III.
NEUE UNTERSUCHUNGEN
über die Natur der Voltaischen Säule,
von
J. C. L. REINHOLD,
in einem Briefe an den Herausgeber.

Leipzig den 21sten Jul. 1802.

Ich eile, Ihnen einige neuere Versuche mitzutheilen, die von mir in der Absicht angestellt wurden, die Theorie der Voltaischen Säule zu begründen, und die eine Fortsetzung der in meinen frühern Briefen enthaltenen Versuche sind. Sie werden sich dessen erinnern, was ich *Annalen*, B. X, S. 450 folg., über diesen Gegenstand geäußert habe, und daß *Vertheilung der Electricität* das war, worauf meine damahls gegebne Erklärung allein sich gründete. *) Für den feuchten Leiter war diese

*) Ich liefs in diesen Tagen, um zu versuchen, ob nicht vielleicht ein anderer schlecht leitender Körper die Stelle des feuchten Leiters in der Batterie vertreten könne, 150 Zinkplatten von $2\frac{1}{2}$ par. Zoll Durchmesser auf einer Fläche mit einer äußerst dünnen Schicht Spirituslack überziehen, und thürmte sie mit eben so vielen gleich großen Kupferplatten dergestalt über einander, daß die lackirte Seite jedes Mahl an die Stelle des feuchten Leiters zu liegen kam; allein es erfolgte

Vertheilung durch die eben daselbst aufgestellten Versuche erwiesen. In den festen Leitern sie anzunehmen, glaubte ich, ungeachtet es mehrere Phänomene mich ahnden ließen, *) ohne triftige Beweise nicht wagen zu dürfen, da einige Beobachtungen mehr dawider, als dafür zu sprechen schienen. Ich versuchte daher, ob die Polarität des feuchten Leiters zur Gründung einer Theorie der Säule allein hinreichen könne. Es gelang, nur daß sich dieselbe nicht ohne allen Zwang mit den bis jetzt bekannten Gesetzen der vertheilten Electricität vereinigen ließ. Natürlich mußten Erscheinungen mir jetzt willkommen seyn, die diese Widersprüche hoben, die von mir gemuthmaßte *Vertheilung in den Metallen bestätigten*, und so die Phänomene des Galvanismus an jene ältern electricischen Erfahrungen reihten.

1. Die gleichnamigen Pole der sich völlig gleichen Batterien *A* und *B*, (Fig. 1, Taf. II,) wurden durch die mit Wasser gefüllten Röhren *a* und *b* verbunden; (die zu denselben führenden Drähte, α , β , γ , δ , waren von Silber, und ihre Spitzen $\frac{1}{2}$ par. Zoll von einander entfernt.) Es zeigte, selbst nach ei-

nicht die mindeste Wirkung; schon eine einzige dieser Platten unterbrach die Action einer sehr thätigen Säule von 100 Lagen vollkommen. Als Condensator gebraucht, wirkte jede einzelne vortreflich.

R.

*) *Annoten* Bd. X, S. 342, Anm.; 354, Anm.; 460 folg.

R.

nem Zeitraume von 10 Minuten, sich nicht die mindeste Spur, weder von Gas noch Oxyd, zum Beweise, dals die Action in $A \equiv$ der in B war. Ein dritter Silberdraht, c , wurde nunmehr mit einem Ende auf β , mit dem andern auf γ gelegt; die Batterie war jetzt geschlossen, und in demselben Augenblicke begann mit gleicher Heftigkeit in a und b Action, und zwar nach dem Fig. 1 bemerkten Schema der Polarität, wo beide Pole von A Oxygen, von B Hydrogen gaben.

2. Eine nochmalige Schliessung wurde durch einen zweiten Draht d , (Fig. 2,) zu Stande gebracht, welcher, ohne c , das unverrückt in seiner Stelle blieb, irgendwo zu berühren, mit a durch α , mit b durch δ verbunden war. Sogleich trat in beiden Röhren die tiefste Ruhe ein, und von nun an war keine Spur von Gasentwicklung in ihnen bemerkbar.

3. Die Schwierigkeiten, welche bei Erklärung von 1 sich finden, verschwinden, sobald man die beiden Batterien A und B einzeln, und jede durch den Draht c geschlossen sich denkt. Hier mufs a , als zur Schliessung von A gehörig, an α Oxygen, an β Hydrogen geben; und b , welches B allein angeht, Hydrogen an δ , Oxygen an γ zeigen. — Eben so scheint in 2 jede Action um deswillen in diesen Röhren schweigen zu müssen, weil hier durch die doppelte Schliessung gleiche Kräfte einander gegenüber gestellt werden. Was in c und d vorgehe, können wir für jetzt noch nicht mit Gewifsheit entscheiden. Aber so genügend, als diese Ansicht ist,

so wahrscheinlich, als sie wird, wenn wir bedenken, daß Electricität, gewohnt, dem kürzern Wege zu folgen, nur diese Schließung wählen werde: eben so streng fordert sie das Geständniß von uns, daß *mit ihr Vertheilung, Polarität für c und d gegeben sey*. Wir finden dieses, indem wir beide nochmahls betrachten. In Fig. 1 sind *A* und *B* vermittelt des beiden gemeinschaftlichen Leiters *c* geschlossen, und zwar so, daß eine Säule neben der andern wirkt, ohne sich um ihre Nachbarinn zu bekümmern; *c* allein interessiert sie beide. Was folgt hieraus für dieses? Wir wollen, um zu versuchen, ob eine nähere Beleuchtung es uns lehre, jede Batterie einzeln betrachten. *A* mache den Anfang, und der negative Pol dieser Batterie sey der bestimmende für *c*; eine Annahme, wozu wir desto mehr berechtigt sind, da *c* als dessen homogene Fortsetzung *) zu betrachten ist. Es wird mithin, wenn wir bloß Mittheilung annehmen, die Electricität von *c* der diesem Pole eigenthümlichen gleich, d. h. negativ seyn müssen. Aber gerade die entgegengesetzte Bestimmung giebt *B*. Hier muß, aus gleichen Gründen, der positive Pol für die in diesem

*) Daß *c* aus Silber besteht, indess die Endplatten der Säule Kupfer sind, kann, vorzüglich bei diesem Grade der Action, nicht hindern, beide für homogen zu nehmen, zumahl da in diesem Falle dieselben Erscheinungen unverändert sich zeigen, man mag für *c* ein Metall wählen, welches man wolle.

Drahte gegenwärtige Electricität entscheiden; sie kann daher keine andere als die positive seyn. So hätten wir nun in demselben metallnen Leiter beide Electricitäten zu Einer Zeit, an Einem Orte, nach entgegengesetzter Richtung thätig; etwas, was den electricchen Gesetzen widerstreitet, und eben deswegen von uns nicht angenommen werden darf. Zu demselben Resultate aber gelangen wir auch, wenn die entgegengesetzten Pole für c bestimmen. Niemand wird im Stande seyn, eine völlig genügende Erklärung dieser Phänomene zu geben, als wer Franklin's Hypothese auf die Erklärung der Säule überträgt, und zugleich annimmt, daß die überschüssige, vom positiven Pole der Batterie ausströmende Electricität, indem sie aus dem Metalle ins Wasser tritt, das Hydrogen dieses aus Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzten (?) Körpers an sich reisse, um es bei einem zweiten Uebertritte zum Metalle wieder von sich zu lassen. Erwägt man aber die so gegründeten Einwürfe, welche jede Theorie treffen, die von einer abgeleiteten, mithin abwesenden Kraft Thätigkeit fordert, erinnert sich ferner der gegen jene hypothetische Erklärung der Gasentwicklung sprechenden Gründe, und nimmt dazu die in den Versuchen 7 und 8 aufgestellten, mit dieser Meinung unvereinbaren Thatfachen; so wird man auch hier keine Befriedigung finden, vielmehr zugeben müssen: daß in c wirkliche Vertheilung, wirkliche Polarität vorhanden sey, mithin da, wo c die metallne Endplatte des Pols als Fortsetzung von

diesem berührt, gleichnamige, am entgegengesetzten Ende ungleichnamige Electricität sich finde. Dafs aber auf diese Art der Oxygenpol an der Berührungsfelle $+$, an der entgegengesetzten $-$, der Hydrogenpol hingegen dort $-$, hier $+E$ gebe, werden spätere Versuche beweisen. So sehen wir nun, wie und warum Fig. 1 gerade diese, und keine andern Erscheinungen darbieten konnte.

4. Dafs aber in c wirkliche Action vorhanden ist, zeigt sich, sobald wir ihr Gelegenheit geben, sich sinnlich darzustellen, welches z. B. dadurch geschieht, dafs wir c , wie in Fig. 3, theilen, und beide Enden dieses Drahts in eine mit Wasser gefüllte Röhre e leiten. Im Augenblicke der Schliessung hebt Gasentwicklung, und zwar nach dem hier bezeichneten Plane, an. *)

5. Eben so leicht wird sich Fig. 2 nun erklären lassen. Die Schliessung wird auch hier auf dem kürzesten Wege geschehen, aber eben deswegen für jeden Pol eine besondere, und mithin für jede Batterie eine doppelte seyn.

Für A: $\begin{cases} 1. + \text{Pol, } \alpha, **) & d, \delta ***) & b, \gamma, - \text{Pol} \\ 2. - \text{Pol, } \gamma, & c, \beta, & a, \alpha, + \text{Pol} \end{cases}$

Für B: $\begin{cases} 1. + \text{Pol, } \beta, c, \gamma, b, \delta, - \text{Pol} \\ 2. - \text{Pol, } \delta, d, \alpha, a, \beta + \text{Pol} \end{cases}$

*) Es dürfte, vorzüglich um die relative Stärke der Actionen zu bestimmen, sehr zweckmäfsig seyn, in diesen Versuchen, (4, 6,) statt der einfachen Entbindungsröhren, *Simontjane* Galvanometer anzuwenden. Natürlich müfste man vor-

Was aber wird hieraus für die Polarität dieser schließenden Leiter folgen? wo wird Ruhe, wo Action sich finden? Lassen Sie, zur Lösung dieser Aufgabe, uns, was das Vorhergehende lehrte, anwenden, und am Probesteine der Erfahrung die Aechtheit der so gewonnenen Resultate prüfen. Aus obigen Gründen wird die Polarität folgende seyn, für die Schließungen

$$\begin{aligned} \text{von A: } & \left\{ \begin{array}{l} 1. + \text{Pol, } \alpha d \delta, \quad b, \quad \gamma - \text{Pol} \\ \quad + \quad - \quad + \quad - \quad + \quad - \\ 2. - \text{Pol, } \gamma c \beta, \quad a, \quad \alpha, \quad + \text{Pol} \\ \quad - \quad + \quad - \quad + \quad - \quad + \end{array} \right. \\ \text{von B: } & \left\{ \begin{array}{l} 1. + \text{Pol, } \beta c \gamma, \quad b, \quad \delta, - \text{Pol} \\ \quad + \quad - \quad + \quad - \quad + \quad - \\ 2. - \text{Pol, } \delta d \alpha, \quad a, \quad \beta, + \text{Pol} \\ \quad - \quad + \quad - \quad + \quad - \quad + \end{array} \right. \end{aligned}$$

Halten wir zu einer vergleichenden Ueberlicht die Bestimmungsgründe für jeden einzelnen Leiter gegen einander, so überzeugen wir uns, dass in *a* so wenig als in *b* irgend eine Action kund werden könne, da gleiche, sich balancirende Kräfte einander hier gegenüber stehn; dass wirkliche Thätigkeit

her die Stärke jeder einzelnen Batterie gemessen haben. R.

**) Bis dahin, wo es *d* berührt, und auf ähnliche Weise für die folgenden Drähte. R.

**) Da wir in einer nur mäßig starken Batterie jede durch feuchte Leiter nicht unterbrochne Reihe Metalle als einen einzigen festen Leiter zu betrachten berechtigt sind, so können in diesen, wie allen nachherigen Formeln, die durch die ersten drei Buchstaben bezeichneten Drähte für einen einzigen genommen werden. R.

hingegen in *c* und *d*, so, wie Fig. 2 sie angiebt, obwalten muß, weil keines jener Hindernisse diese Kraftäufserungen in ihnen hindern kann.

6. Die Wahrheit dessen, was wir in 5 behaupteten, bestätigt Fig. 4, wo Silberdrähte, welche zu den Röhren *e, f* führen, die Stelle von *c* und *d* einnehmen. Die Gasentwicklung in denselben beweist das Vorhandenleyn von Action; ihre Polarität, wie sie in dieser Figur abgezeichnet sich findet, zeugt für die Richtigkeit dessen, wonach wir sie in 5 bestimmten.

Noch bleibt uns *die Natur der an jedem Pole durch Vertheilung sich vorfindenden Electricität* zu bestimmen übrig. Auch hier müssen Versuche reden. Bis jetzt stellte ich in dieser Absicht folgende an. In der Ueberzeugung, daß durch die Hydrogenations- und Oxygenationsprozesse Chemie über die Gegenwart positiver und negativer Electricität entscheide, beschloß ich, Metalldrähte, in welchen, als Gliedern der Batterie, Vertheilung seyn müsse, der Einwirkung chemischer Stoffe auszusetzen, um zu versuchen, ob die positive Seite vielleicht andere Erscheinungen, als die negative darbieten werde. Und wirklich war dieses der Fall, wie folgende Erfahrungen beweisen.

7. Durch eine Glasröhre, wozu ich theils eine gerade, durch Korke verschloßne, theils eine Uförmig gekrümmte, oben offene wählte, wurde ein reiner Draht von Silber, Kupfer oder Blei hindurchgeführt, so daß er an beiden Seiten derselben einige

Linien hervorragte. Sie selbst wurde bald mit concentrirter, bald mit verdünnter *) Salpetersäure gefüllt. Ich setzte nun die ungleichnamigen, einander sich wage-echt gegenüber stehenden Pole zweier gleich starken Kupfer-Zink-Batterien von 25 Lagen, durch diese Drähte in Verbindung, so daß mithin die Batterie total geschlossen war. Jedes Mal zeigte, bei genauerer Beobachtung, die dem *Oxygenpole* der Säule zugewandte Hälfte des Drahtes die frühesten und stärksten Spuren der Oxydation; **) nur spät kleine nadelförmige Dendriten,

*) Ich verdünnte sie in verschiedenem Verhältnisse mit destillirtem Wasser. Quellwasser trübt die Flüssigkeit zu sehr, und ist deswegen der Beobachtung hinderlich. — Daß sich die Erscheinungen nach der verschiedenen Stärke des Auflösungsmitfels verschieden zeigen; daß die Versuche aus diesem und andern Gründen nicht immer in gleichem Grade gelingen, und daher einen sehr genauen Beobachter erfordern; daß reine Säure diese Phänomene am reinsten darbietet; dieses war es, was ich hier beifügen zu müssen glaubte.

R.

**) Am deutlichsten sah ich sie bei Bleidrähten und concentrirter Salpetersäure; in dieser ging die Auflösung des Silberdrahts oft 5 und mehrere Minuten am *Oxygenpole* mit Hefigkeit vor sich, während am *Hydrogenpole* alles in Ruhe blieb. — Am *Oxygenpole* schwingt sich der Draht am frühesten und meisten, indess er am *Hydrogenpole* metallisch glänzt.

R.

keine oder unbedeutende Niederschläge, die ersten Gasblasen. Dagegen fanden sich dem *Hydrogenpole* zunächst Niederschläge, die frühern, größten, häufigsten in viele Zweige sich verbreitenden Dendriten, **) und der Draht wurde hier am spätesten und wenigsten angegriffen. ***) Selbst die Gasarten schienen nach Verschiedenheit der Pole verschieden zu seyn; ****) ich habe sie jedoch, wegen Mangels des

*) Dieses war vorzüglich im Anfange der Fall, wenn das zum Verdünnen gebrauchte Wasser nicht völlig rein war. — Ich habe selbst einige Mal metallisches Silber an dieser Stelle auf dem Silberdrahte niedergeschlagen gefunden. R.

**) Dasselbe muß, wenn man diesen Draht seiner ganzen Länge nach in die Flamme bringt, in Hinsicht auf Bildung Ritterscher Dendriten der Fall seyn. R.

**) Ein Silberdraht α hielt sich diesem Pole zunächst, selbst in der concentrirtesten Salpetersäure, in der Länge eines Zolles, bei vollem metallischen Glanze. — Alle diese Erscheinungen sind gleich nach der Schließung am deutlichsten; ob sehr starke Batterien sie noch vollkommener geben, werde ich nächstens versuchen. R.

****) Eines der interessantesten Schauspiele lieferte ein Versuch, wo der Draht von Silber, die Säure mit dem dritten Theile destillirten Wassers verdünnt war. Während hier die (schwerern) Oxygenblasen an der positiven Seite des Drahtes in fast senkrechter Linie, die (leichtern) Hydrogenblasen aber an der negativen in parabolischer aufstiegen, sprudelten beide in der Mitte

dazu nöthigen Apparats, bis jetzt noch nicht untersuchen können.

8. Vollkommen deutlich und überzeugend wird dieses alles, wenn man beide Metalle eines Batteriegliedes in ein mit Säure gefülltes Glas versenkt. *) Hier oxydirt sich das oxydirbarere Metall da, wo die Metalle sich berühren, und weiter hinauf am stärksten, das minder oxydirbare am wenigsten; indess an dem entgegengesetzten Ende gerade das Gegentheil geschieht. **)

Da wir nun aus obigen Gründen, (3, 5,) den schließenden Draht als wirkliche Fortsetzung desjenigen Pols betrachten dürfen, mit dessen Endplatte er sich in unmittelbarem Contacte befindet, und es uns frei steht, die Kette zu öffnen und zu schlie-

dieses Drahtes mit auffallender Stärke in die Höhe, um sich dann in einer gewissen Höhe mit gleicher Heftigkeit nach entgegengesetzter Richtung von einander zu entfernen; ein Bild gleicher, in ihrer Wirkung sich entgegen stehender Kräfte.

R.

*) Ich bewerkstelligte dieses, indem ich, indess die eine Batterie mit ZKH, die andere mit HZK schloß, einen Silber- und Zink- (oder Blei-) Draht um einander wand, jenen aber mit der zweiten, diesen mit der ersten Batterie verband, und beide sodann in dieses Gefäß c einlenkte. R.

**) Diese Versuche, (7, 8,) sind es, welche mit der Meinung derer unvereinbar seyn werden, welche, wie wir oben, (3,) erinnerten, beide Gasarten als durch eine Electricität erzeugt annehmen. R.

fsen, wo wir wollen, mithin jede beliebige Platte als Endpol auftreten zu lassen; so wird, was wir für diesen Draht erwiesen, für jede einzelne Batterieplatte gelten müssen. Eben-so wird, was in dem in S untersuchten Gliede vorging, auch in jedem der übrigen stattfinden; und wir werden daher, (da der Kupfer-Zink Batterie jede aus zwei heterogenen Metallen construirte substituirt werden darf,) zu folgendem Endresultate berechtigt:

In jedem Gliede einer aus zwei heterogenen Metallen errichteten Batterie hat das oxydirbare Metall da, wo es das weniger oxydirbare berührt, $+ E$, an dem entgegengesetzten Ende $- E$, indeß dieses hier $+ E$, dort $- E$ zeigt.

Erinnern wir uns endlich, daß auch der feuchte Leiter dieselbe Polarität habe, *) (an den positiven Batteriepolen $+ E$, an den negativen $- E$), so überzeugen wir uns, daß überall vertheilte, nirgends mitgetheilte Electricität in der Säule sich finde.

*) Vergl. meine ältern Briefe.¹ — Nehmen wir an, was Batterien aus einem Metalle und zwei Flüssigkeiten zusammengesetzt zu erweisen scheinen, daß aus der wechselseitigen Berührung des feuchten und festen Leiters einige Polarität wirklich hervorgehe; so können wir leicht es erklären, warum die Natur der angewendeten Flüssigkeit die Action der Säule erhöhen und vermindern könne, ohne merkbare Verschiedenheiten am Electrometer zu zeigen. R.

Dafs diese Theorie die Säule und ihre Wirkungen befriedigender vielleicht, als alle übrigen erkläre, würde ich, gestattete es der Raum dieser Blätter, Ihnen zeigen. Bis jetzt wenigstens fand ich noch kein Phänomen, das sie nicht genügend beantwortet hätte. Doch Sie selbst werden bei einiger Mulse sich hiervon überzeugen, und das nähere Detail mir daher für heute erlassen.

Noch mufs ich hier einiges zu meinem im vorigen Hefte der *Annalen* abgedruckten Briefe vom 1sten Juli nachtragen.

a. Ich schrieb darin dafs die Action zweier Säulen, zweier oder mehrerer Batterien, bei Verbindung ihrer ungleichnamigen Pole, der Summe ihrer Plattenpaare, bei Vereinigung der gleichnamigen aber der Summe der Durchmesser dieser Batterieplattengleiche, und dafs deshalb im erstern Falle die Schläge, die Gasentwicklung, Anziehung u. dergl., im letztern aber die Lichterscheinungen, Verbrennungen u. s. w. verstärkt würden. (*Annalen*, XI, 382, Anm.) So wahr dieses letztere ist, so sehr scheint es mir, dafs die für die Gröfse der Actionen daselbst angegebne analytische Formel einiger Abänderung bedürfe. Ich fand bei spätern Versuchen nämlich, dafs Funken und Verbrennungen dann noch lebhafter wurden, wenn ich, ausser den gleichnamigen Endpolen, auf gleiche Art mehrere einzelne Pole nach einer bestimmten Ordnung verband, so

dafs z. B. auf jeder fünften Platte ein Draht zu diesem Zwecke angebracht wurde.

b. Dafs die Verbindung gleichnamiger Pole, oder, was dasselbe ist, die Gröfse der Plattendurchmesser, die Anziehung und Gasentwicklung auch *nicht im mindesten* verstärke, wird aus folgendem Versuche erhellen. Ich errichtete 4 Kupfer-Zink-Batterien, *a*, *b*, *c*, *d*, jede von 25 Lagen; sämtliche Pappen waren mit derselben Kochsalz-Auflösung gleichmäfsig befeuchtet; *a* hatte 2 $\frac{1}{2}$ zöllige, *b* 1zöllige Platten, *c* bestand aus 2 $\frac{1}{2}$ zölligen Zink- und 1zölligen Kupfer-, *d* aus 2 $\frac{1}{2}$ zölligen Kupfer- und 1zölligen Zinkplatten. Die Erschütterungen waren in jeder einzelnen, so wie bei ihrer binären, ternären oder quaternären gleichnamigen Verbindung, völlig dieselben; dasselbe galt für die Entfernung, in welcher sie das Goldblatt des Voigtischen Galvanometers afficirten. Um für die Gasentwicklung entscheiden zu können, wählte ich, da mein Simonisches Galvanoskop nicht im Stande war, mehrere mit destillirtem Wasser gefüllte Glasröhren, welche an ihren Golddrähten zusammengelangen wurden; diese hingegen entfernte ich auf so eine Weite von einander, dafs sie so eben Gas zu geben aufhörten. Mit diesem Apparate nun prüfte ich jede einzelne Säule sowohl, als ihre oben angegebenen Verbindungen, indem durch ihn die Kette geschlossen wurde. Nie war ein Unterschied bemerkbar: wo einmahl Action erschien, erschien sie immer; wo einmahl sie fehlte, fehlte sie in allen. Und

dennoch findet man bei gleichnamig verbundenen Säulen Action in beiden, obgleich in sehr verschiedenem Grade. Denn schliessen Sie in Fig. 3 *A* oder *B*, indem Sie ihre Pole durch *e* vereinigen; leiten Sie nun die ungeschlossene durch Anlegen der Röhren *a* und *b* auf die in dieser Figur bezeichnete Art herüber: und Sie werden, bei einer grossen Nähe der Silberdrähte, an *α* und *δ* Oxyd, an *β* und *γ* Wasserstoffgas finden, indess die Action in *e* sich unabänderlich gleich bleibr.