

würde. Sie strebt also zurückzukehren; allein da die störende Ursache immer eine Steigerung der Temperatur zu bewirken sucht, so giebt es eine sehr kurze Zeit des Gleichgewichts zwischen der Ausdehnung und der Rückkehrkraft der Feder. Diefs verursacht den Ruhepunkt. Hierauf rückt die Feder abermals vor, und dieselben Vorgänge wiederholen sich bis zum Augenblick, da die Temperatur ihr Maximum erreicht.

XV. *Ueber ein Phänomen der Verzweigung elektrischer Ströme.*

In den *Philosophical Transactions* für 1837, in einer Fortsetzung seiner »Beobachtungen über Volta'sche Combinationen«¹⁾, hat Hr. Daniell eine Erscheinung beschrieben, die so ganz in den Kreis der kürzlich von mir behandelten gehört, daß ich nicht umhin zu können glaube, sie etwas näher zu betrachten.

Anderweitige Beobachtungen hatten Hrn. D. veranlaßt, seine Batterie, eine constante, nach seinem Princip aus neun Zellen von beträchtlicher Gröfse erbaut, mit Hülfe eines Galvanometers zu schliessen, und während dafs ein zweites Instrument der Art successiv mit einer oder der anderen dieser Zellen zu verbinden, um die Richtung des durch dasselbe geleiteten Stroms zu ermitteln. Da fand er denn, daß dieser partielle Strom in seiner Richtung nicht immer mit dem Hauptstrom überkam, sondern bald bei dieser, bald bei jener Zelle entgegengesetzt lief; ja eine und dieselbe Zelle zeigte ihm

1) Diese Abhandlung ist noch in sofern bemerkenswerth als darin die für die Construction der Ketten mit zwei Flüssigkeiten so überaus nützliche Anwendung der porösen Thongefäße zum ersten Male vorkommt.

eine solche Zweifachheit in der Richtung ihres partiellen Stroms, je nachdem er einen größeren oder geringeren Widerstand zwischen die Pole der Batterie eingeschaltet hatte. Bei hinreichender Verringerung dieses Widerstands erlangte der partielle Strom immer gleiche Richtung mit dem Hauptstrom.

Hr. D. hat auf die experimentelle Erforschung dieser Erscheinung eine beträchtliche Mühe verwandt, und wirklich auch die Umstände bei derselben im Allgemeinen ziemlich wohl ermittelt; aber, unbekannt mit der Theorie der Säule, ist es ihm nicht gelungen, sich eine klare Einsicht in das Detail zu verschaffen. Da vielleicht noch mehr Physiker in demselben Falle seyn möchten, so dürfte eine schärfere Auffassung des Phänomens hier nicht am unrechten Ort stehen.

Der Schlüssel zu demselben liegt in den früher (Ann. Bd. LIV S. 179) gegebenen und seitdem mehrmals angewandten Formeln:

$$I = \frac{1}{sr} \left\{ \frac{k'}{r'} + \frac{k''}{r''} \right\}$$

$$I' = \frac{1}{sr'} \left\{ \frac{k'(sr' - 1)}{r'} - \frac{k''}{r''} \right\}$$

$$I'' = \frac{1}{sr''} \left\{ \frac{k''(sr'' - 1)}{r''} - \frac{k'}{r'} \right\}$$

worin k' und k'' die elektromotorischen Kräfte zweier neben einander durch einen gemeinschaftlichen Schließdraht verbundener Volta'scher Ketten, und r' , r'' ihre Widerstände bezeichnen, ferner r der Widerstand des gemeinschaftlichen Schließdrahts ist, und

$$s = \frac{1}{r} + \frac{1}{r'} + \frac{1}{r''}.$$

Die erstere Formel ist der Ausdruck für die Stromstärke in dem Schließdraht, und gilt, wie die beiden andern, welche die Stromstärke in dem zweiten und dritten Wege des Systems vorstellen, für den Fall, daß beide Ketten, einzeln wirkend gedacht, einen Strom von

gleicher Richtung in diesem Drahte hervorbringen würden. Für den entgegengesetzten Fall hat man der einen, z. B. k' , das negative Vorzeichen zu geben, und dann wird also die Formel:

$$I = \frac{1}{sr} \left\{ \frac{k''}{r''} - \frac{k'}{r'} \right\}.$$

Dieser Fall ist es, welcher bei der oben erwähnten Erscheinung in Betracht kommt, und daher durch nebenstehende Figur näher verdeutlicht seyn mag. Die stark ausgezogenen Pfeile stellen die beiden Ketten $Z'P'$, $Z''P''$ mit der Richtung der von ihnen erregten Ströme vor, und $a''b''$ ist der gemeinschaftliche Schließdraht, von dessen Endpunkten a'' und b'' an die Widerstände r , r' , r'' gezählt werden.

Ein Blick auf die Formel lehrt, daß der Strom in dem Schließdraht die positive oder die negative Richtung, d. h. die in der Figur angegebene oder die entgegengesetzte, haben kann, je nachdem $\frac{k''}{r''}$ größer oder kleiner als $\frac{k'}{r'}$ ist.

Ist dies nicht der Fall, so kann man es, ohne an k' und k'' zu ändern, sehr leicht durch eine Veränderung von r' und r'' bewerkstelligen. Verlegt man den Schließdraht von $a''b''$ nach $a'b'$ in größere Nähe an $Z'P'$, so wird der Strom in demselben seine Richtung umkehren, und dazwischen wird es eine Lage ab geben, worin derselbe durchaus keinen Strom zeigt. Dasselbe wird erfolgen, wenn man, den Schließdraht in seiner Lage lassend, rechts oder links von demselben den Widerstand verringert oder vergrößert. In beiden Fällen ist, wie ersichtlich, der Widerstand des Schließdrahts ohne

Einfluß auf die Richtung des Stroms; er hat nur einen auf die Stärke desselben.

Was so eben von einem System aus zwei Ketten gesagt ist, gilt auch für eine Batterie von beliebig vielen Ketten; nur hat man sich dann zu der einen Kette, z. B. zu der $Z''P''$, noch die übrigen Ketten der Batterie eingeschaltet zu denken. Dadurch behalten die angeführten Formeln die Gestalt:

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{sr} \left\{ \frac{K}{R} - \frac{k'}{r'} \right\} \\ I' &= -\frac{1}{sr'} \left\{ \frac{K}{R} + \frac{k'(sr' - 1)}{r'} \right\} \\ I'' &= \frac{1}{sR} \left\{ \frac{K(sr - 1)}{R} + \frac{k'}{r'} \right\} \end{aligned}$$

nur ist:

$$K = k'' + k''' + k^{IV} + \dots; \quad R = r'' + r''' + r^{IV} + \dots$$

d. h. respective gleich der Summe der elektromotorischen Kräfte und Widerstände aller Ketten, ausser der $Z'P'$, welche die Kraft k' besitzt und durch den Draht vom Widerstand r partiell geschlossen ist; und überdies:

$$s = \frac{1}{r} + \frac{1}{r'} + \frac{1}{R}.$$

Die erste Intensität, I , ist die im Drahte $a''b''$ vom Widerstande r ; die zweite, I' , die in dem andern Zweige $b''Z'P'a''$, und die dritte, I'' , welche gleich $I - I'$, die des ungetheilten Hauptstroms der Batterie in $a''Z''P''b''$ 1).

Auch hier ersieht man sogleich aus der ersten Formel, daß der Strom in dem die Kette $Z'P'$ partiell ab-

- 1) Durch Substitution des Werthes von s wird die Intensität des Hauptstroms:

$$I'' = \frac{K(r+r')' + k'r'}{(r+r')R + rr'},$$

welcher Ausdruck, wenn man sich den partiellen Schließdraht entfernt, d. h. r als unendlich gesetzt denkt, auf den gewöhnlichen

$$I'' = \frac{K + k'}{R + r'} = \frac{k' + k'' + k''' + k^{IV} + \dots}{r' + r'' + r''' + r^{IV} + \dots}$$

zurückkommt.

schließenden Drahte $a''b''$ positiv oder negativ seyn, d. h. gleiche oder entgegengesetzte Richtung wie der Hauptstrom haben kann, je nachdem $\frac{K}{R}$ gröfser oder kleiner als $\frac{k'}{r'}$ ist, und dafs man eine Umkehrung jenes Stroms

nicht nur eben so gut wie vorhin durch eine zweckmäfsige Aenderung des Widerstandes R bewirken kann, sondern auch mit gleicher Leichtigkeit.

Letzteres kann vielleicht im ersten Augenblick auffallend erscheinen. Erwägt man indess, dafs die Unterschiede zwischen $k', k'', k''', \dots r', r'', r''', \dots$ niemals sehr beträchtlich, gewissermassen nur zufällig sind, sobald man es, wie bei dem Daniell'schen Versuch mit Ketten gleicher Art zu thun hat, so wird man auch einsehen, dafs der Unterschied zwischen

$$\frac{K}{R} \text{ oder } \frac{k'' + k''' + k^{iv} + \dots}{r'' + r''' + r^{iv} + \dots} \text{ und } \frac{k'}{r'}$$

immer nur klein, und von dem früheren zwischen

$$\frac{k''}{r''} \text{ und } \frac{k'}{r'}$$

nicht erheblich verschieden seyn kann, mithin eine kleine Veränderung von R , so gut wie vorhin von r' eine Umkehrung des Stroms in $a''b''$ zu bewirken vermag, wiewohl andererseits *aliquot* gleiche Veränderungen von R und r'' erforderlich sind, um in beiden Fällen gleiche Wirkungen hervorzubringen.

Ist jener Unterschied Null, so hat man in dem Draht $a''b''$ auch keinen Strom mehr, und das eben ist ein Beweis von dieser Nullität oder der Gleichheit der einen Kette mit den übrigen; so wie andererseits, wenn die partiell geschlossene Kette einen Strom von negativer, d. h. entgegengesetzter, Richtung mit dem Hauptstrom liefert, gefolgert werden mufs, dafs diese Kette für sich einen stärkeren Strom liefern würde, als zusammen alle übrigen Ketten für sich. Sind sämtliche Ket-

ten der Batterie einander vollkommen gleich, so darf natürlich keine derselben bei partieller Schließung einen Strom liefern.

Dieselben Erscheinungen können sich auch zeigen, wenn zu der einen Kette, z. B. zu der $Z''P''$, noch mehrere *neben* ihr in den Kreis eingeschaltet werden. Sind alle diese Ketten von gleicher Richtung wie $Z''P''$, so hat man für die Stromstärke im Drahte $a''b''$ die Formel:

$$I = \frac{1}{sr} \left\{ \left(\frac{k''}{r''} + \frac{k'''}{r'''} + \frac{k''''}{r''''} + \dots \right) - \frac{k'}{r'} \right\}$$

worin:

$$s = \frac{1}{r} + \frac{1}{r'} + \frac{1}{r''} + \frac{1}{r'''} + \frac{1}{r''''} + \dots$$

Diese Formel führt zu ganz analogen Schlüssen wie die entsprechende der vorherigen, zeigt aber auch, 1) daß nun selbst im Fall einer vollkommenen Gleichheit aller Ketten noch ein positiver Strom in $a''b''$ entsteht, und 2) daß zur Umkehrung dieses Stroms ein weit größeres Uebergewicht der Kette $Z'P'$ erforderlich ist als früher.

Die von Hrn. Daniell beobachtete Erscheinung kommt im Wesentlichen mit der überein, welche seit langer Zeit an der gemeinen Zink-Kupfer-Kette bekannt ist, und bei uns zu so vielen Verhandlungen Anlaß gegeben hat ¹⁾; nur wird sie hier durch die sogenannte Polarisation so verwickelt, daß es, wenigstens für jetzt, nicht möglich ist, sie in genügender Weise theoretisch zu behandeln.

Poggendorff.

1) Zuletzt noch seitens Henrici in den Ann. Bd. LIII S. 284.