

II.

Der Galvanismus, und neuer Versuch, ihn zu erklären,

VON

Dr. JOSEPH WEBER, Direct. des Lyc. u. Prof. d. Phys. zu Dillingen, u. d. Akad. d. Wiss. zu München ord. ausw. Mitgl. *)

1.

Die Erscheinungen, welchen eine Thätigkeit zu Grunde liegt, die man *Galvanismus* nennt, lassen sich zurückführen auf die der *einfachen Kette* und auf die der *Verstärkung*. Sind daher die Gesetze aufgefunden, woraus die Hauptphänomene sowohl der einfachen Kette als die der Verstärkung hervorgehn und verständlich werden, so ist allerdings *der Galvanismus erklärt*.

2.

Die Gesetze, die in den galvanischen Versuchen walten, sind die des electrischen und che-

*) Es sey mir erlaubt hier Vorberichtsweifs zu erinnern, dafs eine neue Ansicht nur für Kenner, und nicht für solche, welche die Sache erst studiren wollen, bestimmt ist; dafs das Erscheinen derselben in den Annalen weder beweise, dafs ich für meinen Theil sie für gelungen halte, noch dafs ich der Art des Auffassens, Darstellens und Erklärens beistimme; dafs aber auch eben so wenig eine Bemerkung wie diese den Leser gegen einen solchen Versuch auf irgend eine Art im voraus einnehmen dürfe, Gilbert.

mischen Lebens. Denn der *Galvanismus* (die in den galvanischen Erscheinungen wirkende Thätigkeit) ist nur *Wechselkampf des Electricismus und Chemismus*, aus der bald jener, bald dieser, bald beide sieghaft hervorgehen. Die Richtigkeit dieser Ansicht soll sich in dem Folgenden selbst erproben.

3.

Ich entlehne aus meiner *Electricitätslehre* (*Theorie der Electricitat*, Landshut 1808) als erwiesene Sätze folgende:

a) Die *Electricität* (der *Electricismus*) ist eine Flächenkraft, durch bloße Berührung zweier Gegenstände erregbar.

b) Die erregte *Electricität* irgend eines flachen Körpers (Kuchens, Scheibe etc.) tritt allemal mit zweifachem Charakter hervor, auf einer Seite $+E$, auf der andern $-E$.

c) Die aus der Indifferenz, E , hervorgegangenen Differenzen $+E$ und $-E$ streben, sich einander suchend, zur Wieder-Vereinigung, und ihre Wirksamkeit erlischt erst in der errungenen Wieder-Vereinigung.

d) Die im Conflict begriffenen Differenzen $+E$ und $-E$ erregen durchweg sich einander wechselseitig.

e) Der *Chemismus* ist wie der *Electricismus* eine dynamische Thätigkeit, aber nach allen Dimensionen wirkend, die Masse durchgreifend.

f) Der *Electricismus*, durch Berührung zweier entgegengesetzten Flächen erregt, bedingt in einem angränzenden feuchten Medium den *Chemismus*, der hinwieder den *Electricismus* bedingt.

Nun die Ableitung der Hauptphänomene der einfachen Kette und der Verstärkung aus diesen Sätzen.

4.

Zu den *Hauptphänomenen der einfachen Kette* rechne ich: a) die Reizung der Nerven- und Muskel-Fasern in ihrer Berührung mit zweierlei Metallen; b) dieselbe Reizung derselben Nerven- und Muskel-Fasern mit reinem Wasser; c) die Nachlassung der Reizung nach geschlossener Kette, und neue Reizung bei Oeffnung der Kette.

5.

a) *Reizung der Nerven- und Muskel-Fasern in ihrer Berührung mit zweierlei Metallen.* Ein Froschenkel wird gewaltig gereizt, wenn sein Cruralnerv auf einer Zinkfläche und sein Wadenmuskel auf einer Silberfläche aufliegt, und dann die beiden Metalle mit einem leitenden Bogen berührt werden. Die Zink- und Silber-Platte bilden zwei *Gegensätze*, die sich zu einander verhalten wie *Negatives* zum *Positiven*. Die Zinkfläche vom *negativen* Charakter, und die Silberplatte vom *positiven* Charakter, die sich mittelst des Thierorgans berühren, erregen sich einander wechselseitig, das $+E$ des Silbers erregt das $-E$ des

Zinks, und macht dessen $+E$ frei, während daß im Silber das $-E$ in Freiheit tritt. Es befindet sich daher die aufliegende (*untere*) Seite des Silbers im Zustande $+E$, die *obere* aber im Zustande $-E$ (3. 2). Das Aehnliche muß in der correspondirenden Zink-Platte Statt haben; diese hat an der *untern* Seite $-E$, indem die *obere* sich im Zustande $+E$ befindet *). Der electriche Zustand beider Platten wird erst noch *erhöht* nach dem *Gesetz der wechselweisen Erregung* (3. 4.), und einem *Gesetze des Electrophors* zu Folge, das wir *condensatorisch* nennen (Theorie der Electricität):

Es erhellet hieraus, daß sich also bei der einfachen Kette jedes Metall auf *beiden Seiten* in einem electriche Zustande befindet, auf einer in dem von $+E$, auf der andern von $-E$;

daß sich die mit einander im *Conflict*e stehenden Flächen der Silber- und Zink-Platten verhalten wie $-E$ zu $+E$;

daß ihr electriche Zustand *erhöht* ist, als in ihrer isolirten Berührung;

und daß sonach Silber- und Zink-Platten auf irgend einer Fläche *auflegend*, und durch einen *feuchten Körper* verbunden, sich ganz *anders* verhalten, als wenn sie *ausser* solcher Verbindung, und *nicht auflegend* behandelt werden.

*) Diese Erscheinung erklärt man gewöhnlich durch „die *Vertheilung*,“ aber damit giebt man für das *Zuerklärende* nur ein *Unerklärtes*. W.

Wird nun die Silber- und Zinkfläche (von $-E$ und $+E$) durch einen leitenden Bogen in Verbindung gesetzt, so ist Weg gemacht zur Vereinigung der Differenzen $-E$ und $+E$ in die Indifferenz E (5. 3). Indels erfolgt diese Vereinigung durch den *bessern Leiter*, somit durch den metallischen Bogen, und es bleibt die Frage: *wodurch werden Nerven und Muskeln des Frosches gereizt?* Der Nerve auf der Zinkfläche $+E$, und der Muskel auf der Silberfläche $-E$ aufliegend (oder umgekehrt) nehmen durch Berührung an der erregten Electricität Theil, und Nerve und Muskel kommen zu einander in das Verhältniß wie $+E$ zu $-E$, und diese Entgegensetzung wird erst noch *erhöht* durch *Wechselwirkung* und nach dem Gesetze des *Condensators*. Vereinen sich daher mittelst des Bogens die Differenzen $+E$ und $-E$ der Metalle zur Indifferenz E , so suchen sich auch die Gegensätze der Nerven- und Muskel-Fasern, die durch die Unterlage nicht mehr gehalten werden, und treten im Momente der Kettenschließung in Verein $=E$: wobei dann allerdings die Nerven- und Muskel-Fasern zusammengezogen, gereizt werden mögen,

* *Der Zustand erregter Flächenkraft in der einfachen Kette* ist demnach dieser:

die Silberplatte $\left\{ \begin{array}{l} \text{unten } +E \\ \text{oben } -E \end{array} \right.$ (in Berührung des Frosch-
Organs)
die Froschorgane in Berührung
der Silberfläche $= +E$
der Zinkfläche $= -E$

die Zinkplatte $\begin{cases} \text{unten} +E \\ \text{oben} -E \end{cases}$ (in Berührung des Frosch-
Organs).

Nämlich *die von einander abgewandten Metallflächen* S und Z verhalten sich zu einander wie $+: -$, und *dieselbe Polarität* entsteht in dem dazwischen liegenden *feuchten Körper H* (nach dem Gesetze der Erregung, (3). *Der Typus der einfachen Kette* ist demnach dieser:

$$\begin{aligned} S &= \begin{cases} \text{unten} +E \\ \text{oben} -E \end{cases} \\ H &= \begin{cases} \text{unten} +E \\ \text{oben} -E \end{cases} \\ Z &= \begin{cases} \text{unten} +E \\ \text{oben} -E \end{cases} \end{aligned}$$

**** Die Reizung des Froschorgans** erfolgt mit der *nämlichen Lebhaftigkeit*, wenn dasselbe auf dem bloßen Tisch aufliegt, und ein leitender Drathbogen, der mit Zink endet, den Nerven berührt, und sein anderes Ende, das Silber ist, an den Muskel greift. Also die Berührung weniger Punkte bedingt die *Erregung der Flächenkraft*: woraus zu ersehen ist, daß das Minimum erregter Electricität in die feuchten Theile des thierischen Organs schon chemisch eingreift, und so nach *den Chemismus erregt*, der damit erregt *hinwieder* die *Electricität* erhöht (3. 6.). Es ist daher der *Muskelreiz*, durch die einfache Kette bewirkt, nur Erfolg der *Wechselwirkung des Electricismus und Chemismus*.

6.

2. Reizung der Nerven- und Muskel-Fasern in ihrer Berührung mit dem reinen Wasser. Stehen zwei Schalen voll Wasser neben einander, und ein präparirter Frosch wird so gelegt, daß seine Lendennerven in einer und seine Schenkelmuskeln

in der andern eingetaucht sind; so erfolgt der Muskelreiz gleichmälsig, sobald der Drathbogen die Wasserflächen beider Schalen berührt.

Nerve und Muskel bilden für sich zwei Gegensätze, und verhalten sich zu einander wie Plus zu Minus (Physiologie). Das *Wasser*, das eine chemisch-indifferente Substanz ist, und durch Berührung mit diesen Gegensätzen in Conflict kömmt, ist *leicht erregbar*, so daß am Organ $= +E$ das Wasser $-E$, und am Organ $= -E$ das Wasser $+E$ wird. Die Differenzen werden durch *Wechselwirkung* und dem *condensatorischen* Gesetze zufolge noch vergrößert. Berührt man nun die Wasserflächen mit einem leitenden Bogen, so greift dieser in *zwei Gegensätze* ein, und die zwei Gegensätze verbinden sich zur Indifferenz. Aber im Augenblicke kehren auch die *im Froschorgan erregten Gegensätze in Verein*, und reizen durch ihren Conflict die Fasern der Nerven und Muskeln.

Das *Verhältniß*, das zwischen *Nerven und Muskeln* und dem *Wasser* Statt findet, und sich im galvanischen Reiz so auffallend ausspricht, ist diesselnach in *physiologischer Hinsicht* allerdings von hoher Bedeutung.

7.

3. *Nach geschlossener Kette erlischt die Reizkraft: sie wird aber bei Oeffnung derselben wieder thätig.* So lange das Verhältniß der zwei Me-

talle unter einander und zum Froschorgan dasselbe bleibt, so *dauert* die wechselweise Erregung der dynamischen Kräfte immer fort; aber die erweckten *erschlaffen* sogleich wieder in der *Indifferenz*, so lange die beiden Metallplatten durch einen Leiter in Verbindung stehen, oder die Kette geschlossen ist. Sobald aber die Verbindung aufgehoben, die Kette geöffnet wird, so fängt die *Differenzirung* an *bleibend* zu seyn, und es erfolgt der Kräftenconflict, die Reizung.

8.

Nebst den angeführten Hauptphänomenen der einfachen Kette ist noch auszuzeichnen das *große Vermögen den Galvanismus zu leiten*, das im reinen *Wasser* und im *menschlichen* (thierischen) *Leibe* wahrgenommen wird. Nur zwei *Versuche*.

Vorrichtung. Es seyen zwei armirte Stäbchen in Bereitschaft. Stäbchen von Melling 6 Zoll lang, 1 Linie dick, an deren einem ein Viertelzoll langes Kupfer und Zink (SZ), am andern ein gleiches Stückchen Zink und Kupfer (ZS) angelöthet ist, nenne ich *armirte Stäbchen*, denn sie erweisen sich bedeutend als Armaturen.

1. *Versuch.* Man legt einen Froschschenkel mit seinem Lendennerven, an dem noch ein Stückchen Rückgrad hängt, in eine Schale voll Wasser, den Schenkel aber in eine andre wasservolle Schale; man reiht an die zwei Schalen *mehrere* an, und setzt sie am Rande durch einen Stanniollstreifen in

Verbindung. Das Wasser sey in allen Schalen *reines Wasser*. Nun berührt man das Wasser, in dem der Nerve liegt, mit dem Stäbchen, an dessen Ende Zink angelöthet ist, und dann das Wasser, worin sich der Muskel befindet, mit dem Stäbchen, das in Kupfer endet, und durch einen dehnbaren Drath mit dem ersten verbunden ist. Das Froschorgan wird mächtig gereizt, man mag das Wasser mit dem Stäbchen entweder in der *Nähe* oder *Ferne* desselben berühren, und diese Berührungen entweder in der *ersten*, *zweiten* oder *zehnten* Schale vornehmen. — Wenn das reine Wasser der Erregung, die hier eine schwache Electricität bewirkt (5. **), und der Fortpflanzung der Erregung merklich widerstände, würden solche Erfolge möglich seyn?

Nämlich *das Wasser* ist als indifferente Substanz (6.) eine Erscheinung, in der die Kräfte im vollkommenen Gleichgewichte, und sonach durch die leiseste Anregung in Thätigkeit zu setzen sind.

2. *Versuch*. Es liege ein präparirter Frosch auf einem hölzernen Teller ausgestreckt; man ergreife mit *trocknen Fingern* einen armirten Stab, und lege ihn mit dem Zinkende an einen Lendennerve; zugleich nehme man den andern Stab mit dem Kupferende zwischen die trocknen Finger der andern Hand, und rühre damit einen Muskel an: das Froschorgan wird stark gereizt. — Man lasse *mehrere Personen* sich die trocknen Hände bieten und einen Kreis machen; vor den äußersten Personen lege eine mit *trocknen Fingern* den armirten

Stab *Z* an den Nerven des Präparats, die andern den armirten Stab *S* mit trocknen Fingern an einen Muskel: es erfolgt der Muskelreiz.

* Der *menſchliche Leib* erweilet ſich daher bei dem Gebrauche der Stab-Armaturen *ſehr erregbar*, ohne daß *das Oberhäutchen* ein merkliches Hinderniß entgegenſetzte: ſonach verhält ſich der menſchliche Leib in Hinſicht ſchwach erregter Electricität beinahe wie Waſſer (5. **).

** Setzt man das armirte Stäbchen *Z* mit *trocknen Fingern* an den Nerven eines Froſchſchenkels, und greift mit einem *Finger der andern Hand* an den Muskel, oder berührt nur die feuchte Stelle, worauf er liegt, ſo zuckt der Froſch; welches nicht vorgeht, wenn man das Stäbchen mit dem Kupferende in die Hand nimmt und wie eben geſchehen verfährt. Aus dem oben beſchriebenen Verſuche geht hervor: *die Fingerfläche ſtehe mit der Zinkfläche im hohen Gegenſatze*. Dieſe *Thatſache* iſt, zumal bei Verſuchen mit dem *Condensator* in Anſchlag zu bringen, welches *Volta* bei Beurtheilung folgenden Erfolges überſehen hat. Wenn man *Streifen* von *Kupfer* und *Zink* an den Enden zuſammenlöthet, dann das Zinkende des Streifens zwiſchen die Finger nimmt, und mit dem Kupferende den obern Teller eines Condensators, der gleichfalls von Kupfer iſt, berührt; ſo wird dieſer *negativ* geladen. Hält man dagegen den Kupferſtreifen zwiſchen den Fingern, und berührt den kupfernen Deckel des Condensators mit dem Zinkende, ſo erhält dieſer keine Electricität. — Nämlich nur Zink macht mit den Fingern einen ſo groſſen Gegenſatz, daß die Erregung der Electricität durch den Zink und zwar $= - E$ (ganz conform einem Geſetze No. 24 — 27,

meiner Theorie der Electricität) Statt hat, die sich dann dem Kupferstreifen, und durch diesen dem Condensator mittheilt. Da zwischen dem Kupfer und den Fingern sich kein so großer Gegensatz findet, als zur Differenzirung der Indifferenz E nöthig ist; so wird auch dem Condensator keine Electricität mitgetheilt. — Volta legte nachher eine *feuchte Substanz* zwischen dem Condensator-Deckel und den Streifen, da trat dann auch das *chemische Verhältniß* ein; und es mußte der Condensator-Deckel $+E$ werden, wenn *Zink*, hingegen $-E$, wenn *Kupfer* den feuchten Körper berührte; es ist dies nothwendige Folge des dynamischen Zustandes der *einfachen Kette* (5. **), die sich hier nur in einer andern Form wiederholt.

9.

Die Hauptphänomene der galvanischen Verstärkung können in die allgemeinen und in die besondern unterschieden werden. Zu den allgemeinen (jeder Verstärkung gemeinen) zähle ich:

- 1) den Zustand der erregten Kräfte einer Verstärkung im Ganzen und in ihren Theilen;
- 2) das Verhältniß der Verstärkung zur Zahl der verbundenen einfachen Ketten;
- 3) die sich selbst erneuernde Kraft in der Verstärkung ohne äußeres Zuthun;
- 4) die Bedingtheit der Säulenwirkung durch das Wasser.

10.

1. *Zustand der erregten Kräfte einer galvanischen Verstärkung im Ganzen und in ihren Theilen. Die galvanische Verstärkung soll nach*

der Ansicht ihres Erfinders, des Alexander Volta, eine *Vervielfältigung der einfachen Kette seyn*; und sie ist in der That nichts anders. Die galvanische Verstärkung beruht daher auf den Gesetzen der einfachen Kette, und ist auch aus denselben vollkommen verständlich. Der Zustand der erregten Kräfte einer galvanischen Verstärkung ist denselben gemäß in *dynamischer Hinsicht*, wie folgt:

$$\begin{array}{lcl}
 \begin{array}{l} \text{erste} \\ \text{einfache} \\ \text{Kette} \end{array} & \left\{ \begin{array}{l} S = \begin{cases} \text{unten} + E \\ \text{oben} - E \end{cases} \\ H = \begin{cases} \text{unten} + E \\ \text{oben} - E \end{cases} \\ Z = \begin{cases} \text{unten} + E \\ \text{oben} - E \end{cases} \end{array} & (5. *) \\
 \\
 \begin{array}{l} \text{zweite} \\ \text{einfache} \\ \text{Kette} \end{array} & \left\{ \begin{array}{l} S = \begin{cases} \text{unten} + E \\ \text{oben} - E \end{cases} \\ H = \begin{cases} \text{unten} + E \\ \text{oben} - E \end{cases} \\ Z = \begin{cases} \text{unten} + E \\ \text{oben} - E \end{cases} \end{array} & \text{u. s. w.}
 \end{array}$$

Dieser Zustand der Verstärkung erweist sich auch wirklich in der *Erfahrung*.

Vergleicht man den *Anfang der Säule* (von unten herauf) mit dem *Ende* derselben, so bildet das $S = +E$ mit dem $Z = -E$ einen *Gegenatz*, während die *Zwischenlagen* durch Verbindung des $+E$ und $-E$ sich zur *Indifferenz E* vereinen. Zugleich wird es augenscheinlich, daß in *anderweitigen Beziehungen* dennoch die *Gegenätze* hervorgehen können, und wirklich hervorgehen,

wenn sich das S. der zweiten Kette mit dem Z der vierten schließet; u. f. w. Diese *besondern Gegensätze*, die sich in Beziehung der *Extreme* in der *Ganzheit verlieren*, nehmen aber, wie es erhellet, mit ihren Entfernung von den Extremen an Stärke immer ab, und gehen in der Mitte (hier in der dritten einfachen Kette) in die völlige Indifferenz über. — Wird die Säule so gebaut, daß sie mit *Zink anfängt* und mit *Kupfer endet*, so bleibt der Zustand in dynamischer Hinsicht derselbe, nur in *verkehrter* Ordnung; die Säule fängt mit — E an und endet mit + E. U. f. w.

* Da die dynamische Thätigkeit in Form der Linie (Länge) wirkend, = + ———— o —, Magnetismus heißt (meine Lehre vom Magnet und Magnetismus), und die galvanische Säule eine Länge darstellend, an einem Ende +, am andern —, und in der Mitte o (Indifferenz) zeigt, so erscheint der Galvanismus, dynamisch betrachtet, hier als „Magnetismus.“

II.

2. Die Verstärkung des Galvanismus steht unter gleichen Umständen mit der Zahl der einfachen Ketten im Verhältniß. Reiht sich die zweite Kette an die erste, so kommt das Kupfer mit der Zinkfläche = — E in Berührung (vorherg.): es wird daher die Flächenkraft des Kupfers zweiter Kette schon mehr erregt, als in der ersten, wo sich die berührten Flächen noch im Zustande E befinden. Nun kommt noch die Wechselwirkung und

die *condensatorische Erhöhung* in demselben Maße hinzu; und so wird dann der Galvanismus der zweiten Kette in mehreren Hinsichten um das Doppelte verstärkt. Legt sich dann die *dritte Kette* an, so berührt ihr Kupfer das verstärkte — E des Zinks; dieses äußert sich daher wieder erregender, als in der zweiten Kette, und es erfolgt in der dritten Kette eine Verstärkung, die den drei Verbindungen proportional ist. Und so muß fortwährend mit der Zahl der einfachen Ketten die Verstärkung zunehmen, und demnach unter gleichen Umständen im Verhältniß mit der Zahl der einfachen Ketten stehen.

* Da die Erregung der Electricität durch die *Berührung* bedingt ist (3.), so ist klar, daß bei *vermehrten Berührungen* die Electricitäts-Intension wachse, und sonach auch bei *Vergrößerung der Plattenflächen* sich der *Galvanismus verstärken* muß.

** Indem die *Extreme* (Pole) einer *galvanischen Säule* zwei *Flächen* bilden, die sich zu einander verhalten wie $+E: -E$; so ist die galvanische Säule als ein *Doppel-Electrophor* (meine Theorie der Electricität) zu betrachten, und es muß das *Gesetz* Statt haben: „Die Veränderung auf einer Seite hat auch Veränderung auf der andern Seite zur Folge.“ Es kann daher die Verstärkung am *Säulenende* — E im Verhältniß der Zahl einfacher Ketten nicht erfolgen, ohne daß der *Anfang* der Säule $+E$ in demselben Verhältniß verstärkt werde: daher die volle starke Wirkung der Säule, wenn Dräthe (Stäbe), die am Anfange und am Ende der Säule angemacht sind, sich schließen; u. s. w.

12.

3. *Die Verstärkung, die durch Schließen der Kette ihre Thätigkeit in der Indifferenz E erschöpft, erneuert sie nach Oeffnung der Kette ohne äusseres Zuthun wieder.* Das *thätige Princip* in der galvanischen Verstärkung ist lediglich durch die Berührung entgegengesetzter Flächen bedingt, und ist wechselweise erregter Electricismus und Chemismus. Da nun die Berührung nach Schließung der Kette fortwähret, so wiederholt sich die Wirkung ohne äusseres Zuthun, ganz conform dem, was bei der einfachen Kette Statt findet (7).

13.

4. *Die Wirkungen der galvanischen Verstärkung sind durch die Feuchtigkeit bedingt, die den Wirkungen der electricischen Werkzeuge und Maschinen sehr hinderlich ist.* Nämlich der *Galvanismus* ist nicht reine Electricität; er ist eine Gesamtkraft von *Electricismus* und *Chemismus*, und so wie jener diesen aufregt, so hebt dieser jenen durch Wechselwirkung (3. 6.).

* Diese Erklärung bewährt sich in der Thatfache, daß bei dem Gebrauche *verschiedner Flüssigen*, die man zwischen die Metallplatten bringt, die Wirkung der Säule von verschiedener Stärke ist. Zumal begünstigen die starke Säulenwirkung *gefälzenes* und *gesäuertes Wasser*. Zwar schreibt man mit Gay-Lussac und Thenard die größere Wirksamkeit bei dem Gebrauch des gefälznen und gesäuerten Wassers seinem *größeren Leitungsvermögen*, als das des

reinen Wassers ist, zu. Allein, da in der galvanischen Kette die electricische Action hinwieder durch die chemische bedingt ist, und das chemische Verhältniß verschiedener Flüssigen zu den Metallen verschieden ist, so muß die Erregung des Galvanismus beim Gebrauch der Salze und Säuren allerdings anders ausfallen, als beim Gebrauch des reinen Wassers, ohne eine bessere oder schlechtere Leitung der Flüssigen als Ursache annehmen zu müssen. Selbst Gay-Lussac und Thénard fanden die Wirkung des Galvanismus auf den Condensator, der Voraussetzung der größern oder kleinern Leitungs-Fähigkeit nicht durchweg gemäß (Gilbert's Annalen).

** Unter den deutschen Naturforschern hat Prof. Erman sehr bestimmt und allgemein die *geringe Leitungsfähigkeit des Wassers* für den Galvanismus behauptet. Indess bemerkt er selbst, daß das Wasser die Electricität *vollkommen leitet*, wenn der sogenannte Gasapparat nur mit Einem Pol der Säule in Verbindung steht; hingegen sich als *nichtleitend* äußere, wenn beide Drähte des Gasapparats mit *beiden* Polen der Säule in Verbindung kommen. Diese Beobachtung ist aber nur Bestätigung obiger Erfahrung (8.), „daß das reine Wasser für schwache Electricität höchst leitend sei.“ Wirkt die Electricität sehr verstärkt, so greift sie mächtig in das Medium, in das Wasser, nach allen Dimensionen ein, und erschöpft sich an *chemischen Actionen*: wodurch denn die electricische Thätigkeit allerdings im Wasser, es sey rein oder mit Salzen gemischt, Hemmung und Aufenthalt erleiden muß (2.).

14.

Die besondern Phänomene der galvanischen Verstärkung (der in Hinsicht auf Intensität nicht

jeder Säule gemeinen) sind überhaupt zweierlei Art: 1) *rein electrische*, und 2) *chemisch electrische*, die sich dann wieder entweder in den *starren* Körpern, oder in den *flüssigen*; oder in einer *Mischung* von festen und flüssigen Substanzen darstellen.

15.

Die *rein electrischen Phänomene* sind die des *Anziehens* und *Abstoßens* leicht beweglicher Körperchen. Da diese Phänomene sich am *Electrometer* wahrnehmbar machen, so mögen sie auch *electrometrische* (*electroscopische*) heißen. Zu den *electrisch chemischen* gehören vornehmlich diejenigen, die meistens nur wahrgenommen werden, wenn die galvanische Säule in dem *Grade der Funken-Erzeugung* wirkt; dieselben zeigen sich in den *starren Körpern*, namentlich in *Metallen*, durch *Schmelzung*, *Verbrennung* u. s. w.; in den *flüssigen*, z. B. durch *Zersetzung des Wassers in Hydrogen und Oxygen*; in den *Mischungen* durch *Erschütterung menschlicher (thierischer) Organe*, und durch *reizenden Einfluß auf die Pflanzen*, durch *Beschleunigung der Gährungen*, durch *Zersetzung alkalischer und erdiger Substanzen* u. s. w.

16.

In Hinsicht der *rein electrischen Phänomene* gilt das allgemeine Gesetz: „daß die Verstärkung im Verhältniß der Zahl einfacher Ketten steht“ (11.), doch unter der *Einschränkung*, „wenn die Anzahl der einfachen Ketten nicht zu sehr ver-

mehrt, oder die Oberfläche der Platten nicht außerordentlich vergrößert wird.“ Eine Säule von 100 einfachen Ketten wirkt electrometrisch nicht stärker als eine Säule von 50 gleichen Platten. Die Verstärkung, welche Children aus 6 Schuh langen und 2 Schuh breiten Platten baute, äußerte auf das Electrometer gar keine Wirkung.

Dagegen bringen die Säulen von einer *großen Zahl einfacher Ketten*, deren Umfang nicht beträchtlich ist, und Säulen von wenigen Platten, deren *Oberflächen außerordentlich vergrößert* sind, augenblicklich *Schmelzungen der Metalle, Verbrennungen, Auflösungen in Dampf* u. dgl. hervor. Wilkinson schloß aus seinen Versuchen, wobei er Stahldrath in den Schluß der Kette brachte, daß die Wirkungen einer Säule der Anzahl der Plattenpaare (der einfachen Ketten) proportional sei, wenn diese von gleicher Oberfläche sind; hingegen bei ungleichen Flächen sich wie die Quadrate der Oberfläche der einzelnen Platten verhalten.

Nämlich wächst die *Oberfläche der Verstärkung* sehr an, entweder durch *Vermehrung* der Platten oder durch *Vergrößerung* ihres Umfangs, so steigert sich die Flächenkraft (die Electricität) zur *höchsten Intensität*, und indem sie auch in den *vorzüglichsten Leitern* (in den Metallen) immer noch *Hemmung* erleidet, so kömmt sie, die *Masse durchgreifend*, mit der *Starrheit* (Contraction) in Conflict, und *erreicht* die *Expansion*: die nach

allen Dimensionen erregte Expansion ist aber *Wärme* (meine Theorie der Wärme), die durch die Säulenkraft zur *Hitze* erhöht, die *Metalle glühet* und *schmelzt*, oder wenn sie *säuerbar* sind, und in Berührung mit einer *Oxygen* enthaltenden Umgebung stehen, *verbrennt*, in *Dampf* zerflüht u. dgl. — Während dafs aber auf solche Weise die chemischen Actionen herrschend sind, werden die rein electricen unterdrückt, geschwächt, oder unmerklich gemacht.

* In Hinsicht der *electrometrischen Wirkungen* ist der *Unterschied* zwischen einer *galvanischen Säule* und einer *electricen Verstärkung* sehr auffallend. Obschon die electrometrischen Phänomene sich auch bei der Electricitätsmaschine nicht genau im Verhältnifs der electricen Ladung einstellen, wenn diese sehr anwächst, so kommen sie doch *immer lebhaft* zum Vorschein, da sie sich in der galvanischen Säule durchgehends sehr schwach (meistens nur mittelst des Condensators) zeigen, und bei vergrößerten Oberflächen ganz verschwinden. Aber *das KräfteSpiel* ist in der galvanischen Säule auch *ganz anders* als in der electricen Verstärkung (13.). Der Galvanismus einer Säule ist ein Kräfteconflict zwischen Electricismus und Chemismus, indem der reine Electricismus meistens im Vorwalten des Chemismus untergeht.

17.

Verbindet man im *Wasserzersetzungs-Apparat* den *untern* Drath mit dem *Anfang* der Säule = + E, den *obern* aber mit dem *Ende* der Säule = - E; so entwickelt sich aus dem *untern* Drathe *ein Strom von Hydrogenluft*, während dafs sich

an die Spitze des *obern* Drathes *Oxygen* ansetzt (wenn er z. B. kupfern), oder sich aus ihr *Oxygenluft* erzeugt (wenn er aus Gold oder Platin ist). Durch Verbindung der Säulen-Enden mit den beiden Dräthen wird der Uebergang des $+E$ und $-E$ zur Indifferenz veranlaßt. Da aber die Electricität verstärkt wird, so greift sie in das dazwischen liegende Wasser chemisch ein, und indem ihr Plus seinem Gegensatz im Wasser anstrebt, wird eben dessen Plus in Form des Hydrogens frei. Dagegen befreit das Minus der Electricität, seinen Gegensatz im Wasser suchend, dessen Minus, sein *Oxygen*.

* Ist die Säule nicht aus mehrern als 20 einfachen Ketten zusammengesetzt, so steht die Wasserzersetzung im Verhältniß der Zahl der einfachen Ketten. Steigt aber die Zahl der einfachen Ketten auf 30, 60, 120, so scheint die Luftmenge, die unter den nämlichen Umständen entwickelt wird, den Wurzeln der Anzahl einfacher Ketten ziemlich proportional zu seyn. Werden 20 Paare der Platten von verschiedenen Oberflächen, deren eine $\equiv 1$, die andere $\equiv 19, 7$ sind, zu Säulen gebaut, so ist die Wasserzersetzung unter sonst gleichen Umständen nahe ihren Oberflächen proportional (Gay-Lussac und Thenard. Gilbert's Annalen); Erfolge, die dem *allgemeinen Gesetze* (11.) gemäß sind, unter der No. 16 gegebenen *Einschränkung*.

18.

Der *Muskelreiz*, den eine galvanische Verstärkung bewirkt, ist *heftig*, eigentlich eine *Erschütterung*, die der eines electrischen Stoßes gleicht;

nur ist er nicht so momentan, nicht so schnell vorübergehend, sondern etwas anhaltend, kriebelnd, schneidend. Die Erschütterung wächst bei der galvanischen Säule mit der Zahl einfacher Ketten an Stärke. Aber immer unter der Einschränkung, „wenn die Platten nicht von zu großer Oberfläche sind.“ Der Apparat Children's wirkt auf den thierischen Körper nicht stärker als eine Säule von gleichviel kleinen Platten (Gilb. Annalen).

Die *Wasserzersetzung* durch die galvanische Säule und der *Muskelreiz*, der wohl eine Folge der Zersetzung des Wassers (der Lymphe im thierischen Leibe) seyn mag, stehn zwischen den *electrometrischen Phänomenen* und den *Funken-Erscheinungen* mitten innen, und sind Erfolge wässeriger galvanischer Actionen. Höchst erregter *Galvanismus* bei dem Gebrauche der Platten von sehr grossen Flächen *verschlingt* nicht nur die *Action der Wasserzersetzung*, sondern auch die *der Reizung* des menschlichen Leibes.

19.

Muskelreiz und Wasserzersetzung in Verbindung zeigen etwas Auffallendes. Ist der Wasserzersetzungs-Apparat mit der Säule in Verbindung, und man greift mit *nassen* Fingern beider Hände die Säulenpole an: so empfindet man nur *absatzweise Erschütterungen*, während daß die *Wasserzersetzung* ununterbrochen fortgeht.

Nämlich die Wasserzersetzung fordert einen geringern Grad galvanischer Action als die Erschüt-

terung, der sich auch in der Säule immer einfindet wegen fortwährender Berührung entgegengesetzter Flächen, da im Gegentheile die zur Erschütterung erforderliche Intensität erst nach und nach zu Stande kommt.

* Die *Nässung der Finger* mit *reinem* (besser mit *gesalzenem*) Wasser befördert den galvanischen Schlag. Wasser leitet nämlich immer besser als die Oberhaut des menschlichen Leibes (8. Verh. 1.); es ist aber auch hier das chemische Verhältniß im Spiele.

** Die reizende Wirkung des Galvanismus auf die *Pflanzen* ergibt sich aus den Beobachtungen des Treviranus (Gilbert's Annalen).

20.

Werden Substanzen, die einer *Gährung* fähig sind, mit einer galvanischen Verstärkung gehörig in Verbindung gesetzt, so werden ihre innern Kräfte mächtig aufgeregt, und die *Gährungen beschleunigt* (Grimm und von Arnim ebendaf.).

21.

Höchst merkwürdig ist die Wirksamkeit des verstärkten Galvanismus auf die *Alkalien* und auf die *erdigen Körper*. Wird *feuchtes Kali* oder *Natron* in den Schluß einer wirklichen Säule gebracht, so bilden sich in glänzenden Kugeln *Metalle*, das *Kali-Metall* (*Kalium*) und das *Natron-Metall* (*Natronium*), deren Eigenschaften Verwunderung erregen. Auf gleiche Weise werden *Baryt*, *Strontian* und *Magnesia* behandelt; und man erhält *Barium*, *Strontium*, *Magnium*.

Kali, Natron, Baryt u. s. w. sind daher durch den Galvanismus als *Metall-Oxyde* indicirt, und derselbe erweist sich an ihnen *anoxydirend* (Davy in London, Gay-Lussac und The-nard in Paris, Berzelius und Pontin in Stockolm. Gilbert's Annalen).

Die in der galvanischen Verstärkung wirkenden Kräfte sind die *aufgeregten Grundkräfte* (3.) das Allwirksame und in seiner Steigerung das Allgewaltigste in der Natur. Die aufgeregten Grundkräfte sprechen auch nur *Gleichartiges*, die *Grundkräfte* anderer materialen Substanzen an, und erregen sie innigst und mit höchster Energie. Woraus denn zu ersehen ist die Möglichkeit tieft dringender Analysen und daraus hervorgehender *reinen Formen und Productionen* durch die galvanische Action, die denn auch um deswillen für die Chemie höchst bedeutend ist.

22.

Werfen wir nun auf *die galvanischen Hauptphänomene* einen *Rückblick*, und vergleichen wir die Erscheinungen der einfachen *Kette* mit denen der Verstärkung: so erhellet, daß jene der einfachen Kette sich in der Verstärkung nur wiederholen, daß sonach die galvanische Säule eigentlich durch Vervielfältigung einfacher Ketten eine Verstärkung sey.

Es beruhen auch die Phänomene der galvanischen Verstärkung ganz auf *denselben Gesetzen*,

aus denen die Phänomene der einfachen Kette verständlich werden. Alle galvanische Erscheinungen, samt und sonders, bewähren:

„Der Galvanismus sey nichts anderes als ein Wechsellkampf des Electricismus und Chemismus, aus dem bald jener, bald dieser, bald beide sieghaft hervorgehen.“

Aber eben dadurch spricht sich der Galvanismus als das *wirkksamste Princip in der Natur* aus. Derselbe hat sich auch bisher als solches erwiesen, und wird sich in der Folge auf die mannigfaltigste, jetzt uns noch unbekannte Weise als das wirkksamste Princip kundgeben.

In der *galvanischen Kette*, zumal in der vielfältigsten, welche die Volta'sche Säule darstellt, treffen wir die *Natur* auf der That an, in ihrer *Tendenz* die Gesamtheit ihrer dynamischen Thätigkeiten in den gesammten Raumformen aufzustellen, (die Naturseele mit dem Naturleib innigst zu vereinen,) und demnach „*Lebendiges*“ hervorzu-
bringen; wir sehen in dem Galvanismus *das sich selbst erzeugende Leben in seinem Beginn*. Der Galvanismus ist daher der nächste Ring, welcher die *anorgische* Natur mit der *organischen* verbindet; er ist *das Lebendige in seinen Anfängen*: sofern ist denn das Leben organischer Wesen nur vollkommenst ausgebildeter Galvanismus.
