Z)}{A}.$$

Zu dieser, innerhalb des Plattenpaares selbstständig erweckten, Intensität addiren sich aber nun diejenigen Intensitäten, welche respectiv von der Zinkplatte des $(n-1)$ ten, $(n-2)$ ten . . . (u. s. f.) Plattenpaares durch Ueberleitung auf den Zinkpol übergehen. Um diese zu bestimmen, ist in Betracht zu ziehen, daß die Capacität des Zinks im $(n-1)$ ten Elektromotor oder Plattenpaare ist $Z + a$, indem jetzt die Capacität des n ten Elektromotors, auf welcher die Ueberleitung erfolgt, seiner Capacität beizurechnen ist. Nach gleichem Princip ist die Capacität des Zinks im $(n-2)$ ten Plattenpaare $Z + 2a$, endlich die des Zinks im ersten Plattenpaare $Z + (n-1)a$. Andererseits ist die Capacität des Kupfers im $(n-1)$ ten Elektromotor $A - Z - a$, im

$(n-2)$ ten $A-Z-2a$, endlich im ersten $A-Z-(n-1)a$. Substituirt man diese Werthe wiederum in Formel (a) respective für Z und C , um so die Intensitäten der Zinkplatten aller einzelnen Plattenpaare zu bestimmen, die sich dann durch Ueberleitung zum Zinkpol summiren, so wird man finden, 'dafs auf der Zinkpolplatte folgende Intensitäten zusammenfliefsen:

$$\begin{aligned} & \frac{2(A-Z)}{A} \text{ vermöge eigener Elektricitätsentwicklung.} \\ & \frac{2(A-Z-a)}{A} \text{ vom } (n-1)\text{ten Plattenpaare übergeleitet.} \\ & \frac{2(A-Z-2a)}{A} \text{ vom } (n-2)\text{ten Plattenpaare übergeleitet.} \\ & \text{etc.} \\ & 2[A-Z-(n-1)a] \text{ vom ersten Plattenpaare übergeleitet.} \end{aligned}$$

Die Summe dieser Werthe ist folgende:

$$\frac{2n(A-Z)-2a[1+2+3 \dots (n-1)]}{A}.$$

Da nun:

$$2[1+2+3 \dots (n-1)] = n(n-1),$$

so geht voriger Ausdruck, welcher den Werth von I_z giebt, mit Rücksicht, dafs $A=Z+C+(n-1)a$ und $(n-1)a=S$, über in:

$$I_z = \frac{n(S+2C)}{A},$$

welches die Formel (1) für den Zinkpol ist. Durch eine analoge Herleitung finden wir die zugehörige Formel für den Kupferpol.

Die Herleitung der Formel (4), welche für eine, zwischen den Polen befindliche Platte bei Zufügung irgend einer Capacität zu derselben gilt, kann nach folgender Betrachtung geschehen. Man denkt sich die ganze Säule durch die betreffende Platte in zwei partiale Säulen getheilt; so dafs diese Platte eben sowohl den negativen Pol der einen Säule, als den positiven Pol der andern

bildet (oder zu dem betreffenden Pol gehört). Man bestimmt nun die Intensität dieser Platte nach den Formeln (1), indem man sie erst als den Pol der einen Partialsäule betrachtet, und die ganze andere Partialsäule mit zu ihrer Capacität rechnet; dann, indem man sie als den Pol der andern Partialsäule betrachtet, und nun die erste Partialsäule zu ihrer Capacität rechnet. Die Differenz beider Intensitäten, da sie entgegengesetzter Natur sind, giebt die wirkliche Intensität.

Nach einer analogen Herleitungsweise, die ich, da sie in der Ausführung ohne Schwierigkeit, in der Darstellung aber umständlich ist, nicht hersetzen will, sind auch die Formeln (5) bis (9) gefunden, von deren Richtigkeit sich leicht jeder selbst durch Vornahme dieser Entwicklung überzeugen kann.

Da man sich zur Prüfung der Intensität der Säule des condensirenden Elektroskops zu bedienen pflegt, durch Ansatz desselben an die prüfende Platte aber die Capacität, und mithin Intensität derselben abgeändert wird, so wird es nicht überflüssig seyn, die Anwendung der vorigen Formeln auf diesen Fall noch besonders zu betrachten.

Stellen wir uns vor, zum Zinkpol, der nach Formel (1) die Intensität

$$\frac{n(S+2C)}{A}$$

hat, werde ein condensirendes Elektroskop, welches bei stattfindender Condensation die Capacität K hat, gefügt, so wird hiedurch die Intensität des Zinkpols (an den Stellen wo keine Condensation stattfindet) übergehen in

$$\frac{n(S+2C)}{A+K},$$

wo A die Capacität der Säule noch ohne hinzugefügten Condensator bezeichnet. Der Condensator (samt Elektroskop) läßt sich als aus zwei Theilen bestehend betrachten, einer Oberfläche von der Capacität F , auf wel-

cher keine Condensirung statt hat, und einer zweiten, von der Capacität G , welche durch m fache Condensirung in mG übergeht. Sonach ist $K = F + mG$, und die condensirte Intensität auf der condensirenden Fläche

$$= \frac{mn(S + 2C)}{A + F + mG},$$

Es giebt also ein Maximum der Condensirung, welches dann stattfindet, wenn $A + F$ gegen mG verschwindet; und dieß Maximum der mittelst des Condensators zu erlangenden Intensität verhält sich zu der Intensität, welche, ohne Zufügung des Condensators, auf dem Pole der Säule statt gehabt haben würde $= A : G$, d. h. wie die Capacität der ganzen Säule, ohne Condensator und Elektroskop, zur Capacität der condensirenden Oberfläche des Condensators noch ohne Condensation. Es geht hieraus hervor, daß nur ein Condensator von sehr kleiner Oberfläche und sehr starker condensirender Kraft, bei Anbringung an einem Pole der isolirten Säule, Nutzen gewähren kann.

Da man beim Gebrauche des condensirenden Elektroskops, nach erfolgter Ladung, dasselbe von der Säule trennt und die Condensation aufhebt, wonach sich die vorher auf der condensirenden Oberfläche G verdichtete Elektricität mit über die nicht condensirende Oberfläche F verbreitet, so ist, um die Intensität des condensirenden Elektroskops nach dieser Operation zu finden, obiger Ausdruck eigentlich noch mit $\frac{G}{F + G}$ zu multipliciren.

Schließlich möge noch eines Umstandes gedacht werden, über den uns alle bisherigen Experimental-Untersuchungen, welche über die Säule geführt worden sind, in Ungewissheit lassen. Verbreiten sich die Elektricitäten im Gleichgewichtszustande, wie er bei der ungeschlossenen Säule statt hat, bloß längs der äußern Oberfläche der Säule, oder auch in einigem Grade zwischen

die Berührungsflächen der feuchten Scheiben und Metallplatten? Natürlich muß die Entscheidung dieser Frage auf den Werth von S in vorstehenden Formeln den unterschiedensten Einfluß haben. Ich hoffe, mittelst einer elektrometrischen Vorrichtung, die ich mir dazu fertigen lasse, hierauf bald eine bestimmte Antwort geben zu können. Einige vorläufige Versuche scheinen mir anzuzeigen, daß bloß die Aufsendläche in Betracht zu ziehen sey.

IV. *Einige Bemerkungen über Fechner's „Rechtfertigung der Contact-Theorie des Galvanismus;“ von C. F. Schönbein.*

Es ist meine Absicht nicht, hier in eine specielle Erörterung der Arbeit einzutreten, welche der eifrige und verdiente Forscher auf dem galvanischen Gebiete unter obigem Titel neulichst in den Annalen veröffentlicht hat. Die Würdigung der Einwürfe, welche von Fechner gegen die Fundamentalversuche De la Rive's vorgebracht worden sind, überlasse ich vor der Hand dem Genfer Physiker selbst, der nach so starken Angriffen das wissenschaftliche Publicum wohl nicht lange auf seine Vertheidigung warten lassen kann. Ich gedenke in dieser Abhandlung hauptsächlich nur den Versuch zu besprechen, welchen Fechner als *Experimentum crucis* gegen die chemische Theorie geltend zu machen sucht, und von dem Seite 509 in No. 12, 1837, der Annalen die Rede ist. Zunächst will ich die Resultate anführen, die in Beziehung zu dem fraglichen Gegenstand stehen, und zu welchen mich meine neueren Volta'schen Untersuchungen geführt haben. Ich bediente mich bei denselben eines Galvanometers, das einige Tau-