

mals im Innern des großen Kraters entstandene Oeffnung fing auf's Neue an auszuwerfen.
 Endlich wird aus dem Jahre 1828, doch ohne Angabe des Monats und Tages, oder der bestimmten Localität, berichtet, daß in *Neu-Süd-Wales* ein sehr starkes Erdbeben von fünfundzwanzig Minuten Dauer sich ereignet habe, welchem ein zerstörender Orcan gefolgt sey. — *Annal. de Chim. T. 42, S. 347.* — *Fro-riep's Notizen B. 26, No. 9 (559).*

III. *Experimental-Untersuchungen über Elektrizität;* *von Herrn Michael Faraday.*

(Frei übersetzt aus den *Philosoph. Transact. f. 1832, pt. I. p. 125.*)

1. Das Vermögen der Spannungs-Elektrizität, einen entgegengesetzt elektrischen Zustand in ihrer Nähe hervorzurufen, wird allgemein durch den Ausdruck Vertheilung (*induction*) bezeichnet; da derselbe in die wissenschaftliche Sprache aufgenommen worden ist, kann es nicht unpassend erscheinen, ihn in ebenso allgemeiner Bedeutung auch für die Kraft zu gebrauchen, vermöge welcher elektrische Ströme benachbarte Körper aus einem indifferenten in einen eigenthümlichen versetzen.

2) Gewisse Wirkungen der Vertheilung elektrischer Ströme sind bereits bekannt, z. B. die der Magnetisirung, Ampère's Erfahrung bei Annäherung einer Kupferscheibe an eine flache Spirale, seine Wiederholung der außerordentlichen Versuche Arago's mittelst Elektro-Magnete, und vielleicht noch einige andere. Indefs schien es nicht wahrscheinlich, daß damit schon alle durch Vertheilung elektrischer Ströme möglichen Erscheinungen zu Ende seyn sollten, besonders, da sie eigentlich nur beim Eisen deut-

lich hervortreten, und also noch eine Anzahl anderer Körper, die bei der Spannungs-Elektricität unzweifelhafte Vertheilungs-Erscheinungen darbieten, in Bezug auf Vertheilung strömender Elektricität zu untersuchen übrig blieben.

3) Da ferner jeder elektrische Strom senkrecht gegen seine Richtung von einer magnetischen Action begleitet wird, so würde es, nach Ampère's schöner Theorie, wie nach jeder andern, sehr ungewöhnlich gewesen seyn, wenn nicht ein solcher Strom, innerhalb seines Wirkungskreises, in guten Leitern einen Strom oder eine dem gleichwerthige Kraft durch Vertheilung erregt haben sollte.

4) Diese Betrachtungen und die daraus geschöpfte Hoffnung, Elektricität durch gewöhnlichen Magnetismus erregt zu erhalten, haben mich zu verschiedenen Zeiten veranlaßt, Versuche auf die vertheilende Wirkung elektrischer Ströme anzustellen. Vor Kurzem endlich bin ich zu entscheidenden Resultaten gelangt, welche nicht nur meine Hoffnungen erfüllt, sondern mich auch zu einer, wie es scheint, vollständigen Erklärung der magnetischen Erscheinungen Arago's geführt haben, so wie zu der Entdeckung eines neuen Zustandes, der wahrscheinlich auf einige der wichtigsten Wirkungen elektrischer Ströme von großem Einfluß ist.

5) Die erlangten Resultate werde ich nicht in der Ordnung, wie sie entdeckt sind, sondern in der beschreiben, wie sie den klarsten Ueberblick über das Ganze gewähren.

I. Vertheilung elektrischer Ströme.

6) Ein Kupferdraht, von etwa 26 Fufs Länge und einem zwanzigsten Zoll in Dicke, wurde in Schraubenlinie um einen Holzcyliner gewickelt, und, damit seine Windungen sich nicht berührten, ein Zwirnsfaden zwischen dieselben gelegt. Dann ward die ganze Lage mit Zitz überzogen, und ein zweiter Draht in gleicher Weise darauf gewickelt. So wurden im Ganzen zwölf Drähte, durch-

schnittlich jeder 27 Fufs lang, in gleicher Richtung gewunden, über einander gebracht. Der erste, dritte, fünfte, siebente, neunte und elfte dieser Drähte wurden durch ihre Enden mit einander verknüpft, so dafs sie einen einzigen Schraubendraht bildeten. Auf ähnliche Weise wurden auch die übrigen Drähte verbunden, so dafs also im Ganzen zwei Schraubendrähte vorhanden waren, die, jeder 155 Fufs lang, gleiche Richtung hatten, und einander abwechselnd einschlossen, ohne sich irgendwo zu berühren.

7) Der eine dieser Schraubendrähte wurde mit dem Galvanometer verbunden, der andere mit einer gut geladenen Volta'schen Batterie von zehn Paaren vier quadratzölliger Platten (die von Kupfer doppelt so grofs als die von Zink). Dennoch war an der Nadel des Galvanometers nicht die mindeste Ablenkung wahrnehmbar.

8) Nun wurde ein ähnlicher zusammengesetzter Schraubendraht aus sechs Kupferdrähten und sechs weichen Eisendrähten gefertigt. Die Eisendrähte waren vereint 214 Fufs lang, die Kupferdrähte zusammen 208 Fufs. Allein auch jetzt zeigte sich keine Wirkung am Galvanometer, der Strom mochte durch den kupfernen oder eisernen Schraubendraht geleitet werden.

9) Bei diesen und vielen andern Versuchen ähnlicher Art liefs sich auch durchaus kein Unterschied in der Wirkung zwischen Eisen und einem andern Metalle wahrnehmen.

10) Ein Kupferdraht von 203 Fufs Länge wurde, in einem Stück, um eine grofse Walze von Holz gewickelt, und zwischen seinen Windungen, indess durch Zwirnsfaden an jeder directen Berührung derselben gehindert, ein zweiter ähnlicher Draht von gleicher Länge. Der eine dieser Schraubendrähte wurde mit dem Galvanometer, der andere mit einer gut geladenen Batterie von hundert Paaren vier quadratzölliger Platten (Kupfer doppelt so grofs als Zink) verbunden. Im Moment der Verbindung des Drahts mit der Batterie war eine plötzliche, aber sehr

geringe Wirkung auf das Galvanometer sichtbar, und eine ähnliche schwache Wirkung zeigte sich, als diese Verbindung aufgehoben wurde. So lange indess der elektrische Strom fortfuhr durch den einen Schraubendraht zu gehen, konnte keine Spur von irgend einer Wirkung bemerkt werden, obschon die Batterie sehr kräftig war, wie aus der Erhitzung des ganzen Schraubendrahts und aus den glänzenden Funken bei Entladung mittelst Kohlenspitzen hervorging.

11) Die Wiederholung dieser Versuche mit einer Batterie von 120 Plattenpaaren gab keine anderen Resultate. Allein es zeigte sich hier, wie schon früher, daß die Ablenkung der Nadel im Moment des Schließens von entgegengesetzter Richtung war, als die ähnliche schwache Ablenkung im Moment des Oeffnens der Kette. Dasselbe geschah bei Anwendung der früheren Schraubendrähte. (6. 8.)

12) Die Resultate, welche ich späterhin mit Magneten erhielt, haben mich zu der Ansicht geführt, daß der Volta'sche Strom, der durch den einen Draht geht, wirklich in dem zweiten Draht einen ähnlichen Strom erregt, der aber nur von augenblicklicher Dauer ist, und seiner Natur nach mehr Aehnlichkeit hatte mit der elektrischen Welle, die beim Entladen einer Leidener Flasche überspringt, als mit der einer Volta'schen Batterie; deshalb vermuthete ich auch, daß er, ungeachtet er kaum auf das Galvanometer wirkt, dennoch Stahlnadeln zu magnetisiren vermöge.

13) Und diese Vermuthung bestätigte sich. Denn, als statt des Galvanometers ein um eine Glasröhre gewundener Schraubendraht genommen (d. h. mit dem einen großen Schraubendraht verbunden), in die Röhre eine Stahlnadel gesteckt, darauf der erregende Draht (7. 10.) wie früher mit der Batterie verbunden, und nun, vor der Aufhebung dieser Verbindung, die Nadel fortgezogen ward, erwies sie sich magnetisch.

14) Wurde die Verbindung mit der Batterie zuerst vollzogen, dann eine unmagnetisirte Nadel in den kleinen

Schraubendraht gesteckt, und nun diese Verbindung wieder aufgehoben, so hatte die Nadel einen, wie es schien, eben so starken Magnetismus wie zuvor erhalten, aber ihre Pole lagen umgekehrt.

15) Dieselben Erscheinungen zeigten sich beim Gebrauch der vorhin beschriebenen grossen zusammengesetzten Schraubendrähte (6. 8.).

16) Als die unmagnetisirte Nadel, vor dem Verbinden des erregenden Drahts mit der Batterie, in den kleinen Schraubendraht gesteckt, und bis nach der Aufhebung jener Verbindung darin gelassen wurde, besafs sie wenig oder keinen Magnetismus; da die erste Wirkung durch die zweite fast vernichtet worden war (13. 14.). Der beim Schliessen erregte Strom zeigte sich von gröfserer Kraft, als der beim Oeffnen der Batterie, und wenn daher die Batterie mehrmals abwechselnd geschlossen und geöffnet wurde, während die Nadel in dem kleinen Schraubendraht blieb, kam sie zuletzt nicht unmagnetisch, sondern so magnetisirt heraus, wie wenn der beim Schliessen erregte Strom alleinig auf sie gewirkt hätte. Diese Wirkung rührt vielleicht von einer (sogenannten) Anhäufung der Elektrizität an den Polen der ungeschlossenen Säule her, durch welche der Strom beim Schliessen kräftiger wird, als hernach beim Oeffnen.

17) Wurde der zur Vertheilung bestimmte Schraubendraht mit dem Galvanometer erst verbunden, nachdem die Verbindung zwischen der Batterie und dem erregenden Draht bewerkstelligt oder aufgehoben war, so liefsen sich keine Wirkungen am Galvanometer wahrnehmen. Eben so wenn die Volta'sche Batterie zuerst geschlossen, und dann der zur Vertheilung bestimmte Draht mit dem kleinen Schraubendraht verbunden ward, zeigte letzterer keine magnetisirende Kraft. Unterhielt man jedoch die letztere Verbindung, während die Schliessung der Batterie geöffnet ward, so wurde die Nadel in dem kleinen Schrau-

bendraht zu einem Magnet, aber zu einem zweiter Art, d. h. dessen Pole einen Strom anzeigen, von gleicher Richtung mit dem der Batterie.

18) Bei den vorhergehenden Versuchen waren die Drähte nahe an einander befestigt, und wenn man die Wirkung haben wollte, wurde der vertheilende Draht mit der Batterie in Verbindung gesetzt. Da indess der Act des Schließens und Oeffnens der Kette möglicherweise von einer besondern Action begleitet seyn könnte, so wurde nun die Vertheilung auf einem andern Wege bewerkstelligt. Ein mehrere Fuß langer Kupferdraht wurde in weiten Zickzack-Biegungen, ähnlich einem W, auf der einen Seite eines breiten Bretts ausgespannt; und eben so ein zweiter Draht auf einem andern Brette befestigt; ferner der eine dieser Drähte mit dem Galvanometer, und der andere mit der Volta'schen Batterie verbunden. Als nun das erste Brett mit seinem Draht dem zweiten rasch genähert wurde, wich die Nadel ab, eben so auch beim Wegziehen desselben, aber nach der entgegengesetzten Seite. Geschah das Nähern und Entfernen der Bretter in Uebereinstimmung mit den Schwingungen der Magnetnadel, so wurden diese sehr groß; hörte man aber mit dem Hin- und Wegführen des Drahtes auf, so kehrte die Nadel auch bald in ihre gewöhnliche Lage zurück.

19) Bei gegenseitiger Näherung der Drähte war der durch Vertheilung erregte Strom von *entgegengesetzter* Richtung mit dem vertheilenden Strom. Bei Entfernung der Drähte von einander hatte der erregte Strom dagegen gleiche Richtung, wie der erregende. Blieben die Drähte in gleichem Abstände, so war auch kein durch Vertheilung erregter Strom vorhanden (54.).

20) Wenn in den Bogen zwischen dem Galvanometer und seinem Schraubendraht (10.) eine kleine galvanische Kette eingeschaltet würde, so daß die Nadel eine Ablenkung von 30° bis 40° erlitt, und man nun die
Bat-

Batterie von hundert Plattenpaaren mit dem erregenden Draht verband, so fand wie zuvor eine augenblickliche Wirkung statt (11.); allein die Nadel kehrte sogleich in ihre frühere Stellung zurück und behielt sie, ungeachtet die Batterie fortwährend durch den erregenden Draht geschlossen blieb. So verhielt es sich immer, in welchem Sinne auch die Schließung bewerkstelligt wurde (33.).

21) Hieraus erhellt, dafs neben einander liegende Ströme, von gleicher oder entgegengesetzter Richtung, keine permanente Vertheilung, welche ihre Stärke oder Spannung störte, auf einander ausüben.

22) Ich konnte weder Wirkungen auf die Zunge, noch Funken, noch Erhitzung eines feinen Drahts oder Kohle erhalten, welche Beweise für den Durchgang von Elektrizität durch den unter Vertheilung stehenden Draht gegeben hätten; eben so wenig konnte ich irgend eine chemische Wirkung bekommen.

23) Diese Wirkungslosigkeit rührt nicht etwa davon her, dafs der secundäre elektrische Strom nicht durch Flüssigkeiten gehen könnte, sondern wahrscheinlich von seiner kurzen Dauer und schwachen Intensität. Denn wenn man in den Bogen, der die Vertheilung zu erleiden bestimmt ist, zwei grofse Kupferplatten bringt und in Salzwasser taucht, jedoch, damit sie sich nirgends berühren, durch einen Tuchlappen geschieden, so zeigt sich nach wie vor die Wirkung am Galvanometer, oder in dem denselben ersetzenden Schraubendraht. Die durch Vertheilung erregte Elektrizität geht also durch die Flüssigkeit (20.). Als indess die Menge der Flüssigkeit auf einen Tropfen reducirt ward, gab die Nadel des Galvanometers keine Anzeige nmehr.

24) Versuche, ähnliche Wirkungen mittelst Durchleitung gewöhnlicher Elektrizität durch Drähte zu erhalten, gaben zweifelhafte Resultate. Es diente hierzu ein zusammengesetzter Schraubendraht, ähnlich dem vorhin (6.) beschriebenen, und acht einzelne Schraubendrähte ent-

haltend. Vier dieser Schraubendrähte wurden mit ihren gleichliegenden Enden zusammen gebunden, und dann, die beiden Enden des vierfachen Drahts mit dem kleinen Schraubendraht, der eine unmagnetisirte Nadel enthielt (13.), in Verbindung gesetzt. Die vier andern Drähte, auf ähnliche Weise verknüpft, wurden mit einer Leidner Flasche verbunden. Nach Entladung der Flasche durch diesen Schraubendraht fand sich die Nadel magnetisch. Allein vermuthlich war ein Theil der elektrischen Entladung in den kleinen Schraubendraht übergesprungen, und hatte so die Nadel magnetisirt. Es war auch in der That kein Grund zu der Annahme vorhanden, daß eine Elektrizität von solcher Spannung, wie die einer Leidner Flasche, sich nicht durch alle die zwischen den Ueberzügen befindlichen Drahtgänge verbreiten sollte.

25) Indefs folgt daraus nicht, daß die Entladung der gewöhnlichen Elektrizität durch Drähte nicht ähnliche Erscheinungen, wie die Volta'sche Elektrizität, sollte hervorbringen können. Da es indes unmöglich scheint, die Wirkungen der anfangenden Entladung von der gleichstarken aber entgegengesetzten der aufgehenden Entladung zu trennen (16.), in sofern bei der gewöhnlichen Elektrizität Anfang und Ende der Entladung gleichzeitig sind, so steht schwerlich zu hoffen, daß der Versuch in dieser Gestalt gelingen werde.

26) Hieraus ist klar, daß die Volta'schen Ströme hinsichtlich der Vertheilungs-Phänomene, die sie hervorgerufen, einigermaßen der Spannungs-Elektrizität ähnlich sind, obgleich sie auch, wie man weiterhin sehen wird, in manchen Stücken von dieser abweichen. Das Resultat dieser Vertheilung ist die Erzeugung anderer, indes nur momentaner Ströme, die dem erregenden Strom parallel sind, oder zu werden trachten. Durch die Polarisationsart der Nadel in dem kleinen Schraubendraht (13. 14.) und durch die Ablenkungsrichtung der Galvanometernadel (11.) findet sich, daß der erregende Strom bei seinem Be-

ginn einen secundären Strom von umgekehrter, bei seinem Aufhören aber einen secundären Strom von gleicher Richtung mit der seinigen hervorruft. Die Eigenschaften des Drahts, nachdem darin der erste secundäre Strom hervorgerufen worden, und während die Elektrizität der Volta'schen Batterie fortfährt, durch den erregenden Draht in seiner Nähe hindurch zu strömen (10. 18.), macht einen eigenthümlichen elektrischen Zustand aus, den ich weiterhin noch näher betrachten werde. Alle diese Resultate wurden mit einem Volta'schen Apparat erhalten, dessen Platten zu einem einzigen Paare combinirt waren.

II. Elektricitäts-erregung durch Magnetismus.

27) Aus einer runden Stange weichen Eisens von sieben Achtelzoll Dicke wurde ein Ring von sechs Zoll äußerem Durchmesser geschmiedet, und ein neun Zoll langes Stück dieses Ringes mit drei Kupferdrähten, jeder von 24 Fufs Länge und $\frac{1}{16}$ Zoll Dicke, über einander auf die vorhin beschriebene Weise umwickelt, so dafs die Drahtlagen unter sich und von dem Eisen isolirt waren. Das System dieser Drähte, die einzeln wie verbunden angewandt werden konnten, ist in Fig. 1, Taf. III, mit *A* bezeichnet. *B* bedeutet ein zweites, in gleicher Richtung wie *A* gewickeltes, System von Drahtwindungen, gebildet aus zwei Kupferdrähten von 30 Fufs Länge, und geschieden von *A* an beiden Enden durch eine unbedeckte Strecke Eisen von einem halben Zoll.

28) Die Windungen *B* wurden durch Kupferdrähte mit einem drei Fufs vom Ring entfernten Galvanometer verbunden, und die Drähte *A*, mit ihren Enden zu einer einzigen Schraubenlinie verknüpft, mit einer Batterie von zehn Paaren vier quadratzölliger Platten. Augenblicklich zeigte sich eine Wirkung auf den Galvanometer, und zwar eine bei weitem stärkere, als zuvor, da eine zehnmal kräftigere Batterie, ohne Mitwirkung von Eisen, angewandt ward (10.). Allein obgleich die Batterie ge-

geschlossen blieb, war die Wirkung doch nicht dauernd; bald kehrte die Nadel in ihre natürliche Lage zurück. Beim Oeffnen der Kette wurde die Nadel indess wieder mächtig abgelenkt, und zwar nach entgegengesetzter Seite wie zuvor.

29) Die Abänderung des Versuchs in der Art, daß *B* unbenutzt gelassen, der Galvanometer mit einem der drei Drähte *A* verbunden, und die Batterie durch die vereinten beiden andern Drähte geschlossen wurde (28.), gab ähnliche, nur noch kräftigere Wirkungen.

30) Geschah die Schließung in dieser oder jener Richtung, so wich auch die Nadel nach der einen oder der andern Seite hin ab. Beim Oeffnen der Kette war die Ablenkung immer die umgekehrte von der beim Schließen. Die Ablenkung beim Schließen zeigte immer einen secundär erregten Strom an, der in Richtung dem der Batterie entgegengesetzt war; beim Oeffnen der Kette hatte dagegen der secundäre erregte Strom immer gleiche Richtung mit dem der Batterie. Kein Oeffnen und Schließen der *B* Windungen, oder irgend eines Theiles des galvanometrischen Bogens, hatte einen Einfluß auf die Nadel des Galvanometers. Auch bewirkte die Fortdauer des Volta'schen Stroms keine Ablenkung dieser Nadel. Da die obigen Resultate allen diesen und den ähnlichen weiterhin mit Magnetstäben angestellten Versuchen gemeinsam sind, so halte ich es für unnöthig, sie ferner noch zu beschreiben.

31) Mit Anwendung dieses Ringes und der Batterie von hundert Plattenpaaren (10.), war der Impuls auf den Galvanometer, beim Schließen wie beim Oeffnen der Kette, so groß, daß die Nadel sich schnell vier- oder fünfmal im Kreise drehte, ehe der Widerstand der Luft und der Erdmagnetismus diese Axendrehung auf bloße Oscillationen zurückführen konnte.

32) Nach Ansetzung von Kohlenspitzen an die Enden des Schraubendrahts *B* konnte im Moment des Schlie-

fsens der Batterie durch *A* ein kleiner Funke wahrgenommen werden. Dieser Funke rührte nicht etwa davon her, daß der Strom der Batterie theilweise durch das Eisen zu dem Schraubendraht überggesprungen wäre; denn, wenn die Batterie geschlossen blieb, nahm die Galvanometer-Nadel ihre natürliche Lage vollkommen wieder an (28.). Beim Aufheben der Schließung war selten ein Funken sichtbar. Ein kleiner Platindraht liefs sich durch den secundären Strom nicht in's Glühen versetzen; allein alles läfst glauben, daß dies mit dem Strom einer kräftigeren Batterie, oder mit einem wirksameren Schraubendraht gelungen seyn würde.

33) Ein schwacher Volta'scher Strom wurde durch den Schraubendraht *B* und den Galvanometer geleitet, um die Nadel in letzterem um 30° bis 40° abzulenken, und dann die Batterie von 100 Plattenpaaren mit *A* verbunden. Nachdem indess die erste Wirkung vorüber war, nahm die Galvanometer-Nadel genau die Stellung wieder an, welche sie in Folge des durch den Draht *B* geleiteten schwachen Stroms früher besafs. Dies fand statt, in welchem Sinne die Schließung der Batterie auch bewerkstelligt worden war, was abermals zeigte (20.), daß die Ströme, in Bezug auf ihre Stärke und Tension, keinen dauernden Einflufs auf einander ausüben.

34) Es wurde nun eine solche Einrichtung getroffen, daß sich die früheren Versuche über Vertheilung durch Volta'sche Ströme mit den gegenwärtigen verknüpfen liefsen. Zu dem Ende wurde ein hohler Papp-Cylinder mit einer Combination von Schraubendrähren, ähnlich der in (6.) beschriebenen, umgeben. Sie enthielt acht Kupferdrähre, zusammen von 220 Fufs Länge; vier derselben wurden, Ende an Ende geknüpft, mit dem Galvanometer (7) verbunden, die vier dazwischen gewickelten aber, nachdem sie ebenfalls mit ihren Enden vereint waren, zur Schließung der Batterie von 100 Plattenpaaren benutzt. Mit dieser Vorrichtung war die Wirkung auf den Galva-

nometer kaum merklich (11.), doch konnten mit dem secundären Strom Stahladeln magnetisirt werden (13.). Als aber ein $\frac{7}{8}$ Zoll dicker und 12 Zoll langer Cylinder von weichem Eisen in die mit den Schraubendrähten umwickelte Pappröhre gesteckt wurde, wirkte der secundäre Strom mächtig und mit all den schon beschriebenen Erscheinungen auf den Galvanometer (30.); auch besafs er das Vermögen, Stahl zu magnetisiren, anscheinend in noch höherem Grade, als wenn kein Eisencylinder zugegen war.

35) Wurde statt des Eisenstabes ein gleicher Stab von Kupfer genommen, so war keine Wirkung da, die nicht schon die Schraubendrähte für sich ausgeübt hätten. Diese Vorrichtung mit dem Eisenstab wirkte übrigens nicht so kräftig als die schon beschriebene mit dem Ring (27.).

36) Aehnliche Wirkungen wurden nun durch *gewöhnliche Magnetstäbe* hervorgebracht. Es wurden nämlich die auf der Pappröhre befindlichen Schraubendrähte, nachdem sie unter sich zu einem Ganzen vereint waren, durch zwei Kupferdrähte von fünf Fufs Länge mit dem Galvanometer verbunden, dann in die Axe der Röhre ein Cylinder von weichem Eisen gestellt, und nun zwei Magnetstäbe, deren jeder 24 Zoll lang war, mit den entgegengesetzten Polen ihrer einen Enden hufeisenartig in Berührung gebracht, und mit denen der andern auf die Enden des Eisencylinders gelegt, so dafs dieser ein Magnet werden mußte (Fig. 2. Taf. III.). Durch Fortnahme oder Umkehrung der Magnetstäbe konnte der Magnetismus des Eisencylinders nach Belieben aufgehoben oder umgekehrt werden.

37) Bei Auflegung der Magnetstäbe auf den Eisencylinder wich die Nadel ab; bei fortdauernder Berührung desselben aber kehrte sie in ihre anfängliche Lage zurück; bei Aufhebung des Contacts wurde sie abermals abgelenkt, aber nach entgegengesetzter Seite wie zuvor, und dann nahm sie wieder die ursprüngliche Lage an. Wur-

den die Magnetstäbe in umgekehrter Stellung aufgelegt, waren auch die Ablenkungen umgekehrt.

38) Bei Auflegung der Magnetstäbe auf den Eisenstab war der secundäre Strom, wie es die Ablenkung zeigte, von entgegengesetzter Richtung mit dem, welcher den Eisenstab so magnetisirt haben würde, wie es durch die Berührung mit den Magnetstäben wirklich geschah.

Wenn z. B. der gezeichnete und ungezeichnete Pol (Unter dem *gezeichneten* Pol versteht Hr. Faraday, wie sich weiterhin ergibt, den am Nordende der Compagnadel. *P.*) so gestellt wurde, wie in Fig. 3, hatte der Strom in dem Schraubendraht die dort abgebildete Richtung, wo *P* das zu dem positiven Pol oder den Zinkplatten, und *N* das zum negativen Pol der Säule führende Ende ist. Solch ein Strom würde den Eisenstab in umgekehrter Richtung magnetisirt haben, als der Contact der Pole *A* und *B*; auch bewegt sich dieser Strom in entgegengesetzter Richtung, als die Ströme, welche nach Hrn. Ampère's schöner Theorie einen Magneten in der abgebildeten Stellung constituiren.

39) Da man glauben könnte, daß der in den vorhergehenden Versuchen erregte momentane Strom durch eine besondere, bei der Bildung des Magneten stattfindende Wirkung, und nicht durch die bloße Annäherung hervorgebracht worden sey, so wurde der folgende Versuch angestellt. Alle gleichliegende Enden des zusammengesetzten Schraubendrahts (34.) wurden durch Kupferdraht zusammengebunden, und die dadurch entstandenen zwei Hauptenden mit dem Galvanometer vereint. Der weiche Eisenstab (34.) wurde entfernt, und statt dessen ein cylindrischer Magnetstab von $\frac{3}{4}$ Zoll im Durchmesser und $8\frac{1}{2}$ Zoll in Länge angewandt. Dieser Magnet wurde mit einem Ende in die Axe des Schraubendrahts gestellt, und, nachdem die Galvanometer-Nadel zur Ruhe gekommen war, plötzlich hineingeschoben. Augenblicklich wich die Nadel ab, in gleicher Richtung, wie wenn

der Magnet durch eins der zwei vorhergehenden Verfahren erst gebildet worden wäre (34. 36.). Blieb der Magnet darin, so nahm die Nadel wiederum ihre erste Stellung an; wurde er herausgezogen, so wich sie nach entgegengesetzter Richtung ab. Die Ablenkungen waren nicht groß; indess konnte die Nadel durch ein in Uebereinstimmung mit ihren Bewegungen wiederholtes Hineinstecken und Herausziehen des Magnets, zuletzt zu Schwingungen von 180° und mehr gebracht werden.

40) Bei diesem Versuche durfte der Magnet nicht ganz durch den Schraubendraht gesteckt werden, weil sonst eine zweite Wirkung eintrat. Wurde der Magnet hineingesteckt, so wich die Nadel in gewisser Richtung ab; wurde er, während er darin war, dann ganz durchgeschoben oder zurückgezogen, so wich sie nach entgegengesetzter Seite ab. Wurde der Magnet in einem Zuge ganz durch den Schraubendraht geführt, so wich die Nadel erstlich in einer Richtung ab, blieb dann plötzlich stehen, und ging nun nach der entgegengesetzten Seite.

41) Wenn ein hohler Schraubendraht, wie er in (34.) beschrieben ist, in die Richtung von Ost nach West (oder in irgend eine andere constante Richtung) gelegt, und ein Magnetstab in derselben Richtung, mit dem Nordpol z. B. immer gegen Westen gehalten wird, so weicht die Nadel stets in gleicher Richtung ab, welchen der Pole man auch zuerst in den Schraubendraht steckt, und eben so weicht sie immer in gleicher, aber entgegengesetzter Richtung ab, in welcher Richtung man auch den Magnetstab herauszieht.

42) Diese Erscheinungen sind einfache Folgen des weiterhin (114.) beschriebenen Gesetzes.

43) Die Vereinigung aller acht Drähte zu einem einzigen Schraubendraht that keine so große Wirkung, als die (39.) beschriebene Anordnung. Bei Anwendung von nur einem der acht Schraubendrähte war die Wirkung ebenfalls sehr viel kleiner. Es waren alle Vorsichts-

mafsregeln gegen eine direkte Einwirkung des Magnetstabes auf den Galvanometer getroffen, und es ward gefunden, dafs die Bewegung des Magneten in gleicher Richtung und in gleichem Grade an der Aufsenseite des Schraubendrahts keine Wirkung auf die Magnetnadel hatte.

44) Die Königliche Gesellschaft besitzt ein grofses magnetisches Magazin, welches früher dem Dr. Gowin Knight gehörte. Durch den Präsidenten und der Vorsteherchaft wurde mir die Benutzung desselben zu diesen Versuchen erlaubt. Es befindet sich gegenwärtig bei Hrn. Christie in Woolwich, dem ich für die Unterstützung bei allen diesen Versuchen dankbar verpflichtet bin. Diefs Magazin besteht aus 450 Magnetstäben, jeder 15 Zoll lang, einen Zoll breit und einen halben Zoll dick, welche in einer Büchse so zusammengestellt sind, dafs sie an einem Ende zwei äufsere Pole darbieten (Fig. 4, Taf. III). Diese Pole ragen 6 Zoll aus der Büchse, sind im Querschnitt zwölf Zoll hoch und drei Zoll breit, und stehen neun Zoll von einander. Wird ein drei Zoll dicker Cylinder von weichem Eisen quer auf diese Pole gelegt, so ist ein Gewicht von fast hundert Pfund erforderlich, um ihn abzureifsen. Der linke Pol in der Figur ist der gezeichnete *).

45) Der Galvanometer stand bei allen mit diesem Magnet angestellten Versuchen etwa acht Fufs von demselben entfernt, nicht ihm gerade gegenüber, sondern 16° bis 17° seitwärts. Es fand sich, dafs dieser Magnet beim Anhängen und Abziehen des weichen Eisens ein wenig auf den Galvanometer wirkte; allein alle aus dieser Quelle entstehenden Fehler wurden leicht und sorgfältig vermieden.

*) Um Mißverständnissen vorzubeugen, werde ich unter dem gezeichneten Pol den nach Norden zeigenden verstehen. Ich werde hin und wieder vom Nord- und Südende der Nadel reden, ohne damit Nord- und Südpol zu meinen. Einige betrachten den nach Süden weisenden Pol als den wahren Nordpol; allein bei uns wird er oft Südpol genannt.

46) Die elektrischen Wirkungen mit diesem Magneten waren sehr auffallend. Wurde durch den zusammengesetzten Schraubendraht, dessen einzelne Drähte auf die in (39.) angegebene Weise in zwei Enden vereinigt, und mittelst dieser mit dem Galvanometer verbunden waren, ein 13 Zoll langer Cylinder von weichem Eisen gesteckt, und dann dieser mit den Polen des Magazins (Fig. 4, Taf. III) in Berührung gebracht, so schofs ein so mächtiger elektrischer Strom über, dafs die Nadel mehrmals im Kreise herum wirbelte*).

47) Ungeachtet dieser grofsen Kraft, kehrte die Nadel, bei Unterhaltung des Contacts, in ihre natürliche Lage zurück. Wurde der Contact aber aufgehoben, so kreiste die Nadel, mit gleicher Kraft wie zuvor, nur in entgegengesetzter Richtung, umher.

48) Eine Kupferplatte, die gleich einer Dille einmal um den Eisencylinder gewickelt worden war, jedoch, um die directe Berührung zu verhindern, mit dazwischen gelegtem Papier, wurde mit ihren Rändern durch Drähte mit dem Galvanometer verbunden. Als darauf der Eisencylinder an die Pole des Magazins gelegt ward, fand eine starke Wirkung auf die Galvanometernadel statt.

49) Es wurde nun, ohne die Schraubendrähte und die Kupferdille, der Draht des Galvanometers einmal um den Eisencylinder geschlagen (Fig. 4, Taf. III); allein auch dießmal zeigte sich eine starke Wirkung, wenn der Cylinder an die Pole gehängt oder von ihnen abgezogen ward.

50) Als der Schraubendraht mit seinem Eisencylinder den Magnetpolen blofs genähert wurde, ohne sie in Berührung zu setzen, fanden noch starke Wirkungen statt. Wurde der Schraubendraht für sich, ohne den Eisency-

*) Wird ein weicher Eisenstab, von der Form des Ankers eines Hufeisenmagnets, in der Mitte mit Draht umwickelt, und dann neben einen Magnet gelegt, so bekommt man einen vorübergehenden, aber deutlichen Strom von Elektrizität.

linder den Polen genähert, oder zwischen dieselben gestellt (44.), so wurde die Nadel um 80° bis 90° und mehr aus ihrer natürlichen Lage gerissen. Die Vertheilungskraft war also desto stärker, je näher der Schraubendraht, mit oder ohne Eisenstab, an die Pole gebracht wurde. Sonst aber waren die Wirkungen gleich, der Schraubendraht u. s. w. mochte oder mochte nicht mit dem Magnet in Berührung gesetzt seyn, d. h. es fand keine bleibende Ablenkung des Galvanometers statt, und die Wirkungen des Näherns und Entfernens waren einander entgegengesetzt (30.).

51) Ein Bolzen von Kupfer, statt des Eisencylinders, in den Schraubendraht gesteckt, erhöhte die Wirkung des letzteren durchaus nicht; allein ein dicker Eisendraht statt seiner genommen, verstärkte die Wirkung bedeutend.

52) Was die Richtung betrifft, war der elektrische Strom in allen diesen Versuchen mit dem Schraubendraht dem früher mit schwächeren Magnetstäben erhaltenen gleich (38.).

53) Eine Spirale, aus einem 14 Fufs langen Kupferdraht bestehend und mit dem Galvanometer verbunden, wirkte stark auf dieses Instrument, als sie dem gezeichneten Pol geradezu in der Linie der Axe genähert wurde. Der in ihr erregte Strom war von umgekehrter Richtung als der, welcher nach Ampère's Theorie in dem Magneten vorhanden ist (38.), oder als der Strom eines Elektro-Magneten von ähnlicher Polarität. Beim Fortziehen der Spirale kehrte sich der Strom in ihr um.

54) Eine ähnliche Spirale wurde durch Verbindung mit einer Batterie von achtzig vierzölligen Platten zu einem Elektro-Magneten gemacht, und ihm dann die erstere mit dem Galvanometer (53.) verbundene Spirale genähert. Die Nadel zeigte durch ihre Abweichung einen Strom in der galvanometrischen Spirale an, von entgegengesetzter Richtung mit dem in der andern, die Kette schliessenden

Spirale (18. 26.). Beim Fortziehen der letzteren Spirale ging die Nadel nach der entgegengesetzten Seite.

55) Auch einfache Drähte, die in gewissen Richtungen dem Magnetpol genähert wurden, gaben secundäre Ströme; beim Fortziehen derselben kehrten sich diese Ströme um. Die Drähte dürfen hierbei in keiner andern Richtung fortgezogen werden, als in der sie genähert wurden, weil sonst verwickelte und unregelmäßige Erscheinungen auftreten, wovon man im vierten Theile dieser Abhandlung die Ursache genügend einsehen wird.

56) Alle Versuche, chemische Wirkungen durch den secundären elektrischen Strom zu erhalten, schlugen fehl, obgleich die vorhin beschriebenen (22.) und alle sonst noch erdenklichen Vorsichtsmaßregeln angewandt wurden. Eben so wenig gelang es, eine Empfindung auf der Zunge zu erhalten, oder einen Frosch in Zuckungen zu versetzen, oder Kohle, oder einen feinen Draht zum Erglühen zu bringen (133.). Als ich indess später bei größerer Muse die Versuche in der *Royal Institution* mit einem armirten natürlichen Magnet, der Hrn. Daniell gehörte, und etwa dreißig Pfund trug, wiederholte, wurde ein Frosch bei jedesmaligem Anhängen des Ankers in sehr lebhaftes Zucken versetzt. Beim Abziehen des Ankers konnten anfänglich keine Zuckungen erhalten werden, allein dies rührte nur von der verhältnißmäßigen Langsamkeit der Trennung her; denn als dieselbe durch einen Hammerschlag bewerkstelligt wurde, zuckte der Frosch stark. Je plötzlicher das Anhängen oder Abtrennen geschah, desto kräftiger war das Zucken. Ich glaubte auch eine Empfindung auf der Zunge und ein Blitzen vor den Augen zu verspüren, konnte aber keinen Beweis von chemischer Action erhalten.

57) Die mannigfaltigen Versuche in diesem Abschnitt beweisen, wie ich glaube, auf das Vollständigste, daß Electricität durch den gewöhnlichen Magnetismus erregt werden kann. Daß sie an Intensität sehr schwach und

an Menge gering ist, kann nicht wunderbar erscheinen, wenn man bedenkt, daß sie, gleich der Thermo-Elektricität, gänzlich in so stark leitenden Metallen erregt wird. Denn ein Agens, welches von Metalldräthen in der beschriebenen Weise geleitet wird, welches bei diesem Durchgange die Kraft und die eigenthümliche magnetische Wirkung eines elektrischen Stroms ausübt, welches den Frosch in Zuckungen versetzt, und welches endlich bei seiner Entladung durch Kohle (32.) Funken hervorbringt, kann nichts anders als Elektricität seyn.

Da sich alle diese Erscheinungen durch eiserne Elektro-Magnete (34.) hervorbringen lassen, so werden ohne Zweifel ähnliche Vorrichtungen, wie die Magnete der Hrn. Moll, Henry, Ten Eyck u. s. w.*), von denen einer mehr als zwei tausend Pfund getragen hat, zu diesen Versuchen anwendbar seyn, und nicht nur stärkere Funken geben, sondern auch Drähte in's Erglühen versetzen, und, da der Strom auch durch Flüssigkeiten zu gehen vermag (23.), selbst chemische Wirkungen hervorbringen. Noch wahrscheinlicher ist es, diese Wirkungen zu bekommen, wenn die im vierten Abschnitt beschriebenen elektro-magnetischen Vorrichtungen durch die Kraft solcher Magnete erregt werden.

58) Die Aehnlichkeit, ja fast Gleichheit der Wirkung zwischen den gewöhnlichen Magneten und den Elektro-Magneten oder den Volta'schen Strömen, ist eine auffallende Bestätigung von Hrn. Ampère's Theorie, und liefert die gewichtigsten Gründe zu glauben, daß die Action in beiden Fällen dieselbe sey. Da indess in der Sprache noch eine Unterscheidung nöthig ist, so schlage ich vor, die Wirkung der gewöhnlichen Magnete *magneto-elektrische* Vertheilung (26.) zu nennen.

59) Der einzige, sehr in die Augen fallende Unterschied zwischen der volta-elektrischen und magneto-elektrischen Vertheilung ist die Plötzlichkeit der ersten und

*) Siese diese Ann. vorig. Bd. S. 639.

die merkliche Zeit, welche die letztere erfordert. Allein schon im gegenwärtigen Zustand unserer Kenntnisse giebt es Umstände, die anzudeuten scheinen, dafs dieser Unterschied bei fernerer Untersuchung verschwinden werde (68.).

III. Neuer elektrischer Zustand der Materie *).

60) So lange ein Draht der volta-elektrischen oder magneto-elektrischen Vertheilung unterworfen ist, scheint er sich in einem besondern Zustand zu befinden, denn er widersteht der Bildung eines elektrischen Stromes in ihm, was er in seinem gewöhnlichen Zustand nicht vermag; und wenn er jener Wirkung nicht mehr ausgesetzt wird (*left uninfluenced*), hat er die Kraft, einen Strom hervorzubringen, eine Kraft, welche der Draht unter den gewöhnlichen Umständen nicht besitzt. Dieser elektrische Zustand der Materie ist bisher noch nicht beobachtet worden, allein er übt wahrscheinlich auf einige, wenn nicht die meisten, der von elektrischen Strömen hervorgerufenen Erscheinungen einen sehr wichtigen Einfluss aus. Aus sogleich (71.) ersichtlichen Gründen habe ich, nach Berathung mit mehreren gelehrten Freunden, gewagt, ihn als den *elektro-tonischen Zustand* zu bezeichnen.

61) Dieser elektrische Zustand zeigt, so lange er besteht, keine bekannten elektrischen Erscheinungen; auch habe ich nicht finden können, dafs die Materie in diesem Zustande sonst eine eigenthümliche Kraft ausübe oder Eigenschaft besitze.

62) Sie wirkt weder anziehend noch abstoßend, wie es die verschiedenartigen Versuche beweisen, welche ich mit kräftigen Magnetstäben bei Metallen, wie Kupfer,

*) Hr. Faraday bemerkt hierbei in einer Anmerkung, er habe sich durch spätere, nach der Vorlesung dieses Aufsatzes in der K. Gesellschaft angestellte Versuche überzeugt, dafs sämtliche Erscheinungen sich auch ohne die Annahme des elektro-tonischen Zustandes vollständig erklären lassen. Seine Ansichten hierüber findet man in der nächstfolgenden Abhandlung ausgesprochen.

Silber und überhaupt bei nichtmagnetischen Substanzen, angestellt habe. Ich habe Kupfer- und Silberscheiben, die sehr beweglich im Vacuo an eine Drehwage aufgehängt waren, die Pole eines sehr starken Magneten genähert, war aber nicht im Stande, das Mindeste von Anziehung und Abstofsung wahrzunehmen.

63) Ich hing einen schmalen Goldblattstreifen sehr nahe bei einer Kupferstange auf, und setzte beide an ihren Enden mit Quecksilber in metallischen Contact. Dann brachte ich sie in ein Vacuum, so dafs Metallstäbe, die mit den Enden dieser Vorrichtung in Verbindung gesetzt waren, durch die Seiten des Gefäßes in die Luft gingen. Ich näherte dann dieser Vorrichtung kräftige Magnete in verschiedenen Richtungen, während der metallische Bogen an der Außenseite zuweilen durch Drähte geschlossen, zuweilen unterbrochen ward. Niemals konnte ich aber eine merkliche Bewegung des Goldblatts erhalten, weder gegen den Magnetstab, noch gegen die zur Seite befindliche Kupferstange, welche, was die Vertheilung betrifft, sich mit ihm in gleichem Zustand befinden mußte.

64) Zwar hat man hin und wieder unter solchen Umständen anziehende und abstofsende Kräfte beobachtet, d. h. solche Körper schwach magnetisch gefunden haben wollen; allein die oben beschriebenen Erscheinungen, vereint mit dem Zutrauen, das wir mit Grund in Hrn. Ampère's Theorie vom Magnetismus setzen können, werfen einige Zweifel auf diese Beobachtungen. Denn, wenn der Magnetismus auf der Anziehung elektrischer Ströme beruht, und die kräftigen Ströme, welche durch volta-elektrische wie durch magneto-elektrische Vertheilung anfänglich erregt werden, augenblicklich verschwinden (12. 28. 47.), wobei zugleich eine gänzliche Vernichtung der magnetischen Wirkungen auf die Galvanometer-Nadel eintritt, so ist wenig oder keine Hoffnung da, dafs irgend eine Substanz, Eisen, Nickel und noch ein Paar Substanzen ausgenommen, magnetische An-

ziehungskräfte zeigen werde. Es ist viel wahrscheinlicher, daß die permanenten Effecte, welche man beobachtet hat, von Eisenspuren oder von irgend einer übersehenen nicht magnetischen Ursache herrühre.

65) Elektrische Ströme erleiden beim Durchgange durch Metalle, die sich in diesem Zustande befinden, weder eine Verzögerung, noch eine Beschleunigung (20. 33.). Auch war keine Einwirkung der Art auf den erregenden Strom selbst zu entdecken; denn als Metallmassen, Drähte, Schraubendrähte u. s. w. auf alle mögliche Weisen seitwärts eines einfachen oder schraubenförmigen Drahts, der einen durch den Galvanometer (20.) gemessenen Strom hindurchleitete, angebracht wurden, konnte nicht die geringste permanente Veränderung in der Angabe dieses Instrumentes wahrgenommen werden. Metalle leiten also in dem vorausgesetzten besondern Zustand die Elektricität nach allen Richtungen mit ihrer gewöhnlichen Leichtigkeit, oder mit andern Worten, verändern dadurch ihre Leitungsfähigkeit, nicht wahrnehmbar.

66) Alle Metalle nehmen diesen besondern Zustand an. Diefs ist in den vorhergehenden Versuchen für das Kupfer und Eisen (9.) bewiesen, und wird es im vierten Abschnitt (132.) durch leicht zu wiederholende Versuche für das Gold, Silber, Zinn, Blei, Zink, Antimon, Wismuth, Quecksilber u. s. w. In Bezug auf das Eisen zeigen die Versuche die vollkommene und merkwürdige Unabhängigkeit zwischen den gewöhnlichen magnetischen und diesen Vertheilungs-Erscheinungen.

67) Dieser Zustand ist gänzlich die Wirkung der Vertheilung, denn er hört auf, so wie die erregende Kraft entfernt wird. Der Zustand ist derselbe, er mag durch den Vorbiegang Volta'scher Ströme (26.), oder durch Bildung eines Magneten (34. 36.), oder durch bloße Annäherung eines Magneten (39. 50.) hervorgebracht worden seyn; und er liefert einen starken Beweis mehr zu Gunsten der Ansichten des Hrn. Ampère über die Identität

tität der in diesen verschiedenen Operationen wirksamen Agentien. Wahrscheinlich tritt er auch momentan während des Uebersprungs eines elektrischen Funkens ein (24.), und vielleicht lassen sich späterhin schlechte Leiter durch schwache elektrische Ströme oder andere Mittel (74. 76.) in denselben versetzen.

68) Der Zustand scheint instantan einzutreten (12.), indem schwerlich eine merkliche Zeit zu seiner Bildung erforderlich ist. Der, am Galvanometer (59.) sichtbare, Zeitunterschied zwischen dem Zustandekommen der voltaelektrischen und der magneto-elektrischen Vertheilung läßt sich wahrscheinlich folgendermaßen erklären. Wenn ein Volta'scher Strom durch einen von zwei parallelen Drähten, z. B. durch einen der Schraubendrähte (34.), geleitet wird, so erregt er in dem andern Draht einen Strom, der in seiner Dauer eben so kurz ist, als die Durchgangszeit des ersteren, welche, wie die Erfahrung lehrt, unwahrnehmbar klein ist. Die Action ist noch augenblicklicher, weil vor dem Schließsen der Batterie eine Anhäufung der Kraft an ihren Polen stattfindet, und deshalb der in den Verbindungsdraht schießende Strom im ersten Moment stärker ist, als hernach bei unterhaltener Schließung. Der in Vertheilung gesetzte Draht wird in demselben Moment in einem entsprechenden Grade elektrotisch, sinkt aber bald auf den Zustand herab, in welchem ihn der continuirliche Strom erhalten kann; allein beim Sinken verursacht er einen entgegengesetzten elektrischen Strom, als zuerst erzeugt wurde. Die Folge ist, daß die erste secundäre Elektrizitätswelle mehr der der Entladung einer Leidener Flasche ähnelt, als es sonst der Fall seyn würde.

69) Wenn aber der Eisencylinder in denselben Schraubendraht (34.) gesteckt wird, bevor die Verbindung mit der Batterie gemacht ist, so läßt sich annehmen, daß der Strom der letzteren unzählige secundäre Ströme ähnlicher Art, wie er selbst, in dem Eisen erregt, und dieses da-

durch zu einem Magneten macht. Die Erfahrung lehrt, daß dazu Zeit erforderlich ist; denn ein so gebildeter Magnet, selbst von weichem Eisen, erreicht seine volle Stärke nicht in einem Augenblick, vielleicht weil die Ströme in dem Eisen successiv gebildet oder geordnet werden. Da aber der Magnet sowohl wie der Volta'sche Strom erregend wirkt, so erreicht die vereinte Wirkung beider, welche an dem Galvanometer gemessen wird, erst nach einiger Zeit ihr Maximum.

70) In allen Fällen, wo gerade oder schraubenförmige Drähte dem Magnet genähert, oder von ihm entfernt werden (50. 55.), besteht der directe oder umgekehrte Strom von vertheilter Elektrizität so lange, als das Nähern und Entfernen dauert. Denn während der Zeit steigert oder schwächt sich der elektro-tonische Zustand, und die Veränderung wird von einer entsprechenden Elektrizitätserregung begleitet; doch ist dies kein Einwurf gegen die Meinung, daß der elektro-tonische Zustand augenblicklich eintrete.

71) Dieser besondere Zustand scheint ein Zustand von Spannung zu seyn, und kann als gleichwerthig einem elektrischen Strom betrachtet werden, oder wenigstens dem, welcher bei seinem Beginnen oder seinem Ende auftritt. Indes ist der Strom, welcher im ersten oder letzten Falle erregt wird, nicht anzusehen als ein Maß des Spannungsgrades, zu dem sich der elektro-tonische Zustand gesteigert hat; denn da das Metall seine Leitungsfähigkeit ungeschwächt behält (65.), und da die Elektrizität nur momentan erregt wird (der besondere Zustand augenblicklich eintritt und aufhört (68.)), so kann die Elektrizität, welche durch lange Drähte fortgeleitet wird, nur ein sehr kleiner Theil von der wirklichen Menge seyn, die im Moment der Annahme dieses Zustandes erregt wird. Isolirte Schraubendrähte und Metallstücke nahmen den Zustand augenblicklich an, und es war keine Spur von Elektrizität in ihnen zu entdecken, wie rasch auch der Con-

tact mit dem Elektrometer bewirkt wurde, nachdem sie, entweder durch den Strom einer Batterie, oder durch einen Magneten unter Vertheilung gesetzt worden waren. Ein einziger Wassertropfen, oder ein Stückchen feuchten Papiere (23. 56.) war hinlänglich, den Strom durch die Leiter zu hemmen; die erregte Elektrizität kehrte durch das Metall selbst, folglich auf eine nicht zu beobachtende Weise, in den Gleichgewichtszustand zurück.

72) Die Spannung in diesem Zustande ist daher vielleicht verhältnißmäßig sehr groß. Indefs sie mag groß oder klein seyn, so ist doch kaum denkbar, daß sie ohne Rückwirkung auf den erregenden Strom sey, und nicht eine Art von Gleichgewicht hervorrufe. Es stand zu vermuthen, daß daraus eine Verzögerung des erregenden Stroms hervorgehen werde, allein ich habe diese Vermuthung nicht bestätigt finden, noch auf sonst einem Wege etwaige Wirkungen einer solchen Reaction wahrnehmen können.

73) Alle Resultate sprechen für die Idee, daß der elektro-tonische Zustand den Theilchen und nicht der Masse des unter Vertheilung befindlichen Drahts oder Körpers angehöre, und in dieser Beziehung ist er verschieden von der durch die Spannungs-Elektrizität bewirkten Vertheilung. Ist dem so, so mag der Zustand in Flüssigkeiten, und selbst in Nichtleitern vorhanden seyn, wenn gleich kein elektrischer Strom sichtbar ist, und das Auftreten des Stroms würde mehr ein Zufall seyn, abhängig von dem Leitungsvermögen und der momentanen Propulsivkraft, welche die Theilchen während ihrer Anordnung ausüben. Selbst bei Gleichheit des Leitungsvermögens mögen die elektrischen Ströme, bisher die alleinigen Anzeiger dieses Zustandes, ungleich seyn, wenn Anzahl, Größe, elektrischer Zustand u. s. w. der Theilchen verschieden sind. Nur nach Ausmittlung der Gesetze dieses neuen Zustandes sind wir im Stande zu sagen,

worin die wahre Beschaffenheit einer Substanz bestehe, und welche elektrische Resultate mit ihr zu erhalten sind.

74) Der elektrische Strom, welcher einen benachbarten Draht in den elektrotonischen Zustand versetzt, erregt diesen auch wahrscheinlich in seinem eigenen Draht. Denn ein Draht, der durch den in einem seitlichen Draht dahinfließenden elektrischen Strom elektro-tonisch gemacht ist, hat dadurch keinesweges die Fähigkeit für die Hindurchleitung eines elektrischen Stromes verloren (62.). Wenn also ein Strom, statt durch den zweiten, durch den ersteren geleitet wird, so ist wahrscheinlich seine erregende Kraft auf den zweiten nicht schwächer, sondern im Gegentheil, wegen des geringeren Abstandes zwischen dem Agens und der seiner Einwirkung ausgesetzten Materie, stärker. Die Enden eines Kupferbolzen wurden mit einem Galvanometer verbunden, und dann die Pole einer Batterie von 100 Plattenpaaren ebenfalls mit dem Bolzen vereint, so daß der Strom durch letztern gehen mußte. Darauf wurde der Volta'sche Bogen plötzlich geöffnet, und beobachtet, ob der Galvanometer irgend eine Anzeige von einem, durch den Bolzen, in Folge der Entladung seines elektro-tonischen Zustandes, zurückkehrenden Stromes darbiete. Allein es war nichts der Art zu beobachten, und in der That stand dieß auch aus zwei Gründen nicht einmal zu erwarten. Denn erstlich, da das Aufhören der Vertheilung und die Entladung des elektrotonischen Zustandes gleichzeitig und nicht successive geschehen, so wird der Rückstrom eben nur hinreichend seyn, die letzte Portion des erregenden Stroms zu neutralisiren, und deshalb keine Richtungsänderung zeigen; nimmt man aber an, daß zwischen den beiden Vorgängen eine gewisse Zeit verfließe, und daß der letzte Strom wirklich von dem ersten verschieden sey, so würde er doch vermöge seiner kurzen Dauer (12. 26.) nicht erkennbar seyn.

75) Die Betrachtung, daß der Draht durch seinen eigenen Strom elektro-tonisch gemacht werde, hat, wie

mir scheint, keine größere Schwierigkeit als die, daß es durch einen äußeren Strom geschieht; besonders wenn man erwägt, daß der elektro-tonische Zustand und die elektrischen Ströme einander nicht sichtbar stören (62. 71.). Das gleichzeitige Daseyn des Leitungsvermögens und elektro-tonischen Zustandes findet seine Analogie in dem Verhalten der elektrischen Ströme beim Durchgange durch Magnetstäbe, wo es sich auch findet, daß sowohl die durchgeleiteten Ströme als die Ströme des Magneten alle ihre ursprünglichen Eigenschaften behalten, und ihre gegenseitigen Wirkungen ausüben.

76) Das in Bezug auf die Metalle Gesagte läßt sich auch auf alle Flüssigkeiten und alle übrigen Leiter ausdehnen, und führt zu dem Schlusse, daß auch sie bei Hindurchleitung elektrischer Ströme in den elektro-tonischen Zustand gerathen. Sollte sich dies bestätigen, so würde es auch, wie kaum zu bezweifeln steht, von Einfluß seyn auf die Zersetzungen in der Volta'schen Kette, und die Ueberführungen der Elemente zu den Polen. In dem elektro-tonischen Zustand scheinen die homogenen Theilchen der Materie eine regelmäßige, aber gezwungene Stellung in der Richtung des elektrischen Stromes angenommen zu haben, welche, wenn man die Materie sich selbst überläßt, und sie unzersetzbar ist, einen Rückstrom erzeugt; in einer zerlegbaren Substanz ist dieser gezwungene Zustand vielleicht hinreichende Ursache, daß ein elementares Theilchen seine bisherige Verbindung mit einem andern Theilchen verläßt, und eine neue eingeht mit einem dritten ähnlichen Theilchen, das sich zu ihm in einem natürlicheren Zustand befindet, während zu gleicher Zeit sein gezwungener elektrischer Zustand aufgehoben wird, wie wenn es wirklich von der Vertheilung befreit worden wäre. Da aber der ursprüngliche Volta'sche Strom fort-dauert, so wird der elektro-tonische Zustand, und in Folge dessen die gezwungene Anordnung der verbundenen Theilchen, augenblicklich erneut, um sogleich auch

wieder durch die Ueberführung der elementaren Theilchen entgegengesetzter Art in umgekehrten, aber dem Strome parallelen Richtungen entladen zu werden. Auch die in Bezug auf Hervorbringung chemischer Zersetzungen von Wollaston *) nachgewiesene Verschiedenheit der gewöhnlichen und der Volta'schen Elektrizität scheint durch die Umstände, welche aus diesen beiden Quellen (25.) mit der Vertheilung der Elektrizität verknüpft sind, erklärlich zu seyn.

77) Marianini hat an Metallscheiben, durch welche, während sie in feuchte Leiter eingetaucht waren, ein elektrischer Strom geleitet wurde, eine besondere Eigenschaft entdeckt, nämlich die Fähigkeit, alsdann einen umgekehrten Strom erregen zu können. Marianini hat davon eine gute Anwendung auf die Erklärung der Erscheinungen der Ritter'schen Säulen gemacht **). A. de la Rive hat eine besondere Eigenschaft beschrieben, welche metallische Leiter erlangen, wenn sie, in eine Flüssigkeit eingetaucht, einige Zeit hindurch als Pole die Volta'sche Batterie schliessen, in Folge welcher sie nach der Trennung von der Batterie in derselben Flüssigkeit einen umgekehrten Strom hervorbringen ***). A. van Beck hat Fälle beobachtet, in welchen das elektrische Verhältniß eines Metalls, das im Contact mit einem andern war, sich nach der Trennung erhielt, begleitet von den correspondirenden chemischen Wirkungen †). Diese Zustände und Resultate scheinen von dem elektro-tonischen Zustande und seinen Phänomenen verschieden zu seyn; allein die wahren Beziehungen der ersteren zu den letzteren können erst nach erweiterter Kenntniß aller dieser Erscheinungen festgesetzt werden.

*) *Philosoph. Transact.* 1801, p. 247. (Dies. Ann. B. XI, S. 104.)

**) *Annal. de chim. et de phys.* T. XXXVIII, p. 5.

***) *Annal. de chim. et de phys.* T. XXXVIII, p. 190.

†) Ebendasselbst T. XXXVIII, p. 49, (Dies. Ann. B. XII(88) S. 274.)

78) Zu Anfange dieses Aufsatzes (2.) habe ich Gelegenheit gehabt, eines Versuchs von Ampère, als eines von der Vertheilung elektrischer Ströme abhängigen und vor der gegenwärtigen Untersuchung angestellten, zu erwähnen, und später (62 u. s. w.) bin ich zu Schlüssen gelangt, welche die Richtigkeit dieses Versuchs in Zweifel zu setzen scheinen. Ich bin es daher Hrn. Ampère schuldig, mich deutlicher zu erklären. Wenn eine Kupferscheibe*), sagt Hr. Ampère, an einen Seidenfaden aufgehängt, mit einem spiral- oder schraubenförmigen Draht umgeben, und durch diesen eine kräftige Volta'sche Batterie entladen wird, so dreht sich die Kupferscheibe, wenn man ihr gleichzeitig einen Magnetstab nähert, sogleich, und nimmt eine Gleichgewichtslage an, in die sich genau die Spirale bei freier Beweglichkeit gedreht haben würde. Ich bin nicht im Stande gewesen, diese Wirkung, noch irgend eine andere Bewegung zu erhalten; doch kann das Mislingen im letzteren Fall davon herrühren, daß der Strom, wegen seiner momentanen Existenz nicht Zeit genug hatte, das Trägheitsmoment der Scheibe zu überwinden (11. 12.). Vielleicht ist Hrn. Ampère die Bewegung gelungen, weil sein elektro-magnetischer Apparat empfindlicher und kräftiger war, oder er hat auch nur die von dem Aufhören der Action herrührende Bewegung erhalten. Allein alle meine Versuche suchen den Sinn des von Hrn. Ampère aufgestellten Satzes: »daß ein elektrischer Strom die Elektrizität in neben ihm befindlichen Leitern in gleicher Richtung mit den seinigen in Bewegung zu setzen trachte,« umzukehren, denn sie zeigen, daß der erregte Strom eine entgegengesetzte Richtung besitzt (26. 53.), so wie, daß die Wirkung momen-

*) Nach Hrn. Ampère's eigener Angabe (d. Ann. B. XXIV (100), S. 614) und der früheren von Hrn. Becquerel (diese Annal. B. VIII (84), S. 368) wurde dieser Versuch nicht mit einer Scheibe, sondern mit einem ringförmigen Streifen von Kupfer an gestellt. P.

tan ist, daß sie auch durch Magnetstäbe hervorgebracht wird, und daß gewisse andere ungewöhnliche Erscheinungen damit verknüpft sind.

79) Die momentane Existenz der eben beschriebenen Vertheilungserscheinungen beweiset überreichlich die Unrichtigkeit der früher angestellten Versuche, Elektrizität oder chemische Zersetzungen mittelst Magnetstäben zu erhalten.

80) Sie liefert auch, wie es scheint, eine vollständige Erklärung der von Hrn. Arago zwischen Metallen und Magnetstäben im Zustande der Bewegung beobachteten merkwürdigen Erscheinungen, so wie die meisten der von den Hrn. T. Herschel, Babbage und Harris, bei Wiederholung dieser Versuche, erhaltenen Resultate, namentlich des anfangs ganz unerklärlich scheinenden Umstandes, daß bei Ruhe die Metalle und Magnete nicht auf einander einwirken. Diese Resultate, welche zugleich das leichteste Mittel zur Erlangung von Elektrizität durch Magnetismus liefern, werde ich nun beschreiben.

IV. Erklärung der von Hrn. Arago beobachteten magnetischen Erscheinungen.

81) Versetzt man eine Kupferscheibe dicht unter einem parallel mit ihr an einen Faden aufgehängten Magnetstab in Umdrehung, so sucht derselbe der Bewegung der Scheibe zu folgen, oder, wenn der Magnet gedreht wird, strebt die Scheibe ihm zu folgen. Der Effect ist so mächtig, daß Magnete oder Platten von mehreren Pfunden mit herumgeführt werden. Bleiben Magnet und Scheibe in Ruhe zu einander, so ist nicht die geringste Anziehung, noch Abstofsung, noch sonst eine andere Wirkung zwischen ihnen zu beobachten (62.). Dieß ist die von Hrn. Arago entdeckte Erscheinung, welche, seiner Angabe nach, nicht nur bei den Metallen, sondern auch bei

andern starren Körpern, bei Flüssigkeiten und Gasen, d. h. bei allen Substanzen statt findet (130.).

82) Herr Babbage und Herr John Herschel, welche gemeinschaftlich diese Versuche wiederholten *), konnten diese Erscheinungen nur bei Metallen und bei einer Kohle von besonderer Beschaffenheit (aus einer Gas-Retorte), d. h. nur bei sehr guten Elektrizitätsleitern wahrnehmen. Sie erklären die Erscheinungen durch eine Vertheilung des Magnetismus in der Platte durch den Magnetstab, wornach dessen Pole in dem ihnen zunächst liegenden Theil der Platte die entgegengesetzte, und weiter herum die gleiche Polarität hervorrufen (120.). Der wesentliche Umstand zur Entstehung der Rotation des aufgehängten Magnetstabes ist der, daß die in Umlauf versetzte Substanz ihren Magnetismus nicht augenblicklich, sondern nach einer gewissen Zeit erlange u. verliere (124.). Diese Theorie, welche die Erscheinungen von einer anziehenden Kraft herleitet, ist nicht von Hrn. Arago angenommen, auch nicht von Hrn. Ampère, der die Abwesenheit aller Anziehung zwischen dem Magnet und dem Metall im Zustande der Ruhe als einen Beweis gegen dieselbe anführt (62. 126.), und, aus Versuchen mit einer langen Neigungsnadel, die Wirkung immer für eine abstossende erklärt (125.).

83) Nachdem ich durch die vorhin beschriebenen Mittel Elektrizität durch Magnetstäbe erhalten hatte (36. 46.), hoffte ich den Versuch des Hrn. Arago zu einer neuen Elektrizitätsquelle zu machen, so wie im Stande zu seyn, mittelst erdmagneto-elektrischer Vertheilung eine neue Elektrisirmaschine zu construiren. Demgemäß machte ich, unterstützt von Hrn. Christie, in seinem Hause, viele Versuche mit dem Magnet der K. Gesellschaft. Da viele derselben im Laufe der Untersuchung durch besser angeordnete überflüssig gemacht wurden, so werde ich mir die Freiheit nehmen, sie in der Reihenfolge aufzuführen, in

*) *Philos. Transact. f. 1825 p. 467.*

welcher sie, wie mir scheint, die richtigste Ansicht von der Natur der Phänomene gewähren.

84) Der erwähnte Magnet ist bereits in (44.) beschrieben. Um die Pole zu concentriren und einander näher zu bringen, wurden zwei Eisen- oder Stahlstäbe, jeder etwa 6 bis 7 Zoll lang, 1 Zoll breit und $\frac{1}{2}$ Zoll dick, in der Quere auf die Pole gelegt, so daß sie, durch Schnüre am Abgleiten gehindert, einander beliebig genähert werden konnten (Fig. 5. Taf. III). Zuweilen wurden auch zwei Stäbe von weichem Eisen angewandt, die so gebogen waren, daß, wenn sie auf die Pole gestellt wurden (der eine auf diesen, der andere auf jenen), ihre kleineren Pole sich vertical über einander befanden.

85) Eine Kupferscheibe, 12 Zoll im Durchmesser und etwa $\frac{1}{3}$ Zoll dick, wurde auf einer Messingaxe befestigt und mittelst dieser in eine Gabel eingesetzt, worin sie entweder horizontal oder vertical rotiren konnte, während sie zugleich mit ihrem Rand mehr oder weniger tief zwischen die Pole des Magneten hineinragte (Fig. 5, Taf. III). Der Rand der Scheibe war wohl amalgamirt, um einen guten, aber beweglichen Berührungspunkt zu erhalten, und ein Theil der Axe war ringsum in ähnlicher Weise vorgerichtet.

86) Mit dem Rande dieser oder anderer Scheiben, die weiterhin beschrieben werden sollen, wurden bleierne oder kupferne Conductoren oder Collectoren von 4 Zoll Länge, $\frac{1}{3}$ Zoll Breite und $\frac{1}{3}$ Zoll Dicke, in Berührung gesetzt. Das eine Ende derselben war, zur besseren Anschließung an den etwas convexen Rand der Scheiben, ein wenig ausgehöhlt und darauf amalgamirt worden; die andern Enden wurden durch umgewickelte Kupferdrähte von $\frac{1}{16}$ Zoll Dicke mit dem Galvanometer verbunden.

87) Der Galvanometer war nur von roher Arbeit, doch aber hinreichend empfindlich, und der Draht darin von Kupfer, mit Seide besponnen, und 16 bis 18 Mal umgeschlungen. Zwei magnetisirte Nähnadeln wurden,

einen halben Zoll von einander entfernt, in paralleler, aber umgekehrter Lage in einen trocknen Strohalm gesteckt, und mittelst desselben an ein Fädchen ungesponnener Seide so aufgehängt, dafs die untere Nadel zwischen den Windungen, und die obere über denselben schwebte. Die letztere Nadel stellte, weil sie etwas stärker als die andere magnetisirt war, das ganze System in die Richtung des magnetischen Meridians. Fig. 6, Taf. III zeigt für diesen Fall die Richtung der Drähte und Nadeln. Die Enden der Drähte sind, um später bequem von ihnen reden zu können, mit *A* und *B* bezeichnet. Die Buchstaben *S* und *N* bezeichnen das Nord- und Südende der Nadel, für den Fall, dafs blofs der Erdmagnetismus auf sie wirkt. Das *N*-Ende ist daher der gezeichnete Pol (44.). Das ganze Instrument war mit einer Glocke bedeckt, und, was Lage und Entfernung vom grofsen Magnet betrifft, aufgestellt wie vorhin (45.).

88) Nachdem alle diese Vorrichtungen fertig waren, wurde die Scheibe so aufgestellt, wie es Fig. 5, Taf. III zeigt, nämlich so, dafs die kleinen Pole, die etwa einen halben Zoll aus einander standen, mit ihrer halben Breite über den Rand der Scheibe hervorragten. Der eine Galvanometerdraht wurde zwei bis drei Mal lose um die Messingaxe der Scheibe geschlagen, und der andere an einem Conductor (86.) befestigt, welcher nun mit der Hand auf den amalgamirten Rand der Scheibe gesetzt wurde, und zwar dicht zwischen den Magnetpolen. Bei dieser Anordnung war noch alles ruhig, die Galvanometernadel zeigte keine Ablenkung; allein in dem Augenblick, wo die Scheibe in Drehung versetzt ward, wich die Nadel auch ab, bei schneller Drehung um mehr als 90°.

89) Bei dieser Vorrichtung hielt es schwer, eine recht gleichförmig gute Berührung zwischen dem Conductor und dem Rand der rotirenden Scheibe zu erhalten, und eben so schwierig war es, bei den ersten Versuchen eine regelmäfsige Rotation zu erlangen. Beide Uebel-

stände hielten die Nadel in beständigen Zitterungen, allein dennoch liefs sich ohne Schwierigkeit beobachten, nach welcher Seite hin sie abwich, oder, allgemeiner gesprochen, um welche Linie sie vibrirte. Späterhin, bei sorgfältigerer Anstellung der Versuche, erhielt ich eine bleibende Ablenkung von fast 45° .

90) So war es demnach erwiesen, dafs durch gewöhnliche Magnete ein anhaltender elektrischer Strom hervorgebracht werden kann.

91) Wurde, alles Uebrige gleich gelassen, die Scheibe in umgekehrter Richtung gedreht, so wich auch die Nadel, mit gleicher Kraft wie vorhin, nach der entgegengesetzten Seite ab, zum Beweise, dafs der entwickelte elektrische Strom jetzt in umgekehrter Richtung wie zuvor ging.

92) Auch wenn der Conductor den Rand der Scheibe etwas mehr links oder rechts von der anfänglichen Stelle berührte, hatte der elektrische Strom noch gleiche Richtung wie zuvor (88. 91.). Man konnte sich so, nach beiden Seiten hin, um 50° bis 60° von den Magnetpolen entfernen. Der von den Conductoren aufgenommene und dem Galvanometer zugeführte Strom hatte zu beiden Seiten des Orts der größten Intensität (d. h. ohne Zweifel zu beiden Seiten des zwischen die Pole gelegten Berührungspunktes. *P.*) gleiche Richtung, und wurde nur von da ab schwächer. Er schien für rechts und links in gleichen Abständen von den Magnetpolen liegende Berührungspunkte gleich stark zu seyn, und wurde also in dieser Beziehung nicht von der Richtung der Rotation afficirt. Bei umgekehrter Rotation der Scheibe kehrte sich auch die Richtung des elektrischen Stromes um; allein sonst blieb Alles unverändert.

93) Als die Scheibe so weit gehoben wurde, dafs ihr Rand etwas über die Pole hervorragte (wie in Fig. 7, Taf. III, wo *a* einer der Pole ist), traten ganz dieselben Erscheinungen in gleicher Ordnung und gleicher Stärke

wie zuvor auf. Auch bei weiterer Hebung der Scheibe, so dafs die Pole bis nach c hinunter rückten, zeigten sich noch dieselben Erscheinungen, und, wie es schien, mit eben der Kraft wie zuvor.

94) Wurde der Conductor fest gegen den Scheibenrand gehalten und mit demselben zwischen den Polen bewegt, wenn auch nur um wenige Grade, so gab die Nadel durch ihre Ablenkung eben solchen elektrischen Strom an, wie erzeugt worden wäre, wenn sich die Scheibe in gleicher Richtung gedreht, und der Conductor stillgestanden hätte.

95) Wurde die Verbindung des Galvanometers mit der Axe aufgehoben, und seine Drähte an zwei Conductoren befestigt, die beide auf den Rand der Kupferscheibe gesetzt wurden, so entstanden elektrische Ströme, die anscheinend verwickelter waren, aber vollkommen mit den obigen Resultaten übereinstimmten. So brachte die Anlegung der Conductoren, wie in Fig. 8, einen entgegengesetzten Strom hervor, als die etwas mehr rechts liegende in Fig. 9. Die Ursache hiervon ist, dafs im ersten Fall der Galvanometer die Differenz zwischen einem starken Strom durch A und einem schwachen durch B anzeigt, im zweiten Falle aber die Differenz zwischen einem schwachen Strom durch A , und einem starken durch B (92.), wodurch dann die Ablenkungen entgegengesetzt wurden.

96) Standen die Conductoren in gleicher Entfernung von den Magnetpolen, so war, abgerechnet was momentan durch eine Unregelmäßigkeit der Berührung bewirkt wurde, kein Strom am Galvanometer wahrzunehmen, in welcher Richtung auch die Scheibe gedreht werden mochte, weil gleiche Ströme in gleicher Richtung durch Beide zu gehen trachteten. Wenn man aber die beiden Conductoren durch den einen Draht und die Axe mit dem andern Draht verband (Fig. 10, Taf. III), so zeigte der Galvanometer einen Strom an, gemäß der Rotationsrichtung in dieser oder jener Rich-

tung (91.); beide Conductoren wirkten hier in Uebereinstimmung, und zwar wie zuvor der einfache Conductor (88.).

97) Alle diese Wirkungen traten ein, wenn der Scheibe auch nur ein Pol genähert wurde; sie waren von gleicher Richtung, aber keinesweges so kräftig.

98) Alle Sorgfalt ward genommen, um diese Resultate unabhängig zu machen von dem Erdmagnetismus und von der magnetischen Wirkung zwischen dem Magnet und den Galvanometernadeln. Ich machte die Contacte in dem magnetischen Aequator der Scheibe und an andern Punkten, stellte die Scheibe horizontal und die Pole vertical, und traf auch sonst alle Vorsichtsmafsregeln. Allein die Abwesenheit einer jeden Störung dieser Art ergab sich leicht dadurch, dafs alle Wirkungen verschwanden, wenn man die Scheibe von den Polen, oder die Pole von der Scheibe entfernte, obgleich alle übrigen Umstände ungeändert blieben.

99) Die Beziehung des erzeugten elektrischen Stroms zu dem Magnetpol, zu der Rotationsrichtung der Scheibe u. s. w. läfst sich so ausdrücken: Wenn die Scheibe horizontal und schraubenrecht rotirt, und der ungezeichnete Pol (44. 84.) sich unter ihrem Rand befindet, so ist die Elektrizität, welche an dem Rand der Scheibe, zunächst dem Pole, gesammelt werden kann, die positive. Da der Erdpol im Gedanken als der ungezeichnete Pol betrachtet werden kann, so läfst sich diese Beziehung zwischen der Rotation, dem Pol und der entwickelten Elektrizität leicht dem Gedächtnifs einprägen. Oder wenn der Kreis in Fig. 11, Taf. III die in Richtung der Pfeile rotirende Kupferscheibe vorstellt, und a den unter dieselbe gestellten ungezeichneten Pol bezeichnet, so ist es die positive Elektrizität, welche in und um b gesammelt wird, und die negative, welche in und um den Mittelpunkt c gesammelt wird (88.). Die Ströme in der Scheibe gehen daher vom Mittelpunkt neben den Magnetpolen vorbei zu dem Umkreis.

100) Wird der gezeichnete Pol oben gestellt, und sonst Alles unverändert gelassen, so ist die Elektrizität in *b* Fig. 11 auch noch positiv. Stellt man dagegen den gezeichneten Pol unten, oder den ungezeichneten oben, so wird die Elektrizität umgekehrt. Auch wenn die Rotationsrichtung in irgend einem dieser Fälle umgekehrt wird, geht die Elektrizität in die entgegengesetzte über.

101) Es ist nun klar, daß die rotirende Scheibe nur eine andere Form des einfacheren Versuchs ist, wo man ein Metallstück in geradliniger Richtung zwischen durch die Magnetpole führt, und daß in solchen Fällen elektrische Ströme erzeugt werden, welche an dem Orte des Magnetpols oder der Magnetpole die Richtung der Bewegung senkrecht durchkreuzen. Dies geht zur Genüge aus folgendem einfachen Versuche hervor. Ein Kupferstreifen, $\frac{1}{3}$ Zoll dick, $1\frac{1}{2}$ Zoll breit und 12 Zoll lang, wurde, nachdem er an den Rändern amalgamirt worden war, zwischen die Magnetpole gebracht, während die beiden Conductoren von dem Galvanometer mit seinen Rändern in Berührung standen. Er wurde nun zwischen beiden Polen durchgezogen in der Richtung des Pfeils Fig. 12; augenblicklich wich die Galvanometernadel ab, und zwar ihr nördliches oder gezeichnetes Ende gen Ost, damit anzeigend, daß der Draht *A* negative, und der Draht *B* positive Elektrizität empfing. Da sich der gezeichnete Pol oberhalb befand, so stimmt dies Resultat vollkommen mit dem bei der rotirenden Scheibe erhaltenen (99.).

102) Bei umgekehrter Bewegung des Streifens wurde die Galvanometernadel nach der andern Seite abgelenkt, zum Beweise, daß der Strom jetzt umgekehrt war.

103) Um die Beschaffenheit des bei Bewegung in verschiedenen Theilen des Streifens befindlichen elektrischen Stromes kennen zu lernen, wurde bloß ein Collector (86.) auf die nahe beim Pol zu untersuchende Stelle gesetzt, und der andere auf das Ende des Streifens, als die neutralste Stelle. Die Resultate sind in Fig. 13 bis 16 ange-

geben, wobei der gezeichnete Pol als über den Streifen befindlich zu denken ist. In Fig. 13 erhielt *B* positive Elektrizität, in Fig. 14 aber, bei Bewegung des Streifens in gleicher Richtung, negative Elektrizität. Wurde im letztern Fall die Bewegung umgekehrt, erhielt *B* positive Elektrizität wie in Fig. 16; kehrte man aber bei der Anordnung Fig. 13 die Bewegung um, so erhielt, wie Fig. 15 zeigt, *B* negative Elektrizität.

104) Wurden die Streifen seitwärts zwischen den Polen bewegt, wie in Fig. 17, so daß sie ganz aus der Polaraxe kamen, so erzeugten sich zwar dieselben Erscheinungen, aber nicht so stark.

105) Standen die Magnetpole in Berührung, und der Kupferstreifen wurde nahe an der Stelle zwischen den Conductoren gezogen, so war der Effect gering. Wurden die Pole so weit geöffnet, daß ein Kartenblatt zwischen geschoben werden konnte, so war die Wirkung etwas stärker, doch aber noch sehr gering.

106) Wurde ein amalgamirter Kupferdraht von $\frac{1}{8}$ Zoll Dicke zwischen den Conductoren und Polen hindurchgezogen (101.), so gab er eine sehr beträchtliche Wirkung, die aber doch nicht der der Streifen gleich kam.

107) Wurden die Conductoren beständig gegen diese oder jene Stelle der Kupferstreifen gehalten, und mit demselben zwischen durch die Magnetpole geführt, so traten Erscheinungen auf, die, ähnlich den beschriebenen, mit den Resultaten der rotirenden Scheibe übereinstimmten (94.).

108) Wurden die Conductoren gegen die Enden der Streifen gestemmt, und diese dann in der Quere zwischen durch die Magnetpole gezogen, so entstanden dieselben Wirkungen (Fig. 18, Taf. III). Die den Enden zuwärt liegenden Theile der Streifen wirkten entweder als bloße Conductoren, oder es wird in ihnen, nach ihrem Abstände und nach der Stärke des Magneten, ein elektrischer Strom erregt; allein die Resultate stehen in völligem Einklang mit den bereits erhaltenen. Die Wirkung war eben so stark,
wie

wie im Fall, daß die Conductoren gegen die Seiten des Streifens gestemmt wurden (101.).

109) Schon wenn man bloß den zum vollständigen Bogen geschlossenen Draht zwischen die Pole hindurchführte, wurde die Galvanometernadel abgelenkt, und wenn man ihn, in Uebereinstimmung mit den Vibrationen der Nadel mehrmals hin- und herzog, ließen diese sich bis zu 20° bis 30° auf beiden Seiten des magnetischen Meridians vergrößern.

110) Als ein Metallstreifen an seinen Enden mit den Galvanometerdrähten verbunden, und dann seiner Länge nach in dieser oder jener Richtung zwischen den Polen fortgezogen ward, war keine Wirkung auf den Galvanometer sichtbar. Im Moment aber, wo man die Bewegung in transversaler Richtung ausführte, wurde die Nadel abgelenkt.

111) Auch die Pole von Elektro-Magneten, die aus schrauben- oder spiralförmigen Kupferdrähten, mit oder ohne Eisenkern (34. 54.) gebildet waren, gaben dieselben Wirkungen. Mit Anwendung eines Eisenkerns war die Richtung der Bewegungen genau dieselbe, allein die Wirkung viel stärker, als ohne denselben.

112) Wurde eine ebene Spirale parallel mit den Armen des Hufeisenmagneten zwischen seinen Polen hindurchgeführt, so entstand eine sonderbare Wirkung auf den Galvanometer. Die Nadel ging nämlich zuerst rasch nach der einen Seite, stand dann plötzlich still, wie wenn sie gegen einen festen Körper stieß, und kehrte darauf sogleich zurück. Die Spirale mochte von oben nach unten oder von unten nach oben geführt werden, so wich die Nadel doch nach derselben Seite ab, stand dann plötzlich still, und kehrte nun zurück. Wandte man aber die Ebene der Spirale um, so war die Bewegung von entgegengesetzter Richtung, hörte plötzlich auf, und kehrte sich dann um wie zuvor. Diese Doppelwirkung hängt davon ab, daß die beiden Hälften der Spirale, dieß- und

jenseits einer durch ihren Mittelpunkt (und in ihrer Ebene. *P.*) senkrecht gegen die Richtung der Bewegung in entgegengesetztem Sinne wirken. Dafs die Nadel nach derselben Seite geht, die Spirale mag in dieser oder jener Richtung neben den Polen vorbeigeführt werden, rührt davon her, dafs bei Aenderung der Bewegung auch die Richtung der Windungen in der sich annähernden Hälfte der Spirale geändert wird. So sonderbar auch die Erscheinungen im ersten Augenblick sind, so lassen sie sich doch sogleich auf die Wirkung einfacher Drähte zurückführen (40. 109.).

113) Obgleich die Versuche mit der rotirenden Scheibe, den Drähten und Streifen zuerst erfolgreich mit dem der K. Gesellschaft gehörenden magnetischen Magazin angestellt wurden, so wiederholte ich sie doch späterhin alle mit einem Paar Magnetstäben von zwei Fuß Länge, anderthalb Zoll Breite und einem halben Zoll Dicke, nur mittelst eines empfindlicheren Galvanometers als der (87.), mit dem auffallendsten Erfolg. Eiserne Elektro-Magnete, wie die der HH. Moll, Henry etc. (57.), wirken sehr kräftig. Sehr wesentlich bei Anstellung dieser Versuche mit verschiedenen Substanzen ist es, dafs man thermo-elektrische Wirkungen (erzeugt durch das Anfassen mit den Händen etc.) vermeide, oder wenigstens in Rechnung ziehe. Sie lassen sich leicht durch ihre Beständigkeit und durch ihre Unabhängigkeit von den Magneten unterscheiden.

114) Die Beziehung zwischen dem Magnetpol, dem bewegten Draht oder Metall, und der Richtung des entwickelten Stroms, d. h. das Gesetz der Elektricitätsentwicklung durch magneto-elektrische Vertheilung ist sehr einfach, obgleich schwer zu beschreiben. Wenn *PN*, Fig. 20, einen horizontalen Draht vorstellt, der so um den gezeichneten Pol herumgeführt wird, dafs die Richtung seiner Bewegung zusammenfällt mit der krummen Linie, die von unten nach oben geht, oder er parallel mit sich selbst

in einer Tangente der punktirten Curve, aber in allgemeiner Richtung der Pfeile bewegt wird, oder, wenn er in andern Richtungen um die Pole herumgeführt wird, doch so, daß er die magnetischen Curven *) in derselben allgemeinen Richtung oder an derselben Seite schneidet, an der sie von dem Draht geschnitten würden, wenn er sich längs der punktirten Linie bewegte; — dann geht der elektrische Strom in dem Draht von P nach N . Wird er in den umgekehrten Richtungen fortgeführt, so geht der Strom von N nach P . Oder, wenn der Draht in verticaler Stellung $P'N'$ in ähnlichen Richtungen herumgeführt wird, die mit der punktirten horizontalen Curve in so weit zusammenfallen, daß sie die magnetischen Curven an derselben Seite wie diese schneiden, so geht der Strom von P' nach N' . Wird der Draht als eine Tangente an der krummen Fläche des cylindrischen Magneten betrachtet, und um die Fläche in irgend eine andere Lage geführt, oder wird der Magnet selbst um seine Axe gedreht, so daß irgend ein Theil von ihm dem tangentialen Draht gegenüber zu liegen kommt, — und wird der Draht alsdann in einer der angegebenen Richtungen bewegt, so geht der Strom von P nach N , oder, wenn er in entgegengesetzter Richtung bewegt wird, von N nach P ; so daß die Bewegungen des Drahts neben dem Pole, auf zwei, einander direct entgegengesetzten zurückgeführt werden können, von denen eine einen Strom von P nach N , und die andere einen Strom von N nach P erzeugt.

115) Dasselbe gilt von dem ungezeichneten Magnetpol, ausgenommen, daß, wenn er statt des in der Figur gezeichneten genommen wird, und die Drähte in der Richtung der Pfeile herumgeführt werden, der elektrische Strom

*) Unter magnetischen Curven verstehe ich die bekannten Linien, in welchen sich Eisenfeiligt über Magnetstäben ordnet, oder diejenigen, welche die Richtungen einer sehr kleinen Magnetnadel als Tangenten haben würden.

von N nach P geht, und wenn ihre Bewegung in umgekehrter Richtung geschieht, von P nach N .

116) Der elektrische Strom, welcher in einem Metall, das sich in der Nähe eines Magneten bewegt, erregt wird, hängt also, was seine Richtung betrifft, gänzlich von der Rotation des Metalls zu der Resultante der magnetischen Action oder den magnetischen Curven ab. Auf eine populäre Weise läßt es sich folgendermaßen ausdrücken. Es sey AB (Fig. 21 Taf. III) ein cylindrischer Magnetstab, A der gezeichnete und B der ungezeichnete Pol, ferner PN eine silberne Messerklinge, die in der Quere auf dem Magnetstab liegt, mit der Schneide aufwärts, und mit der gezeichneten oder gekerbten Seite dem Pole A zugekehrt; in welcher Richtung oder Lage man nun auch diese Klinge, mit der Schneide nach vorne, um den gezeichneten oder ungezeichneten Pol bewegen mag, so wird doch der elektrische Strom von P nach N gehen, vorausgesetzt die durchschnittenen Curven, welche von A ausgehen, treffen auf die gekerbte Seite der Klinge, und die von B auf die ungekerbte Seite. Wenn dagegen die Klinge, mit ihrem Rücken nach vorne, bewegt wird, geht der Strom für jede mögliche Richtung und Lage von N nach P , sobald nur die durchschnittenen Curven auf dieselben Seiten treffen wie zuvor. Es läßt sich leicht ein kleines Modell verfertigen, worin der Magnet durch einen kleinen Holzcylinder ersetzt ist, die Klinge durch ein Kartenblatt, und eine der magnetischen Curven durch einen Draht, welcher das eine Cylinderende mit dem andern verbindet und durch ein Loch in dem Kartenblatt geht. Diefs giebt mit Leichtigkeit das Resultat von einer jeden möglichen Richtung.

117) Wenn der unter Vertheilung gesetzte Draht neben dem Pol eines Elektro-Magneten vorbeigeführt wird, z. B. neben dem einen Ende eines schraubenförmigen Kupferdrahts, durch den ein elektrischer Strom hindurchgeht (34.), so hat der Strom in dem Draht, bei

Annäherung desselben, gleiche Richtung mit dem Strom in den ihm zunächst gelegenen Theilen oder Seiten der Windungen, und beim Entfernen desselben entgegengesetzte Richtung mit dem Strom in diesen Theilen.

118) Alle diese Resultate zeigen, daß das Vermögen, elektrische Ströme zu erregen, ringsum von einer magnetischen Resultante oder Axe ausgeübt wird, gerade so wie ein elektrischer Strom circumferentiell Magnetismus erregt.

119) Die beschriebenen Versuche beweisen insgesamt, daß wenn ein Stück Metall (und wahrscheinlich jeder leitenden Substanz) vor einem einzelnen Pol, oder zwischen den entgegengesetzten Polen eines Magnets, oder nahe bei den Polen eines Elektro-Magneten, sey er von Eisen oder nicht, bewegt wird, elektrische Ströme in dem Metall senkrecht gegen die Richtung der Bewegung erregt werden, Ströme, welche sich daher in Arago's Versuchen der Richtung der Radien nähern. Wird ein einfacher Draht nahe bei einem Magnetpol gleich der Speiche eines Rades gedreht, so wird in demselben ein der Länge nach laufender elektrischer Strom erregt. Denkt man sich ein Rad aus einer großen Anzahl solcher Speichen zusammengesetzt, und wie die Kupferscheibe (85.) nahe bei dem Pol in Umlauf versetzt, so wird in jeder Speiche ein Strom erregt, wie wenn sie vor dem Pol vorbeigeführt würde. Nimmt man an, die Speichen berühren sich seitwärts, so hat man eine Kupferscheibe, in der die Ströme im Allgemeinen dieselbe Richtung haben, nur abgeändert durch die Spannung (*coaction*), welche etwa zwischen den Theilchen stattfindet, seit sie in metallischer Berührung stehen.

120) Jetzt, da die Existenz dieser Ströme erwiesen ist, lassen sich die von Arago entdeckten Erscheinungen ohne die Annahme erklären, daß in dem Kupfer ein dem genäherten entgegengesetzter Pol, und rings um diesen Diffus die gleiche Polarität (82) erregt werde.

Auch ist nicht wesentlich, daß die Platte ihren Zustand in einer endlichen Zeit erlange und verliere, und eben so scheint es andererseits nicht nothwendig, eine abstoßende Kraft als Ursache der Rotation (82.) anzunehmen.

121) Die Wirkung ist genau von gleicher Art, wie die elektro-magnetische Rotation, welche ich das Glück hatte vor einigen Jahren zu entdecken *). Gemäß den damaligen Versuchen, welche seitdem vielfach bestätigt worden sind, wird ein gezeichneter Magnetpol N , der zwischen dem Beobachter und dem von P nach N von positiver Elektrizität durchströmten Draht PN , Fig. 22, befindlich ist, in tangentialer Richtung, und zwar gegen die rechte Hand, um den Draht herumführt, der Draht dagegen, falls er beweglich wäre, ebenso nach der Linken, wie es die Richtung der Pfeile andeutet. Genau dasselbe findet bei der Rotation der Platte unter einem Magnetpol statt; denn ist N , Fig. 23, ein gezeichneter Pol über der Scheibe, und letztere wird in Richtung des Pfeils gedreht, so erregt der Pol sogleich Ströme positiver Elektrizität von den centralen Theilen in Richtung der Radien zu den jenseits des Poles liegenden Theilen a des Umfangs (99. 119.). Sie stehen daher genau in derselben Beziehung zu dem Pol, als der Strom in dem Drahte PN , Fig. 22, und deshalb bewegt sich der Pol gegen die rechte Hand.

122) Wird die Scheibe in entgegengesetzter Richtung gedreht, so kehren sich auch die elektrischen Ströme um (91), und deshalb bewegt sich der Pol gegen die linke Hand. Bei Anwendung der entgegengesetzten Pole bleiben die Wirkungen dieselben, weil elektrische Ströme in umgekehrter Richtung als vorhin erregt werden, und, bei gleichzeitiger Umkehrung der Pole und der elektrischen Ströme die sichtbaren Wirkungen ungeändert bleiben. Wenn nur derselbe Pol an derselben Seite der

*) *Quarterly Journal of Science, Vol. XII p. 74, 186, 416, 283.*

Scheibe bleibt, so kann man auch die Magnetaxe in jede beliebige Lage bringen, und doch wird der elektrische Strom immer in derselben Richtung erregt, übereinstimmend mit dem schon aufgestellten Gesetz (114), und so läßt sich jeder Umstand in Bezug auf die Richtung der Bewegung erklären.

123) Diese Ströme nehmen ihren Rückweg in den seitwärts und entfernter von dem Ort des Pols liegenden Theilen der Platte, wo folglich die magnetische Vertheilung schwächer ist; und wenn durch angelegte Collectoren ein elektrischer Strom zu dem Galvanometer übergeführt wird, ist die Ablenkung nur eine durch denselben Strom oder einen Theil desselben bewirkte Wiederholung des Rotationseffects auf den Magneten^a über der Platte.

124) Es ist unter dem eben aufgestellten Gesichtspunkt, daß ich gewagt habe zu sagen, es sey nicht nöthig, daß die Platte ihren Zustand in einer endlichen Zeit annehme oder verliere (120); denn die vollständige Entwicklung des Stroms mag genau unter dem verticalen Magnetpol oder etwas vor oder hinter diesem Punkte zu Stande kommen, so bleibt doch die relative Bewegung des Pols und der Platte dieselbe, und die resultierende Kraft ist tangential statt direct.

125) Allein es ist möglich (obgleich nicht nothwendig für die Rotation), daß Zeit erforderlich sey, damit der Strom in der Platte sein Maximum erreicht. In diesem Falle wird die Resultante aller Kräfte dem Magnete vorseilen, falls die Platte rotirt, oder, wenn der Magnet rotirt, hinter diesem zurückbleiben. Manche Erscheinung bei bloßen elektro-magnetischen Polen scheinen dafür zu sprechen. In diesem Fall kann die tangentielle Kraft in zwei andere zerlegt werden, eine parallel der Rotationsebene und eine senkrecht gegen dieselbe; die erstere würde die Kraft seyn, welche die Platte mit dem Magneten oder den Magneten mit der Platte herumführt;

die letztere wäre eine Repulsivkraft, und wahrscheinlich die, deren Wirkungen Hr. Arago entdeckt hat (82.).

126) Der außerordentliche und bisher unerklärlich scheinende Umstand bei dieser Erscheinung, daß alle Wirkungen verschwinden, wenn Magnet und Platte zur Ruhe gebracht werden, erhält nun seine vollständige Erklärung (82.); denn die elektrischen Ströme, welche die Bewegung veranlassen, hören dann gänzlich auf.

127) Alle die von den HH. Babbage und Herschel *) beschriebenen Wirkungen bei Unterbrechung der Continuität des Metalls, namentlich die dadurch erfolgende Kraftverminderung, erhalten dadurch ihre natürliche Erklärung, eben so wie die Wiederherstellung der Kraft, wenn die Ausschnitte durch solche metallische Substanz ausgefüllt werden, welche, wiewohl sie Elektrizität leiten, doch nur eine sehr schwache Einwirkung von den Magneten erleiden. Auch lassen sich neue Arten von Einschnidungen der Platten erdenken, welche ihre Kraft fast gänzlich zerstören. Wenn so z. B. von einer Kupferscheibe ein Ring, so breit als eben ein Fünftel oder Sechstel ihres Durchmessers beträgt, abgeschnitten, und darauf wieder angesetzt wird, jedoch mit einer Papierdicke dazwischen (Fig. 25), und man stellt den Arago'schen Versuch mit dieser zusammengesetzten Scheibe in der Art an, daß der Magnetpol beständig dem Einschnitt gegenüber bleibt, so ist klar, daß die magnetischen Ströme bedeutend gestört werden, und die Platte wahrscheinlich viel von ihrer Wirkung verloren haben wird **).

Ein einfaches Resultat dieser Art erhielt ich bei Anwendung zweier Stücke dicken Kupfers von der in Fig. 24 abgebildeten Gestalt. Als ich die beiden benachbarten

*) *Philosoph. Transact. f. 1825, p. 481.*

**) Dieser Versuch ist wirklich mit dem hier angegebenen Erfolg von Hrn. Christie angestellt und in den *Phil. Transact. f. 1827, p. 82*, beschrieben.

Kanten amalgamirte und auf einander setzte, und dann das Ganze, in einer mit diesen Kanten parallelen Richtung, zwischen die Magnetpole führte, wurde die Galvanometernadel stark abgelenkt; als aber nur ein einziges Papierblatt zwischen gesetzt wurde, konnte, bei Wiederholung des Versuchs, nicht die geringste Wirkung erhalten werden.

128) Ein Durchschnitt dieser Art hätte eine Vertheilung des Magnetismus von der gewöhnlichen Art nicht sehr stören können.

129) Die Wirkung der Rotation oder die Ablenkung der Magnetnadel, welche Hr. Arago durch gewöhnliche Magneten erhielt, gelang Hrn. Ampère mittelst Elektro-Magnete. Diefs steht vollkommen in Uebereinstimmung mit den Resultaten der volta-elektrischen und magneto-elektrischen Vertheilung, die in diesem Aufsatz beschrieben sind. Als ich statt der gewöhnlichen Magnetpole (111) flache Spiralen von Kupferdraht, durch welche ein elektrischer Strom ging, anwandte, zuweilen eine einzige an einer Seite der rotirenden Scheibe, zuweilen zwei an den beiden gegenüberliegenden Seiten, erhielt ich die vertheilten Elektrizitätsströme aus der Platte selbst, und konnte sie zu dem Galvanometer überführen, und mittelst desselben ihr Daseyn nachweisen.

130) Die eben angegebene Ursache der Rotation in Arago's Versuch, nämlich die Erzeugung elektrischer Ströme, scheint ganz hinreichend für alle Fälle, worin es sich um Metalle und selbst andere Leiter handelt; allein was solche Körper, wie Glas, Harz und vor Allem Gase betrifft, so scheint es unmöglich, daß elektrische Ströme, die fähig wären, solche Wirkungen hervorzubringen, in ihnen erzeugt werden können. Indefs hat Hr. Arago gefunden, daß die in Rede stehenden Wirkungen von diesen und von allen untersuchten Körpern (Sl.) hervorgebracht werden können. Zwar haben die HH. Babbage und Herschel dieselben bei keiner nicht

metallischen Substanz, mit Ausnahme von Kohle, die sehr leitend war, beobachten können (82.); allein Hr. Harris hat ihre Gegenwart im Holz, Marmor, Quaderstein und unabgekühlten Glase nachgewiesen, obgleich er mit Schwefelsäure und gesättigter Eisenvitriol-Lösung, ungeachtet sie bessere Leiter sind, keine Wirkungen erhielt.

131) Fernere Untersuchungen werden ohne Zweifel diese Schwierigkeiten heben, und entscheiden, ob die besagte Nenn- oder Ziehkraft immer von elektrischen Strömen begleitet wird *). Die nur während des Daseyns der elektrischen Ströme, d. h. nur während der Bewegung (82. 88.) vorhandene Wirkung der Metalle, und die Erklärung der von Hrn. Arago beobachteten Repulsivwirkung geben die stärksten Gründe, sie auf diese Ursache zu beziehen; doch mögen sich ihr noch andere anschließen, die hin und wieder allein wirken.

132) Kupfer, Eisen, Zinn, Zink, Blei, Quecksilber, kurz alle von mir untersuchten Metalle erzeugten elektrische Ströme, wenn sie zwischen die Magnetpole gebracht wurden. Das Quecksilber war zu diesem Zweck in eine Glasröhre gethan. Die dichte Kohle, welche sich bei Destillation der Steinkohle in den Retorten absetzt, erzeugt ebenfalls einen elektrischen Strom, aber gewöhnliche Holzkohle thut es nicht. Auch konnte ich keine merklichen Wirkungen mit Salzwasser, Schwefelsäure, Salzlösungen etc. erhalten, sie mochten in Schalen rotiren oder eingeschlossen in Röhren zwischen die Magnetpole geführt werden.

133) Niemals war ich im Stande eine Wirkung auf

*) Versuche, die ich seitdem angestellt habe, überzeugen mich, daß diese besondere Wirkung immer von elektrischen Strömen herrührt; und sie liefern eine Probe, wodurch man diese Wirkung von der des gewöhnlichen Magnetismus oder irgend einer anderen, vielleicht mechanischen oder zufälligen Ursache unterscheiden kann.

die Zunge durch die Drähte zu erhalten, welche mit den auf die Ränder der rotirenden Scheibe (88.) oder der Metallstreifen (101.) gesetzten Conductoren verbunden waren; und eben so wenig konnte ich einen feinen Platindraht zum Glühen bringen, oder Funken erhalten, oder einen Frosch in Zuckungen versetzen. Es gelang mir auch nicht irgend eine chemische Wirkung durch diese entwickelte Elektrizität hervorzubringen (22. 56.).

134) Da der elektrische Strom in der rotirenden Kupferscheibe nur einen sehr kleinen Raum einnimmt, neben den Polen vorbeigeht und rechts und links von ihnen in verhältnißmäßig sehr geringen Abständen entladen wird; da er in dicken Metallmassen vorhanden ist, welche mit dem stärksten Leitungsvermögen begabt sind, und folglich seine Erzeugung und Entladung ungemein erleichtern; und da dessen ungeachtet beträchtliche Ströme ausgezogen werden können, welche sich durch dünne, vierzig, funfzig, sechszig und selbst hundert Fufs lange Drähte leiten lassen, so ist klar, dafs die in der Platte selbst vorhandenen Ströme sehr kräftig seyn müssen, sobald die Rotation schnell und der Magnet stark ist. Diefs wird auch zum Ueberflufs durch die Leichtigkeit bewiesen, mit welcher ein zehn bis zwölf Pfund schwerer Magnet der Bewegung der Platte folgt, und die Schnur, an welcher er hängt, stark aufdreht.

135) Ich habe ein Paar rohe Versuche gemacht, in der Absicht, Magneto-Elektrisirmaschinen zu verfertigen. Bei einem derselben wurde ein Ring von anderthalb Zoll Breite und zwölf Zoll äufserem Durchmesser, aus dickem Kupferblech geschnitten, so gefafst, dafs er zwischen den Polen eines Magneten rotiren konnte. Der innere wie der äufsere Rand ward amalgamirt, und auf jeden, dicht bei den Magnetpolen, ein Conductor gesetzt. Der erregte elektrische Strom erschien indess am Galvanometer nicht stärker, wenn gar so stark als der von der Scheibe (88.).

136) Bei dem anderen Versuche wurden kleine dicke Scheiben von Kupfer oder anderem Metall, einen halben Zoll im Durchmesser, rasch neben den Polen in Umlauf versetzt, jedoch so, daß die Drehungsaxe außerhalb der Polaraxe lag. Die entwickelte Elektrizität wurde durch, wie zuvor, auf die Ränder gesetzte Conductoren gesammelt (85.). Es wurden Ströme erzeugt, aber von weit geringer Stärke, als die von der Scheibe hervorgebrachten.

137) Der letztere Versuch ist denen analog, welche Hr. Barlow unter Einwirkung des Erdmagnetismus mit einer rotirenden eisernen Bombe anstellte *). Die dabei erhaltenen Erscheinungen sind von den HH. Babbage und Herschel auf dieselbe Ursache bezogen, welche man für das Wirkende in dem Arago'schen Versuche hielt **); indess wäre es interessant zu wissen, in wie weit sich die Ablenkung der Nadel durch einen bei diesem Versuch vielleicht entstehenden elektrischen Strom erklären lasse. Das bloße Umkehren eines Kupferdrahts dicht bei den Magnetpolen, sechs bis sieben Mal in Isochronismus mit den Vibrationen der Nadel des mit diesem Draht verbundenen Galvanometers wiederholt, war hinreichend, die Nadel durch einen Bogen von 60° bis 70° zu treiben. Die Rotation einer kupfernen Bombe würde vielleicht diesen Punkt entscheiden, und selbst einiges Licht werfen auf die bleibenderen, obgleich einigermaßen analogen Erscheinungen, welche Hr. Christie erhielt.

138) Die früher in Bezug auf das Eisen gemachte Bemerkung (66.) und die Unabhängigkeit zwischen den gewöhnlichen magnetischen Erscheinungen dieses Metalls und den nun beschriebenen der magneto - elektrischen Vertheilung in dem Eisen und anderen Metallen, wird durch viele Resultate der Art, die in diesem Abschnitt

*) *Phil. Transact. f. 1825, p. 317.*

***) *Phil. Transact. f. 1825, p. 485.*

beschrieben sind, vollends bestätigt. Wenn eine Eisenscheibe, ähnlich der vorhin beschriebenen Kupferscheibe (101.), zwischen den Magnetpolen in Rotation versetzt wird, so giebt sie, so gut wie die Kupferscheibe, einen elektrischen Strom, aber von entschieden schwächerer Kraft, und bei den Versuchen über Vertheilung elektrischer Ströme (9.) ist kein Unterschied zwischen der Wirkungsart des Eisens und der anderen Metalle mehr wahrnehmbar. Die Kraft einer Eisenplatte, einen Magnet mit fortzuziehen oder die magnetische Wirkung aufzufangen, muß daher sorgfältig von dem ähnlichen Vermögen solcher Metalle, wie Silber, Kupfer etc., unterschieden werden, in sofern als bei dem Eisen bei weitem der größere Theil der Wirkung von dem abhängt, was man gewöhnliche magnetische Wirkung nennt. Es kann keinen Zweifel leiden, daß die von den HH. Babbage und Herschel gegebene Erklärung der Arago'schen Erscheinungen wahr ist, sobald die Versuche mit Eisen angestellt werden.

139) Daß Wismuth und Antimon beim Rotiren nur eine sehr geringe Wirkung auf freischwebende Magnetstäbe ausüben, wie es von jenen Physikern zuerst beobachtet und später von Hrn. Harris bestätigt worden ist, scheint zuerst mit dem Leitungsvermögen dieser Metalle nicht verträglich. Ob dem so sey oder nicht, müssen künftige Versuche entscheiden *). Diese Metalle sind sehr krystallinisch, und leiten die Elektrizität muthmaßlich nicht mit gleicher Leichtigkeit nach allen Richtungen. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß eine Masse, die aus einer Menge heterogen zusammengedrückter Krystalle besteht, eine ähnliche Wirkung giebt, wie bei ei-

*) Seitdem ist es mir gelungen, diese Verschiedenheiten zu erklären, und zu beweisen, daß die Wirkungen, nämlich die Stärke der durch magneto-elektrische Vertheilung erregten Ströme, im geraden Verhältnisse zu dem Leitungsvermögen der angewandten Körper stehen (211.).

ner wirklichen Zertheilung stattfindet (127.); auch mögen die elektrischen Ströme an den Grenzen ähnlicher Krystallgruppen plötzlich abgelenkt, und auf diese Weise leichter und vollständiger innerhalb der Masse entladen werden.

IV. *Zweite Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektrizität;*
von Hrn. Michael Faraday.

(Frei übersetzt aus den *Phil. Transact. f. 1832, p. 153.*)

V. *Magneto-elektrische Vertheilung durch Erdmagnetismus.*

140) **N**ach Entdeckung der im vorigen Aufsatz beschriebenen Hauptthatsachen, und nach Ausmittlung des Gesetzes über die Richtung bei der magneto-elektrischen Vertheilung (114), war es nicht schwierig einzusehen, daß die Erde gleiche Wirkungen wie ein Magnet hervorbringen würde, vielleicht bis zu dem Grade, daß man sie zur Erbauung einer neuen Elektrisirmaschine benutzen könne. Das Nachstehende enthält einige der Resultate, welche bei Verfolgung dieser Ansicht gewonnen wurden.

141) Der schon (6) beschriebene hohle Schraubendraht wurde durch acht Fufs lange Drähte mit dem Galvanometer verbunden, und der weiche Eisencylinder (34.), nachdem er zur Entfernung jeder Spur von Magnetismus bis zum Rothglühen erhitzt und darauf langsam erkaltet worden, in den Schraubendraht gesteckt, und so befestigt, daß beide Enden gleichweit herausragten. Der so mit dem Eisenstab verbundene Schraubendraht wurde in die Richtung der Neigungsnadel gestellt und dann umgekehrt, so daß das untere Ende oben, und das Ganze wieder in dieselbe Richtung kam, hierauf abermals