- 2) Diese Verzögerungen werden durch die Extrastrome bewirkt.
- 3) Bei schlechtem Wetter rühren die Verzögerungen in den Apparaten von der Verringerung des Widerstandes her, den der Extrastrom zu überwinden hat.
- 4) Die Abzweigungen sind für die Telegraphie desto schädlicher, je weniger Widerstand sie darbieten, und je näher sie dem empfangenden Apparate sind.
- 5) *Der Extrastrom verzögert nicht nur die Anziehung des Ankers, sondern auch den Moment, wo der Anker von der Feder gehoben wird.*

(Der endliche Strom hat dieselbe Richtung wie der anfängliche und findet immer durch die Abzweigungen eine geschlossene Bahn.)

XIII. *Mathematische Bestimmung der Ableitungsstellen in Telegraphen-Leitungen;* *von Friedrich Schaak,*

Kaiserl. Deutscher Telegraphen - Directions - Secretair.

Bekanntlich ist es bis jetzt nicht gelungen eine Methode zu finden, nach welcher es möglich wäre, die Fehlerpunkte zu bestimmen, an denen Ableitungen des galvanischen Stroms zur Erde stattfanden, sobald in einer Telegraphen-Leitung mehr als eine solche Ableitungsstelle vorhanden war. Ist indessen noch eine fehlerfreie Leitung außer der gestörten vorhanden, so lassen sich durch zwei eigenthümliche Messungen die Fehlerpunkte von den beiden, die Fehlerstrecke begränzenden Stationen, genau bestimmen. Welche Wichtigkeit dies aber bei langen Leitungen und Telegraphen-Kabeln in Bezug auf Kostenersparniß bei Aufsuchung der Fehler und beschleunigter Wiederherstellung der Leitungen hat, ist klar.

Zwischen den Stationen *A* und *B* befinde sich die fehlerfreie Leitung *l* und die gestörte Leitung *amb*, an welcher letzteren die Ableitungen *p* und *q* sind, über die also der elektrische Strom zur Erde fließt. Betrachtet man den Widerstand, den die Erde beim Durchgange des Stroms von *p* nach *q* diesem entgegengesetzt, gleich Null, die beigesetzten Buchstaben als die Widerstandswerthe und ist $a + m + b = l$, so läßt sich zunächst die Differenz des Widerstandes bestimmen, welche zwischen *l* und der gestörten Leitung liegt. Die Art der Schaltung ergibt die folgende Figur, in welcher *R* den Widerstandsmesser (Rheostat), *B* die Batterie, *G* das Differentialgalvanoskop bezeichnet. Bei Station *B* sind beide Leitungen verbunden.

Da bei dieser Schaltung bei den Stationen *A* und *B* die Verbindung der Leitungen mit Erde aufgehoben ist, so zeigt der Rheostat nach Abzug der bekannten Widerstände, für das gestörte System einen bestimmten Werth, etwa δ . Nach dem Ohm'schen Gesetze also:

$$(1) \quad \dots \quad a + \frac{m(p+q)}{m+p+q} + b = \delta.$$

Den durch die Erde verbundenen Widerstand $p+q$ kann man wie einen metallnen Leiter betrachten, dessen End-

punkte mit denen von m metallisch verbunden sind. Nach dem Ohm'schen Gesetze ist nun der Widerstand $\frac{m(p+q)}{m+p+q}$ kleiner als m und hiernach ist auch δ kleiner als l . Nennen wir die Differenz r , also:

$$(2) \quad \dots \dots \dots l - \delta = r,$$

so daſs:

$$(3) \quad \dots \quad r + a + \frac{m(p+q)}{m+p+q} + b = l$$

ist. Schaltet man, wie folgende Figur zeigt, den Widerstand r zwischen den einen Schenkel z des Differentialgalvanoskops und a ein, so würde der Rheostat nur auſser den bekannten Widerständen, l ergeben.

Durch das Zwischenschalten des Widerstandes r zwischen G und a , hat man den Widerstand

$$r + a + \frac{m(p+q)}{m+p+q} = a + m$$

gemacht. Unterbricht man nunmehr die Verbindung zwischen G und r (resp. a), schaltet dagegen von dem Schenkel z den Widerstand w zur Erde und regulirt denselben so, daſs der Rheostat wie bei Gleichung (3) den Widerstand l zeigt, so hat das System die Werthe

$$w + \frac{q(m+p)}{q+m+p} + b$$

und es ergibt sich also

$$(4) \quad \dots \quad w + \frac{q(m+p)}{q+m+p} + b = l.$$

Aus den Gleichungen (3) und (4) aber ergibt sich:

$$(5) \quad \dots \quad w + \frac{q(m+p)}{q+m+p} = r + a + \frac{m(p+q)}{m+p+q}.$$

Verbindet man nunmehr auch r wieder mit z , so treten in die beiden gleichen Zweige gleiche Stromstärken und der reducirte Widerstand beider Zweige ist nach dem Ohm'schen Gesetz kleiner als der jedes Zweiges. Da durch das Hinzuschalten von r das System

$$r = a + \frac{m(p+q)}{m+p+q} = a + m$$

geworden ist, so kann man für jeden Zweig den Werth $a + m$ setzen. Der reducirte Werth ergehe etwa am Rheostaten β , dann ist

$$(6) \quad \dots \quad \frac{(a+m)(a+m)}{2(a+m)} + b = \beta$$

oder:

$$\frac{a+m}{2} + b = \beta.$$

$$\text{Es ist aber} \quad \dots \quad \underline{a + m + b = l}$$

$$\text{folglich} \quad \dots \quad \frac{a+m}{2} = l - \beta$$

$$\text{daher} \quad \dots \quad a + m = 2(l - \beta)$$

$$\text{und daraus ergibt sich} \quad b = l - 2(l - \beta)$$

(7) Dieselben Messungen von Station B aus ergeben, wenn $\frac{b+m}{2}$ sich $= \gamma$ ergibt

$$a = l - 2(l - \gamma).$$

Man kann also von den beiden Stationen A und B aus die beiden Ableitungspunkte x und y genau bestimmen. Liegen zwischen diesen Punkten noch mehrere Ableitungen, so ändert dies an dem Resultate nichts, indem nur m kleiner, r größer wird. Nur muß in diesem Falle nach Beseitigung der Fehler bei x und y zur Bestimmung der weiteren Fehlerpunkte die Manipulation wiederholt werden. Ob übrigens noch mehr Ableitungsstellen vorhanden sind, läßt sich nun leicht bestimmen, nachdem a und b bekannt sind. Nach Gleichung (1) ist

$$a - (a + b) = \frac{m(p+q)}{m+p+q}.$$

$$\text{Da nun} \quad \dots \quad l - (a + b) = m$$

$$\text{und} \quad \dots \quad m = r + \frac{m(p+q)}{m+p+q},$$

so ergibt sich hieraus sofort, ob letztere Gleichung stimmt. Ist m größer als die rechts liegende Summe, so liegen zwischen p und q noch weitere Ableitungen, die unter Umständen nun von den gefundenen Fehlerpunkten aus, oder nach Beseitigung dieser, von den Stationen aus bestimmt werden können.

Wenden wir das Kirchhoff'sche Gesetz auf diesen Fall an, so erhalten wir die Bestätigung sämtlicher Voraussetzungen. Dasselbe lautet:

„Wenn ein System von Drähten, die auf eine ganz beliebige Weise mit einander verbunden sind, von galvanischen Strömen durchflossen wird, so ist:

- 1) die Summe der Stromstärken in allen denjenigen Drähten, welche in einem Punkte zusammenstoßen gleich Null, und
- 2) in allen denjenigen Drähten, welche eine geschlossene Figur bilden, die Summe aller Producte aus den Stromstärken in jeder Strecke und dem Widerstande in derselben gleich der Summe der erregenden Kräfte auf diesem Wege.“

Wird der galvanische Strom in der Richtung der Pfeile fließend angenommen und die in a und w vorhandenen Ströme, wie oben angenommen gleich, so fließen von den Punkten x und y dieselben Mengen ab als in a und w vorhanden. Es ist daher

$$\text{für den Weg } a \text{ der Strom } S - (s + s_1) = 0$$

$$\text{„ „ „ } w \text{ „ „ } S - (i + i_1) = 0$$

$$\text{„ „ „ } p \text{ „ „ } i_1 - i_1 = 0 \text{ u. } s_1 - s_1 = 0.$$

Da in den geschlossenen Figuren awp und mpq keine erregenden Kräfte vorhanden sind, so sind in beiden auch

die Producte aus den Stromstärken und den Widerständen gleich Null, daher

in der Figur *awp*: $aS + p(s_1 - i_1) = wS$.

„ „ „ *mpq*: $m(s + i_1) - p(s_1 - i_1) = q(s_1 + i)$

Daraus ergibt sich

durch Addition: $aS + m(s + i_1) = wS + q(s_1 + i)$.

Mithin Gleichheit der beiden Zweige resp. Stromwege.

Cöln den 5. December 1874.

XIV. *Versuche über die Plasticität des Eises; von Prof. Dr. Fr. Pfaff.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus d. Bericht. d. phys. med. Societät
zu Erlangen.)

Das Phänomen der Gletscherbewegung war es, welches die meisten der Naturforscher, die sich mit demselben beschäftigten, veranlafste, Versuche über das Verhalten des Schnees und Eises gegenüber Druck anzustellen. Die Gebrüder v. Schlagintweit und Tyndall waren die ersten, welche mit Rücksicht auf das Verhalten der Gletscher derartige Experimente machten. Später hat v. Helmholtz eine Reihe sehr schöner Versuche beschrieben, aus denen hervorging, daß durch starken Druck Schnee in Eis verwandelt, Eis in Stückchen zerklopft wieder in einen homogenen Eiscylinder verwandelt, ein solcher durch Oeffnungen von kleinerem Durchmesser geprefst werden könne und dgl. mehr. Es war damit constatirt, daß sich das Eis unter starkem Drucke in beliebige Formen bringen lasse, sich also plastisch verhalte auch im Kleinen, wie die gewaltigen Eisströme der Gletscher im Großen, die sich auch den Engungen und Erweiterungen der Thäler, durch die sie strömen, anpassen. Die 1850 von Faraday entdeckte