trischer Strom, der vom Kupfer nach dem Zinke zu die ganze Länge des Drahtes mit allen seinen Windungen durchfließt, auch selbst wenn Drahttheile sich berühren, da sie durch die Seide isolirt sind. Der Schrauben-Draht zeigt dann an dem einen Ende einen magnetischen Nordpol, an dem andern einen Südpol, welche ein Magnetstab eben so anzieht und abstößt, wie die Pole eines andern Magneten. Je nachdem der Schrauben-Draht anders gewunden ist, findet sich der Nordpol an der Kupfer- oder an der Zink-Seite *).

VIII.

*Erscheinungen und Gesetze des Magnetisirens von
Stahlnadeln mittelst gemeiner Electricität auf
einer ebenen Spirale aus Draht;*

von

J. W. PFAFF, Prof. in Erlangen.

Nach den Aufsätzen, welche sich über diesen Gegenstand in Ihren Annalen finden, schien es mir, daß in Beziehung auf die Erregung des Magnetismus durch gemeine Electricität noch manches, wenigstens

*) Stets links dem, der sich in der Richtung des electrischen Stromes mit dem Gesichte nach der Nadel zu gekehrt denkt, meiner Regel (St. 12. 1820 S. 332 gemäß); also in dem links gewundenen nach der Seite des Kupfers, in dem rechts gewundenen nach der Seite des Zinkes zu. Eine Bestimmung, die der des Hrn Arago St. 12. 1820 S. 316 völlig gemäß ist, wenn sie ihr gleich scheinbar widerspricht. *Gilb.*

an Einfachheit oder Vollständigkeit zu vermissen sey. Ich habe mir einen sehr einfachen Apparat erdacht, an dem sich die Gesetze alle sehr leicht darstellen lassen. Meine Electrificir-Maschine mit einer Scheibe von 30 Zoll Durchmesser, ist von dem Mechanikus Günther hier trefflich gebaut; die Reibzeuge sind isolirt, der Sauger ist ein Kreisbogen, gleichfalls isolirt, und die Scheibe ruht mit der Axe nur auf einer isolirten Säule.

Der Apparat ist *ein in Einer Ebene ausgebreiteter Spiral-Draht*, eine archimedische Schnecken-Linie von Metall-Draht. Er befindet sich auf einer Glastafel, und man braucht ihn nur umzukehren, um statt einer rechts-, eine links-gewundene Spiral-Linie zu haben. Die durch gemeine Electricität zu magnetisirende Nadel wird auf etwas Wachstafft darauf gelegt. Man kann dann der Nadel jede Stellung leicht geben, sowohl in Beziehung auf den magnetischen Meridian, als auch auf ihre Lage gegen die Windungen der Spiral-Linie. Nach allen den verschiedenen Umständen in Beziehung auf Symmetrie der Lage der Nadel als Radius, als Chorde, als Theil einer Chorde u. s. w., kommen höchst merkwürdige Zustände von Magnetismus in der Nadel hervor. Um mich aber in dem Folgenden deutlich, und ohne alle Bildersprache auszudrücken, will ich einige Erklärungen vorausschicken.

Man denke sich von dem Einsauger (oder dem Anfang des sogenannten ersten Conductors) der Electrificir-Maschine, eine gerade Linie zum Reibzeuge derselben gezogen, und diese Linie in zwei gleiche Theile getheilt. Der eine Theil, worin der Einsauger liegt, ist der positive, der andere, worin das Reibzeug liegt,

der negative Theil. In meinem Apparate befindet sich in jedem dieser beiden Theile eine Vorrichtung, die aus drei Stücken besteht. Das erste ist der zuleitende Metall-Draht, dessen *Anfang* beim positiven Theil der Einsauger genannt werden soll, darauf folgt der Spiral-Draht selbst, [der jenen nur in einem Punkte berührt] und dieser *endigt* sich dann in eine metallene Kugel. Dasselbe ist beim negativen Theil: er *fängt an* als zuleitender Metall-Draht beim Reib-Kissen, und *endigt* sich in eine metallene Kugel. Die Spiral-Linie kann als bloße Linie gedacht werden, doch wollen wir sie immer auch als Spiral-Draht denken. Ich kann ohne Verwirrung den Einen Spiraldraht den *positiven*, den andern den *negativen* nennen, wie die Theile, in denen sie liegen.

Schlagen von den beiden Kugeln, wie gewöhnlich, Funken zusammen, so wird die auf dem Spiral-Draht liegende Stahlnadel magnetisch. Es giebt aber hier [außer dem Unterschiede von Rechts- und Linksgewunden] einen Unterschied eigener Art in der Lage der Spiral-Linien gegen den Anfang und das Ende ihres Theils, in welchem sie als Mittel-Glieder sich befinden. Nämlich der Mittelpunkt der Spiral-Linie ist entweder mit dem Anfang des positiven Theils, das heißt mit dem Sauger verbunden, wie in Fig. 3, oder mit dem Ende, mit der Kugel, wie in Fig. 4. (In beiden Figuren ist *A* der Sauger, *B* die Funken gebende Kugel.) Andere Conductoren, Verstärkungs-Flaschen u. dgl. braucht man gar nicht. Den Draht in der ersten Figur nenne ich den *positiven centralen Spiraldraht*; den in der zweiten Figur den *periserialen*.

Eine rechts- und eine links-gewundene Spiral-Linie, da sie in Einer Ebene liegt, braucht keine wei-

tere Erklärung, nur muß hinzugesetzt werden, daß man sie von oben *hierab* betrachtet *). Nach diesen Voraussetzungen stelle ich nun die *Gesetze* auf, wie sie theils schon bekannt sind, theils *neu* aus diesem Apparat sich erweisen.

1. Gegensatz des positiven und negativen Spiral-Drahts, unter sonst gleichen Umständen. Ist bekannt.

2. Vollkommener Gegensatz des Oben und Unten. Das heißt in der Nadel wird der entgegengesetzte Zustand von *demselben* Spiral - Draht erregt, wenn sie oben, als wenn sie unten liegt. Dieser Gegensatz läßt sich auf den von Rechts und Links zurückbringen, ist aber eine andere Form.

3. Gegensatz des Centralen und Periferialen; Gegensatz des Rechts- und Links-gewundenen. Letzteres bekannt.

4. Gesetz der Entfernung. Die Erregung schwächer, wenn die Nadel weiter entfernt ist. Versteht sich von selbst; hier läßt es sich sehr deutlich zeigen.

5. Gesetz der GröÙe der Erregung abhängig von der Menge der erregenden Punkte des Spiral-Drahts, und von der Wiederholung der Erregung. Dieses Gesetz verdient eine vollkommene Durchführung, besonders wegen des Maximums. Eine Nadel

*) Und daß, wenn man sie von *Außen nach Innen* beschreibt, die Richtung in welcher sich die Hand in der *nach dem Körper zu* liegenden Hälfte bewegt, ihr den Namen giebt, indem in diesen Hälften in der *links-gewundenen*, die Bewegung von rechts nach links, in der *rechts-gewundenen* von links nach rechts geht. Daß beim Beschreiben von *Innen nach Außen*, wie in den in Fig. 3 bis 7 abgebildeten Spiralen, das Umgekehrte Statt findet, versteht sich von selbst. *Gilb.*

von $1\frac{1}{2}$ Zoll, die ich ins Centrum der Spiral-Linie lege, so daß sie als Radius von etwa 20 Bogen der Spiral-Linie durchschnitten wird, wird durch einen *einzig* schwachen Funken magnetisch. Würde in anderer Lage die Nadel nur weniger Bogen durchschneiden, so wäre die Erregung schwächer. Durchgeführt habe ich es nicht.

6. Gesetz der Gegen-Wirkung. Wenn ich 4 Nadeln zugleich erzeuge, so wird jede nun schwächer erregt, als wenn ich unter sonst gleichen Umständen jede *einzel*n, statt zusammen, der erregenden Kraft des Spiral-Drahts aussetze. Dieses Gesetz verdient genaue Beachtung.

7. Unabhängigkeit der Lage, welche die magnetisch zu erregende Nadel gegen den magnetischen Meridian der Erde hat. Dieses Gesetz ist für die Fälle, die wir hier betrachtet haben, über allen Zweifel erhoben und entschieden.

8. Gesetz der Abhängigkeit der Nadel in Beziehung auf ihre symmetrische Lage gegen die Spiral-Windungen. — Hier erscheint ein Reichthum von Fällen. Ich will sie einzeln aufführen.

Erfstens. Eine symmetrisch gegen die Windungen des Spiral-Drahts liegende Nadel wird durch den *positiven*, *centralen*, von der *Rechten* zur *Linken* gewundenen Spiral-Draht an ihren *beiden Enden* in *magnetischem Nord-Zustand* versetzt, wenn sie *oberhalb* des Gewindes liegt. In Fig. 5 wird die Nadel ganz symmetrisch in ihren beiden Seiten von 5 Bogen der Spirale durchschnitten, also auch erregt. Dieser Fall ist höchst merkwürdig; ich habe

ihn bei Nadeln von verschiedener Länge erwiesen; ich legte grössere durch das Centrum als Durchmesser; kleinere gegen Aussen, so dals kaum noch 2 Bogen der Spirale auf sie wirken konnten. Man mufs, der Analogie nach, annehmen, dals auch nur ein Einziger Bogen, der am Ende eine gerade Linie vorstellen kann, erregend auf die Nadel wirkt und einen Nordpol hervorruft. Natürlich wird von den beiden Nordpolen hereinwärts ein Südpol entstehen, und im Centrum der Nadel Null. Dals die Gröfse der Nadel hier Einflufs hat versteht sich.

Zweitens. Eine gegen das Centrum des Spiraldrahts gekehrte, also von dem Bogen beinahe rechtwinklig durchschnittenen Nadel wird von dem *positiven, centralen*, von der *Rechten zur Linken* gewundenen, *nach Oben* wirkenden Draht im Centrum den Südpol erhalten, an dem andern Ende den Nordpol (Fig. 6). Dieses stimmt mit den bekannten Gesetzen.

Drittens. Eine Nadel liege nicht symmetrisch, sey auch nicht gegen das Centrum gekehrt, oder mit andern Worten, sie werde von den Bögen der Spiral-Linie unter schiefen Winkeln durchschnitten, oder sey mit keinem Radius parallel (Fig. 7). Es sind hierbei allerdings mehrere Fälle. Doch kann man das Gesetz vielleicht allgemein so aufstellen: Das Ende der Nadel, das dem Centrum am nächsten liegt, bekommt immer (unter den vorigen Bedingungen) Südpol; die Bögen mögen also hier unter stumpfen oder spitzigen Winkeln schneiden. Dieses wäre also auch auszudrücken als vollkommene *Unabhängigkeit von dem Winkel*, den die Nadel mit der Spiral-Linie macht. Und vielleicht

läßt sich auch der erste Fall, wo die Nadel als vollkommen symmetrische Chorde mit 2 Nordpolen erscheint, darauf zurückführen. Aber immer bleibt es schwer zu entwickeln, wie der magnetische Zustand von Süd und Nord an beiden Enden, allmählig, nach der verschiedenen Lage der Nadel, in die vollkommene Gleichheit der Pole Nord und Nord übergeht. Läßt sich vielleicht das Gesetz allgemein so fassen: Der dem Centrum nächste Punkt der Nadel erhält Süd, dies geht durch Null über in Nord; und sind bei symmetrischer Lage der Nadel zwei Punkte gleich weit vom Centrum entfernt, so erhalten sie beide Süd, und diese geht nach beiden Seiten über in Nord, wie es der erste Fall (1) verlangt?

Dafs dieses Fortbreiten von Süd durch Null in Nord seiner Regelmäßigkeit nach von der Gestalt der Nadel, ja auch der Spiral-Gewinde abhängen müsse, ist wahrscheinlich. Ich habe, blos um die Richtigkeit der angegebenen Gesetze zu prüfen, durch Folgerungen, einen *schlangenförmig gewundenen* Stahldraht, wie in Fig. 8, der electricischen Wirkung der Spiral-Linie preisgegeben, und ihn schief gestellt gegen die Bogen der Spiral-Linie; ich fand mehrere Nord- und Süd-Pole je nach seiner Stellung u. s. w.

Aber eine Folgerung wage ich zu ziehen über die Wirkung *eines geradlinigten Drahtes* auf die zu magnetisirende Nadel. Er kann als der letzte Bogen einer Spiral-Linie (von unendlichem Radius) nach Weise der Mathematiker angesehen werden. Nun giebt der letzte Bogen immer Nord, Nord, bei symmetrischer Lage, aber mit abnehmender Stärke. Daraus würde folgen, dafs ein wahrhaft geradlinigter, mit der

zu magnetisirenden Nadel paralleler Draht, nur bei einer unendlichen Kraft einen magnetischen Pol erregen könnte. Hier träte nun der Unterschied zwischen der galvanischen Erregung recht deutlich hervor.

Zu jedem der hier angegebenen acht Gesetze habe ich schliesslich noch zu bemerken, daß *es für jeden Fall gilt*, wenn die zu erregende Nadel in Einer *parallelen Ebene mit der Ebene der Spiral-Linie* liegt. Es ist aber leicht, aus dem Gesetze 2 von Oben und Unten, aus dem Gesetze 4 von der Entfernung, und vermittelt der in 8 angegebenen Fälle, jedes andere Resultat zu bestimmen, das aber höchst mannichfach und merkwürdig seyn kann.

Ich habe auch Hrn Prechtl's Spiral-Gewinde magnetisirt, ich habe mehrere Spiral-Linien zugleich angewandt u. s. w., was weiter keine besondere Folgen andeutete.